Сертификат соответствия ИСО 9001 Проектирование и изготовление тензорезисторов, тензометрической аппаратуры и датчиков

JCSS 0090

Tokyo Measuring instruments Laboratory Co., Ltd. (TML) получила аккредитацию Японской системы поверочной службы (JCSS) как соответствующая международным стандартам JIS Q 17025 (ИСО/МЭК 17025) согласно органу аккредитации лабораторий ИСО/МЭК 17011. Международная аккредитация Японии (IA Japan) выступает в качестве органа аккредитации JCSS и является подписантом MRA Организации по аккредитации лабораторий стран Азиатско-Тихоокеанского региона (APLAC), а также Международной ассоциации по аккредитации лабораторий (ILAC). Наша фабрика в Кирю сертифицирована как аккредитованная JCSS лаборатория, работающая в соответствии с международным Соглашением о взаимном признании стандартов (MRA). Номер аккредитации фабрики в Кирю — 0090.

Технические характеристики могут меняться

Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.

Японские измерительные технологии

115432, г. Москва, 2-й Кожуховский проезд, д. 29, корп. 2, стр. 16
ООО "Японские измерительные технолоии"
электронная почта: info@tmljp.ru
телефон: +7 (495) 971-84-13

TML ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

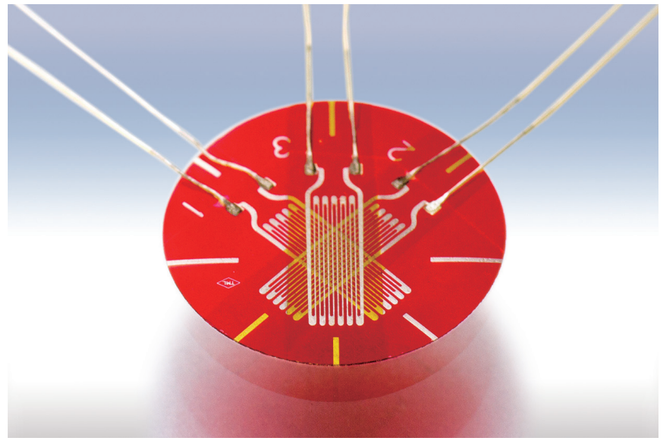
ЯПОНСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

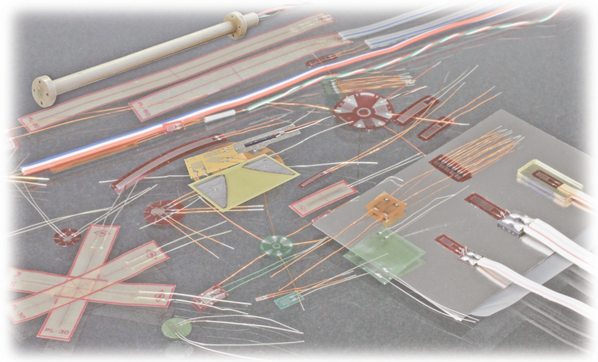
TML

TML Pam E-1007D

Высокоточные и универсальные

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ





Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.

Японские измерительные технологии

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем каталоге представлен весь диапазон стандартных тензорезисторов TML и сопутствующих продуктов, в том числе клеев и материалов покрытия, изготовляемых компанией Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.
TML – зарегистрированная торговая марка компании.
Здесь также описано, как найти конкретные тензорезисторы, представлены типовые варианты применения и даны определения часто употребляемых технических терминов.

Перед использованием каталога ознакомьтесь с представленной ниже информацией.

ИЗМЕНЕНИЯ В СПЕЦИФИКАЦИЯХ

В целях усовершенствования продуктов спецификации, представленные в этом каталоге, могут изменяться без предварительного уведомления.

РАЗМЕРЫ

Размеры указаны преимущественно в миллиметрах. Изображения тензорезисторов представлены в реальном размере с увеличенными изображениями некоторых миниатюрных частей.

ЦЕНЫ

Цены в данном каталоге не указываются. За информацией о ценах и заказах обращайтесь в компанию ООО "Японские измерительные технологии" http://www.tmljp.ru.

ОБРАЩЕНИЕ С ТЕНЗОРЕЗИСТОРАМИ

1. Приведенные в настоящем документе технические данные не учитывают влияние проводов. Эти данные необходимо корректировать в зависимости от влияния проводов.
2. Рабочая температура тензорезистора зависит от рабочей температуры клея и т.д.
3. Сопротивление изоляции необходимо проверять под напряжением менее 50 В.
4. Не следует прикладывать чрезмерное усилие к проводам тензорезистора.
5. Нанесите клей на подложку тензорезистора и прикрепите тензорезистор к испытуемому образцу.
6. Подложка у всех тензорезисторов очищена и обезжирена. Не прикасайтесь к ней руками, чтобы не запачкать.
7. Для сохранения технических параметров храните изделия в сухом месте.

ОБРАЩЕНИЕ С КЛЕЯМИ И ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

1. Перед применением клеев и защитных покрытий внимательно прочитайте руководство по эксплуатации.
2. После применения клея удалите тканью остатки клея с емкости и носика тюбика и наденьте крышку.
3. После применения клея поместите емкость назад в упаковку и храните в прохладном темном месте вдали от огня.
4. Если клей попал на кожу или одежду, тщательно промойте водой с мылом.

С вопросами по этому каталогу обращайтесь в компанию ООО "Японские измерительные технологии" http://www.tmljp.ru.

Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.

Японские измерительные технологии

115432, г. Москва, 2-й Кожуховский проезд, д. 29, корп. 2, стр. 16 ООО "Японские измерительные технолоии"
электронная почта: info@tmljp.ru
телефон: +7 (495) 971-84-13

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ TML

Технологии измерения деформации незаменимы для обеспечения безопасности и эффективности конструкций любого типа. С момента своего основания в 1954 году компания Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd. специализировалась на производстве приборов для измерения деформации, в том числе тензорезисторов и связанных с ними продуктов. На протяжении всей своей более, чем 60-летней истории компания стремилась отвечать на актуальные потребности и предоставлять заслуживающие доверия изделия, способные работать с максимальной надежностью. Тензорезисторы TML – наш основной продукт, и в 1956 году мы представили первый в мире полиэфирный тензорезистор. Этот новый тензорезистор повлек за собой грандиозное повышение влагостойкости подложек тензорезисторов по сравнению с существующими на тот момент тензорезисторами с бумажными подложками. С тех пор наши технологии, связанные с разработкой фольговых и высокотемпературных тензорезисторов, сделали возможными надежные измерения в самых разных условиях.

О ТЕНЗОРЕЗИСТОРАХ TML

В настоящем каталоге представлен весь диапазон стандартных тензорезисторов TML и сопутствующих продуктов, в том числе клеев и защитных покрытий Tokyo Measuring Instruments Laboratory Co., Ltd.

Здесь также описано, как найти конкретные тензорезисторы, представлены типовые варианты применения и даны определения часто употребляемых технических терминов.

Для каждой серии тензорезисторов указаны диапазоны рабочей температуры и температурной компенсации с соответствующим рисунком шкалы термометра, показанным справа.

Каждая серия тензорезисторов совместима с различными клеями. Рабочая температура указывается в сочетании с соответствующим клеем, хотя сам клей может иметь другую потенциальную температуру.

Диапазон рабочей температуры

-20^0 C — +800^{0}C

Диапазон температурной компенсации

+10^0 C — +80^0 C

Совместимый клей и рабочая температура

CN : 0 ~ +80°C

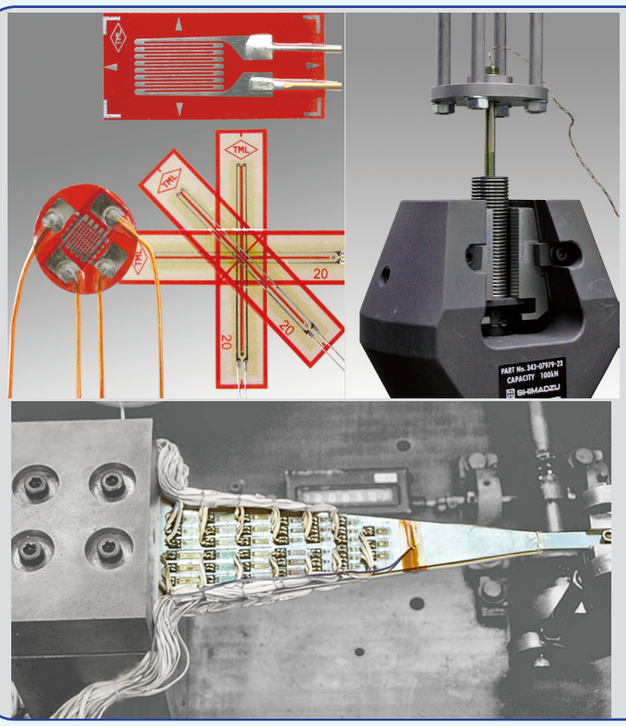
P-2 : -20 ~ +80°C

Каждая серия тензорезисторов предназначена для определенного материала объекта.
С помощью пиктограмм указаны 14 различных материалов.

СТАНДАРТЫ ПО ИСПЫТАНИЯМ И ПРОВЕРКЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Тензорезисторы TML изготавливаются по системе полного цикла, охватывающей все этапы от разработки до испытаний и проверок, и во всех технологических процессах главное внимание уделяется управлению качеством. Наши тензорезисторы, которые изготавливаются в самой чистой среде с использованием самых лучших существующих материалов, проходят испытания и проверку в соответствии с международными стандартами, прежде всего, с национальным аэрокосмическим стандартом NAS942.

Стандарты по испытаниям и проверке тензорезисторов TML



Стандарты по испытаниям и проверке

¶ Визуальные и микроскопические проверки
Процедуры проверки и стандарты TML

¶ Сопротивление тензорезистора
Процедуры проверки и стандарты TML

¶ Коэффициент тензочувствительности
ASTM E251, NAS942 и BS6888

¶ Поперечная чувствительность
ASTM E251 и NAS942

¶ Температурный коэффициент коэффициента тензочувствительности
ASTM E251 и NAS942

¶ Температурное влияние
ASTM E251 и NAS942

¶ Пределы измеряемой деформации
NAS942

¶ Наработка до усталостного разрушения
NAS942

¶ Ползучесть
NAS942

¶ Дрейф
NAS942

Основные стандарты по калибровке тензорезисторов и стандартным методам испытаний

¶ ASTM E251-74
«Standard Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gauges» («Стандартные методы испытаний рабочих характеристик наклеиваемых металлических тензорезисторов»)
Обозначение: E251-92, ASTM

¶ BSI BS6888
«Methods for Calibration of Bonded Electric Resistance Strain Gauges» («Методы калибровки наклеиваемых электрических тензорезисторов»)
Проект в стадии разработки 6:1972. BS

¶ NAS942
«Strain Gauges, Bonded Resistance» («Тензорезисторы наклеиваемые»)
Классификационная спецификация NAS 942, 1963

¶ VDE/VDI Richtlinen NR 2635
«Bonded Electric Resistance Strain Gauges with Metallic Measurement Grids - Characteristics and Testing Conditions» («Наклеиваемые электрические тензорезисторы с металлическими измерительными решетками. Характеристики и условия проведения испытаний»)
VDE/VDI-Richtlinen NR 2635 август 1974 г.

¶ Другие стандарты
JIS Z2300-91 - «Glossary of Terms Used in Nondestructive Testing», («Глоссарий терминов, используемых в неразрушающих испытаниях»), японский промышленный стандарт
NDIS 4001:2008 - «Glossary of Terms Relating to Electric Resistance Strain Gauges» («Глоссарий терминов, связанных с электрическими тензорезисторами»), NDI, Япония

СОДЕРЖАНИЕ

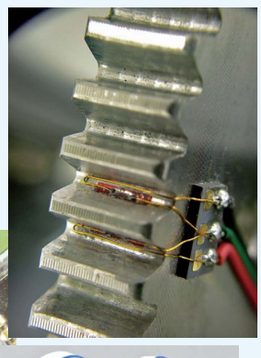
Содержание

Способы применения тензорезисторов TML 6
Общее описание 8
Технические термины 9
Измерения с помощью тензорезисторов 11
Метод измерения деформации и температуры 15
Фольговые тензорезисторы TML серии F GOBLET, соответствующие маркировке CE 16
Мостовая схема подключения тензорезисторов 17
Система обозначения тензорезисторов TML/ Обозначения на упаковке 21
Выбор тензорезистора TML 25
Монтаж тензорезистора. Наклеивание/защита 31
Удлинительные провода тензорезисторов 33
Как подсоединяются встроенные провода 35
Установка тензорезисторов 39
Комплект инструментов для тензорезисторов 40
Руководство пользователя тензорезисторов / Рабочие характеристики тензорезисторов 40
Используемые сочетания тензорезисторов и специальных проводов 41
Тензорезисторы общего назначения серии F 43
Тензорезисторы общего назначения серии F GOBLET, соответствующие маркировке CE 48
Водонепроницаемые тензорезисторы серии WF 52
Высокотемпературные тензорезисторы серии QF 53
Высокотемпературные тензорезисторы серии ZF 55
Высокотемпературные тензорезисторы серии EF 56
Высоко и низкотемпературные тензорезисторы серии CEF 56
Тензорезисторы для криогенных температур серии CF 57
Привариваемые тензорезисторы серии AW 59
Аппарат для точечной сварки W-50RB 64
Для бетонных материалов
Приклеиваемый тип серии P, серии PF 65
Приклеиваемый тип серии FLM/WFLM, закладной тип серии PM 66
Закладной тип серии PMF 68
Для асфальтового покрытия
Закладной тип серии PMFLS 68
Для бетонного материала в гражданском строительстве
Тензометрический датчик серии KM 69
Для асфальтового покрытия в гражданском строительстве
Тензометрический датчик серии KM-HAS 70
Для композитных материалов серия UBF, серия BF 71
Для материалов с низким модулем упругости серия GF 72
Деревянные материалы серия LF, серия PFLW / PLW 73
Тензорезисторы для магнитного поля серии MF 74
Тензорезисторы для измерения большой деформации серии YEF, YF, YHF 75
Высокопрочные тензорезисторы серии DSF, односторонние тензорезисторы серии DD 78
Датчики для выявления трещин серии FAC, датчики напряжений серии SF 79
Датчики температуры серии TF, платиновый РТД/ термопара 80
Тензорезисторы для датчиков 81
Тензорезисторы для болтов серий BTM и BTMC 83
Соединительные контакты 85
Зажим для тензорезисторов Gauge Mate / Pressee 86
Клеи для тензорезисторов 87
Материалы покрытия 89
Протектор тензорезистора
Покрывающая лента 91
Фрикционный осевой тензометрический датчик FGAH-1B 92
Система фрикционных датчиков крутящего момента FGDH 93
Фрикционное устройство контроля деформации FGMH 95
Приборы TML для измерения деформации 97

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

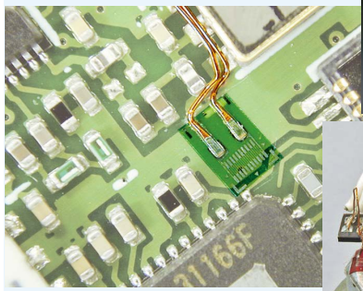
Миниатюрные тензорезисторы

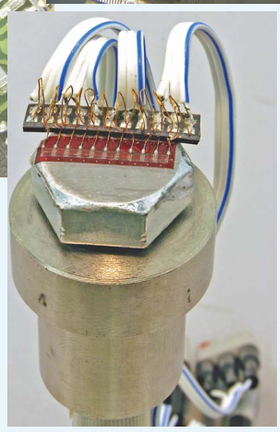
Печатные платы и детали поверхностного монтажа автомобилей, компьютеров и промышленного оборудования становятся меньше. Миниатюрные тензорезисторы можно устанавливать в очень ограниченном пространстве.



Тензорезисторы в углублении зубчатого колеса

Тензорезисторы на печатной плате

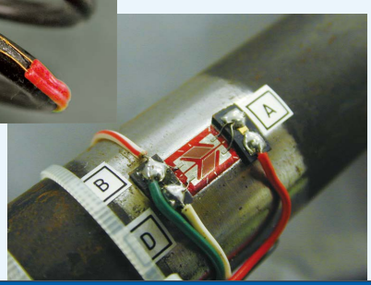




10-элементные тензорезисторы (цепочки) на головке болта

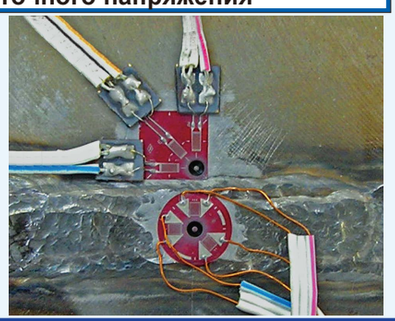
Измерения деформации сдвига и крутящего момента

Деформации сдвига в направлении под углом 45 градусов, вызванные напряжением сдвига.



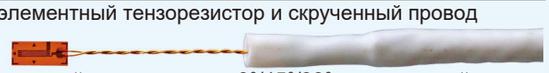
Измерение остаточного напряжения

3х-элементное измерение остаточного напряжения методом сверления центрального отверстия



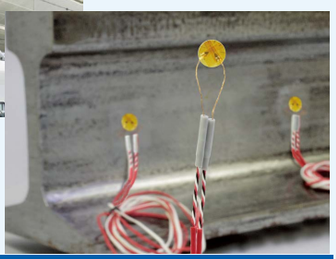
Использование магнитного поля

Одноэлементный тензорезистор и скрученный провод



3-элементный тензорезистор 0°/45°/90° и скрученный провод ФЭП

Электромагнитный шум между пантографом и контактным проводом электрифицированной железнодорожной системы меньше влияет на измерение деформации



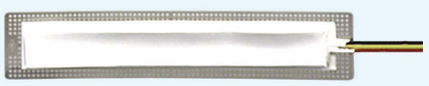
Измерение нагрузки на вагонную ось

Измерения бетона / строительного раствора

Измерение деформации поверхности бетона и строительного раствора

Тензорезистор с удлиненной базой для бетонной поверхности

Тензорезисторы с удлиненной базой с металлической подложкой для бетонной поверхности



Измерение внутренней деформации бетона и строительного раствора.

Литые тензорезисторы серии PM

Серия PMF со встроенным датчиком температуры

Долговременное измерение внутренней деформации бетона

Полномостовой тензометрический датчик серии KM

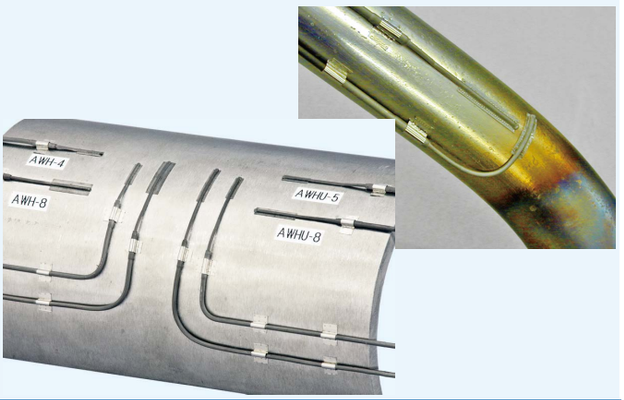
Перед закладкой в бетон датчики 3 KM устанавливают на арматурные прутья.

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Измерение нагрузки натяжения болта тензорезисторами закладного типа

Для измерения деформации натяжения болта просто вставляется в предварительно просверленное отверстие в головке болта на клей. Если обычный тензорезистор невозможно установить на головке болта, то рекомендуется использовать тензорезисторы серии BTM и BTMC. Для точного измерения силы натяжения проводят калибровку болта после установки тензорезисторов.

Привариваемые тензорезисторы

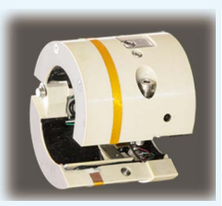


Фрикционное устройство контроля деформации, осевой тензометрический датчик, система датчика крутящего момента

Фрикционное устройство контроля серии FGMH series для 1 и 3-направленного измерения. Многоразового использования с магнитным креплением.

Датчик крутящего момента серии FGDH, применимый для ведущего вала, в раскладном защитном корпусе. Со встроенным передатчиком, беспроводный.

Раскладной защитный корпус



Высокопрочный тензорезистор, приклеиваемый на композитные материалы

Композитные материалы, на которые приклеивается высокопрочный тензорезистор DSF, в испытаниях на усталость показали результат 107 циклов при уровне деформации ±3000 мкм/м.

Осевой тензометрический датчик серии FGAH, применимый для вала рулевого механизма с защитным корпусом. Отличается от показанного выше датчика FGDH тем, что требуется проводное соединение.

Продолжительные измерения

Для строительных измерений и технического обслуживания.

Оптоволоконный тензометр FBG

Предназначены для тензорезисторов на базе волоконной брэгговской решетки с оптическим волокном

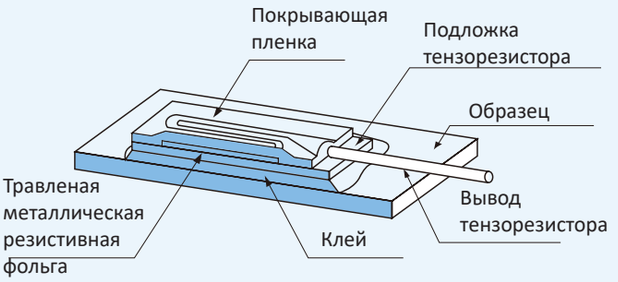
- Наши датчики FBG могут обеспечивать температурную компенсацию
- Влияние электромагнитного шума отсутствует
- Измерения на больших расстояниях
- Ветвление волокна благодаря
- спектральному уплотнению (WDM)

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Обычно тензорезисторы используются в трех целях:

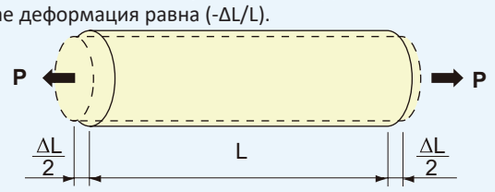
- Определение степени изменения формы под действием деформации
- Определение механического напряжения, вызванного деформацией, и запаса прочности материала или конструктивного элемента, в котором используется этот материал.
- Косвенное определение различных физических параметров путем их пересчета в деформацию.

Существует несколько способов механического и электрического измерения деформации, однако чаще всего механическое напряжение измеряют с помощью тензорезисторов из-за их превосходных измерительных характеристик.



Что такое деформация?

Внешнее усилие, прикладываемое к упругому материалу, создает механическое напряжение, которое, в свою очередь, вызывает деформацию материала. В случае, если приложено усилие растяжения, длина материала L увеличивается и становится равной L + ΔL. Отношение ΔL к L, т. е. ΔL/L, называется деформацией. С другой стороны, если приложено усилие сжатия, длина L уменьшается до значения L-ΔL. В этом случае деформация равна (-ΔL/L).



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

где
ε - деформация;
L - исходная длина материала;
ΔL - изменение длины под действием силы P.

Пример. Если материал длиной 100 мм деформируется на 0,1 мм по длине, результирующая деформация имеет вид.

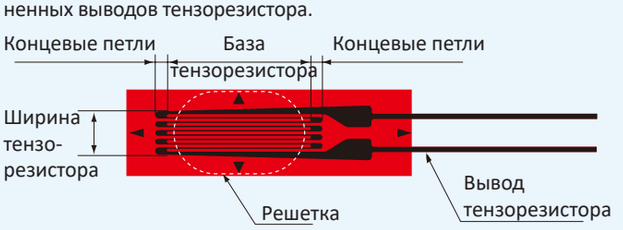
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.1}{100} = 0.001 = 1000 \times 10^{-6}$$

Что такое тензорезистор?

Электрическое сопротивление металла изменяется пропорционально механической деформации, вызванной приложенным к металлу внешним усилием. При креплении тонкого слоя металла к объекту измерения поверх тонкого слоя диэлектрика металл деформируется в зависимости от деформации объекта измерения и изменения его электрического сопротивления. Тензорезистор (электротензометр сопротивления) представляет собой датчик для измерения деформации путем измерения изменения сопротивления.

Конструкция тензорезистора

Тензорезистор состоит из решетки, выполненной из тонкой резистивной проволоки или фототравленой металлической резистивной фольги, уложенной на изоляционную подложку, и подсоединенных выводов тензорезистора.



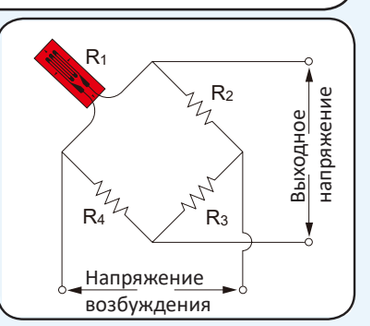
Принцип работы тензорезистора

При деформации объекта измерения эта деформация передается резистивной проволоке или резистивной фольге тензорезистора через его основание (подложку). В результате сопротивление проволоки или фольги изменяется. Это изменение точно пропорционально деформации,что отражает следующее уравнение.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R / R}{K}$$

где
ε - измеряемая деформация;
L - исходная длина материала;
ΔL - изменение длины под действием силы P;
R - сопротивление тензорезистора;
ΔR - изменение сопротивления под действием деформации;
K - коэффициент тензочувствительности, указанный на упаковке.

Обычно это изменение сопротивления очень мало, и для его преобразования в изменении напряжения, которое легче измерить, нужен мост Уитстона.



Выходное напряжение цепи задается следующим выражением.

$$e = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} E$$

где
e - выходное напряжение;
E - напряжение возбуждения;
R_1 - сопротивление тензорезистора;
R2~R4 - постоянные сопротивления

Если R=R1=R2=R3=R4, сопротивление тензорезистора из-за деформации меняется и становится равным R+ΔR. Таким образом, изменение выходного напряжения Δe из-за деформации задается следующим выражением.

$$e = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} E$$

Если ΔR « R,

$$\Delta e = \frac{\Delta R}{4R} E = \frac{E}{4} K\varepsilon$$

При измерении деформации с помощью тензорезистора он подключается к измерительному прибору, называемому тензометром. Тензометр содержит мост Уитстона и подает напряжение возбуждения. Измеренное значение деформации отображается на цифровом дисплее и/или выводится в виде аналоговых сигналов.

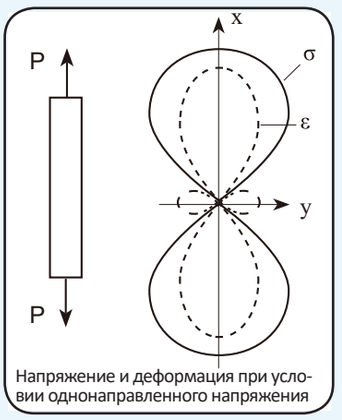
Плоское напряжение и деформация

Напряжение в материале, уравновешиваемое приложенной внешней силой, можно рассматривать как комбинацию нескольких простых напряжений. Иначе говоря, это напряжение можно разложить на простые напряжения в соответствующих осевых направлениях; однако с помощью обычных тензорезисторов можно измерять только плоскую деформацию. Если имеется напряжение не в осевом направлении, например, натяжение бруска на рисунке ниже, применяется следующее уравнение.

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon_y = -\nu\varepsilon_x = -\frac{\nu\sigma}{E}$$

где
σ - напряжение;
E - модуль упругости;
ε_x - деформация в направлении x;
ε_y - деформация в направлении y;
ν - коэффициент Пуассона.

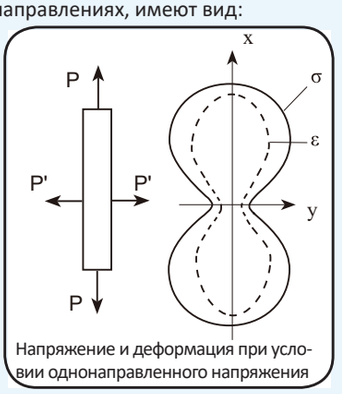


Напряжение и деформация при условии однонаправленного напряжения

Двухосные напряжения, возникающие при растягивании бруска в нормальном и поперечном направлениях, имеют вид:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{x'} - \nu\varepsilon_{y'} = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu\sigma_y}{E} = \left(\frac{1}{E}\right)(\sigma_x - \nu\sigma_y)$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{y'} - \nu\varepsilon_{x'} = \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\nu\sigma_x}{E} = \left(\frac{1}{E}\right)(\sigma_y - \nu\sigma_x)$$



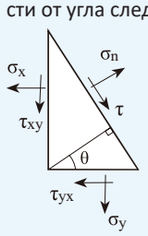
Напряжение и деформация при условии однонаправленного напряжения

$\varepsilon_{x'}$ - деформация в направлении x;
$\varepsilon_{y'}$ - деформация в направлении y;

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x)$$

Напряжение в направлении, отличном от пересекающихся двухосных направлений, согласно рисунку определяется в зависимости от угла следующими выражениями.



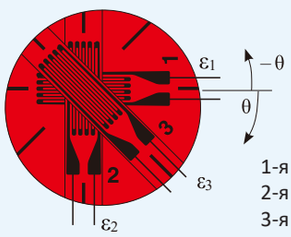
$$\sigma_n = \sigma_x\cos^2\theta + \sigma_y\sin^2\theta + \tau_{xy}\sin 2\theta = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y)\cos 2\theta + \tau_{xy}\sin 2\theta$$

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y)\sin 2\theta - \tau_{xy}\cos\theta$$

Как видно из приведенных выше уравнений, для определенного направления максимальное значение результирующего напряжения имеет одноосное направление. Осевое направление называется главным направлением напряжения, а напряжение в этом направлении - главным напряжением. Напряжение сдвига в этом направлении равно нулю. Максимальное значение напряжения сдвига создается в направлении под углом 45° к главному направлению напряжения. То же относится и к деформации. Деформация в этом направлении называется главной деформацией.

Измерение главной деформации и напряжения с помощью тензорезисторной 3-элементной прямоугольной розетки

Если деформация имеет место на поверхности материала, а главное направление и степень деформации неизвестны, главная деформация, напряжение и их направления, а также деформация сдвига и напряжение сдвига можно получить путем измерения деформаций на поверхности в трех направлениях. Для упрощения расчета относительные углы трех направлений определяются следующим образом.



1-я ось : ε1
2-я ось : ε2под углом 90°
3-я ось : ε3под углом 45°

Максимальная главная деформация

$$\varepsilon_{max} = \frac{1}{2}\left[\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}\right]$$

Минимальная главная деформация

$$\varepsilon_{min} = \frac{1}{2}\left[\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}\right]$$

Максимальная деформация сдвига

$$\gamma_{max} = \sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}$$

Угол между тензорезистором ε1и направлением главной деформации

$$\theta = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left\{\frac{2\varepsilon_3 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}\right\}$$

Если ε1>ε2, угол, соответствующий максимальной главной деформации, поворачивается на θ по часовой стрелке относительно 1-й оси, а минимальная главная деформация занимает положение θ+90°. Если ε1<ε2, угол, соответствующий максимальной главной деформации, поворачивается на θ+90° по часовой стрелке относительно 1-й оси, а минимальная главная деформация занимает положение θ.

Максимальная главная деформация

$$\sigma_{max} = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_{max} + \nu\varepsilon_{min}) = \frac{E}{2}\left[\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{1-\nu} \quad \frac{1}{1+\nu}\sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}\right]$$

Минимальная главная деформация

$$\sigma_{min} = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_{min} + \nu\varepsilon_{max}) = \frac{E}{2}\left[\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{1-\nu} - \frac{1}{1+\nu}\sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}\right]$$

Максимальная деформация сдвига

$$\tau_{max} = \frac{E}{2(1+\nu)}\gamma_{max} = \frac{E}{2(1+\nu)}\sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}$$

ПРИМЕЧАНИЕ.
Приведенные выше уравнения анализа розетки базируются на 3-элементном тензорезисторе, представленном на рисунке. Если порядок нумерации осей отличается, или тензорезистор не является прямоугольной тензорозеткой, необходимо использовать другие уравнения. Перед проведением анализа розетки проверьте номера осей используемого тензорезистора.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

База тензорезистора

Это размер, соответствующий фактической длине решетки в направлении повышенной чувствительности.

Сопротивление тензорезистора

Сопротивление тензорезистора - это электрическое сопротивление тензорезистора, не прикрепленного к объекту и не поддающегося воздействию внешнего напряжения, при комнатной температуре. Обычно используются тензорезисторы с сопротивлением 120 Ом, но производятся также тензорезисторы с сопротивлением 60, 350 и 1000 Ом. Тензорезисторы с высоким сопротивлением обеспечивают большие сигналы на выходе моста при подаче высоких напряжений, но они также чувствительны к шуму. Большинство тензорезисторов, используемых при изготовлении датчиков, имеют сопротивление тензорезистора 350 Ом.

Коэффициент тензочувствительности

Величина, определяемая приведенным ниже выражением, называется коэффициентом тензочувствительности. В этом уравнении ε обозначает деформацию, вызванную одноосным напряжением в направлении оси тензорезистора. ΔR/R - показатель изменения сопротивления, вызванного деформацией ε.

$$K = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon}$$

где
K - коэффициент тензочувствительности;
ε - механическая деформация;
R - сопротивление тензорезистора;
ΔR - изменение сопротивления.

Продольная чувствительность

Продольная чувствительность сходна с коэффициентом тензочувствительности и представляет чувствительность тензорезистора в отсутствии деформации в направлении, перпендикулярном оси тензорезистора.

Поперечная чувствительность

Кроме того, тензорезистор обладает чувствительностью в направлении, перпендикулярном осевому направлению. Величина, представленная следующим уравнением, зависящая от одноосной деформации (St) в направлении, перпендикулярном оси тензорезистора, и от возникающего при этом изменения сопротивления, называется поперечной чувствительностью (K_t).

$$Kt = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon t} \times 100$$

где
K_t - поперечная чувствительность;
ε_t - одноосная деформация, перпендикулярная оси тензорезистора

Коэффициент поперечной чувствительности

Это отношение поперечной чувствительности к продольной чувствительности. Обычно он равен 1% и меньше и не составляет проблемы за исключением ситуации высокоточных измерений или двухосной деформации.

Гистерезис тензорезистора

Когда к испытуемому образцу прикреплен тензорезистор и приложено деформирующее усилие, изменение сопротивления при одинаковой деформации в ходе уменьшения и увеличения деформации может различаться. Это различие называют гистерезисом. Гистерезис тензорезистора варьирует в зависимости от таких факторов, как конфигурация решетки, материал подложки, тип клея и температура.

Тепловой гистерезис

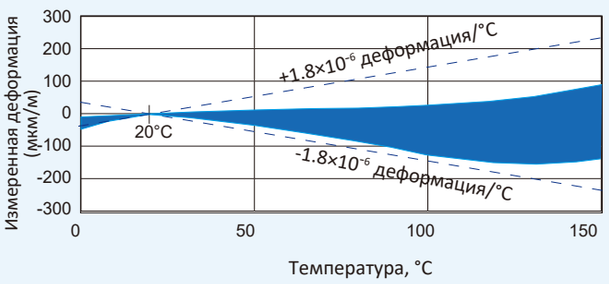
Тепловым называется гистерезис, имеющий место во время цикла нагревания или охлаждения, благодаря которому соответствующие циклы не проходят через одни и те же точки. Тепловой гистерезис затрудняет измерение деформации при изменении температуры. Этот гистерезис необходимо устранять с помощью тепловой обработки для стабилизации характеристик тензорезистора и клея.

Температурный дрейф нуля тензорезистора

При высокой температуре под действием теплового окисления чувствительных элементов тензорезистора его нулевая точка в ненагруженном состоянии постепенно сдвигается. Это один из параметров, определяющих термостабильность тензорезистора. При температуре выше 200°C нихром ведет себя значительно лучше, чем медно-никелевый сплав, а при температуре от 500°C до 800°C используются такие сплавы как платиновольфрам.

Тензорезисторы с температурной самокомпенсацией

Изменение температуры окружающей среды может вызвать изменение сопротивления тензорезистора. Это изменение объясняется тепловым расширением как материала тензорезистора, так и образца, и температурным коэффициентом сопротивления материала тензорезистора. Тензорезисторы с температурной самокомпенсацией обычно используют для минимизации температурного влияния на тензорезистор, приклеенный к испытуемому образцу с определенным коэффициентом линейного теплового расширения в заданном диапазоне температур. Пример температурного влияния показан на следующем графике.

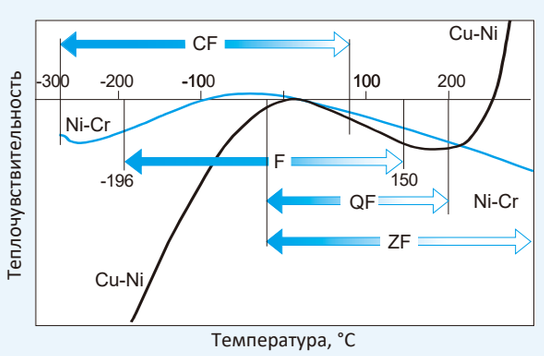


Диапазон температурной компенсации

Это температурный диапазон, в котором температурный эффект тензорезистора с температурной самокомпенсацией должен оставаться в заданных пределах. Точность компенсации приблизительно равна деформации ±1,8x10^{-6} /°C. Для большей точности можно вносить поправки с помощью кривых зависимости кажущейся деформации от температуры, которые входят в комплект каждой упаковки тензорезисторов.

Диапазон рабочей температуры

Это температурный диапазон, в котором при соответствующих условиях можно использовать тензорезистор продолжительное время. На рисунке ниже представлены характеристики теплочувствительности медно-никелевого сплава и нихрома, используемых в чувствительных элементах тензорезисторов TML. В большинстве тензорезисторов используется медно-никелевый сплав, а нихром применяют в сериях тензорезисторов с расширенным рабочим диапазоном температур.



Выбор базы тензорезистора

Базу тензорезистора выбирают в зависимости от образца. Тензорезисторы с базой малой длины используют для измерения локальной деформации, а с помощью тензорезисторов с базой большой длины можно измерять усредненную деформацию большой области. Для неоднородного материала требуется тензорезистор с базой такой длины, которая позволяет усреднять неравномерную деформацию материала. Например, поскольку бетон состоит из цемента и наполнителя (гравий. песок и т.д.), чтобы обеспечить усредненную оценку бетона, база тензорезистора должна быть больше трехкратного диаметра заполнителя.

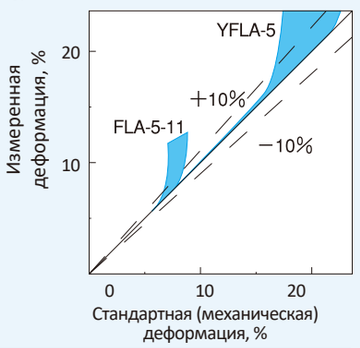
База тензорезистора, мм	Применение тензорезистора
0,2 ~ 1	Измерение концентрации напряжений
2 ~ 6	Для металла и общего применения
10 ~ 20	Для строительного раствора, дерева, пластика, армированного волокном и т.д.
30 ~ 120	Для бетона

Предел измеряемой деформации

Предел измеряемой деформации - это максимальная величина деформации, при которой тензорезистор остается работоспособным в заданных условиях и не получает повреждений. Для TML предел измеряемой деформации равен наименьшему значению механической деформации, при которой измеренная деформация превышает механическую деформацию на 10%.

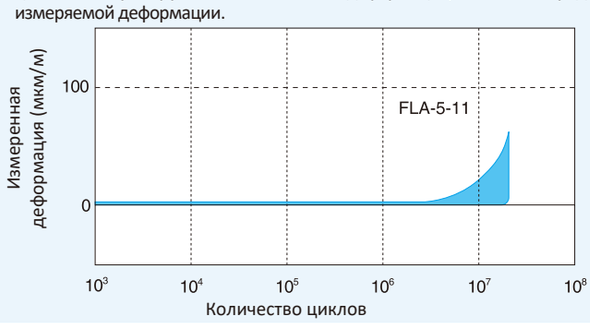
Тензорезистор общего назначения серии F : FLA-5-11

Тензорезистор для измерения больших деформаций серии YF : YFLA-5



Наработка до усталостного разрушения

При многократном нагружении тензорезистора, по мере роста величины деформации сопротивление тензорезистора повышается и происходит обрыв или отделение тензорезистора, в результате чего он выходит из строя. В целом наработка до усталостного разрушения определяется величиной приложенной деформации и частотой циклического нагружения и выражается числом повторений. В случае TML приклеенный к образцу тензорезистор подвергается действию постоянной механической деформации, и наработка до усталостного разрушения измеряется количеством повторений, при котором измеренное значение деформации без нагрузки превышает деформацию $100*10^{-6}$. Ниже представлен типовой результат калибровки. Даже если число повторений превышает указанную наработку, тензорезистор не обязательно выходит из строя. Наработка до усталостного разрушения большинства тензорезисторов TML при циклической деформации ±1500 составляет от 106 до 107 циклов. При циклической деформации менее 500. Наработка до усталостного разрушения большинства тензорезисторов бесконечна. Тензорезисторы для измерения больших деформаций не должны подвергаться циклическому нагружению с величиной деформации, близкой к пределу измеряемой деформации.



Допустимый ток (допустимое напряжение)

Протекающий в тензорезисторе ток связан с выходным напряжением тензорезисторного моста, и чем больше ток, тем больше напряжение. Однако, в зависимости от материала образца и площади тензорезистора ток создает джоулево тепло, из-за чего температура тензорезистора поднимается и возникает кажущаяся деформация. В общем случае для металлических образцов рекомендуется применять ток не менее 30 мА, а для деревянных и пластиковых образцов, которые рассеивают тепло не так эффективно не менее 10 мА.

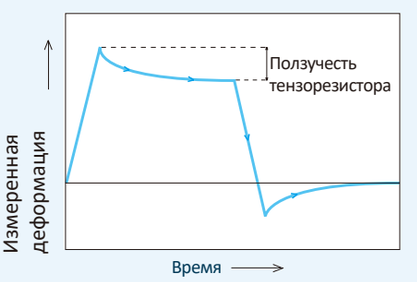
Частотная характеристика тензорезистора

Частотная характеристика тензорезистора определяется его базой и скоростью распространения продольной упругой волны в испытуемом образце. Ограничения частотной характеристики вызывают затруднения только в условиях эксплуатации с ударными нагрузками.

База тензорезистора, мм		0,2	1	3	5	10	30	60
Сталь	[кГц]	660	530	360	270	170	-	-
Бетон	[кГц]	-	-	-	-	120	50	20

Ползучесть тензорезистора

Показания приклеенного тензорезистора, находящегося под постоянным воздействием деформации, с течением времени будут снижаться. Это явление получило название ползучести. В целом, чем меньше база тензорезистора, тем больше его ползучесть. Кроме того, эта тенденция сильно проявляется, когда тензорезистор или клей впитывают влагу.



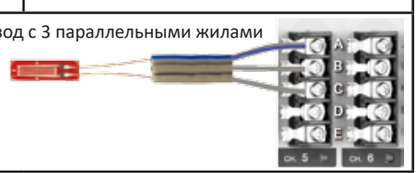
Ползучесть тензорезистора

ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Температурная компенсация проводов четвертьмостовой схемы измерений

При измерениях с помощью тензорезистора для преобразования изменения сопротивления тензорезистора в сигнал напряжения используют мостовую схему Уитстона. Простейшей мостовой схемой измерений является четвертьмостовая, в которой одно плечо состоит из тензорезистора, а три других содержат постоянные сопротивления измерительного прибора. Для подключения тензорезистора к измерительному прибору можно использовать 2х-жильный провод. Но если температура проводов меняется, это оказывает температурное влияние на мост, даже если фактическая деформация не меняется. По этой причине четвертьмостовая схема с 2х-проводным подключением используется только в том случае, когда во время измерения не ожидается изменений температуры, или для динамических измерений, при которых температурное влияние можно не учитывать. Четвертьмостовая схема с 3х-проводным подключением, когда для подключения тензорезистора используется 3х-жильный провод, позволяет предотвратить температурное изменение сопротивления проводов. При этом способе влияние изменения сопротивления проводов, вызванное изменением температуры, исключается. Кроме того, влияние проводов на коэффициент тензочувствительности вдвое меньше, чем у четвертьмостовой схемы с 2х-проводным подключением. Четвертьмостовая схема с 3х-проводным подключением рекомендуется как предпочтительная по сравнению с 2х-проводной, особенно если во время измерений ожидается изменение температуры и/или используются относительно длинные провода. Существуют также другие мостовые схемы измерений, в том числе полумостовая и полномостовая. Подробную информацию см. на стр. 17-20.

Тензорезистор и соединительные провода

Мостовая схема	Подключение
Четвертьмостовая схема с 2х-проводным подключением	
Провод с 2 параллельными жилами B-C: закорочены	
Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением	Общий Независимый
Провод с 3 параллельными жилами 	

Температурное изменение сопротивления, вызванное изменением температуры

В четвертьмостовой схеме с 2х-проводным подключением изменения температуры провода вызывают изменения сопротивления провода, что приводит к температурному эффекту. Для компенсации этого температурного влияния используют следующее уравнение.

Температурное влияние провода

$$\varepsilon L = \frac{r \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta T}{K \cdot (R + r \cdot L)}$$

где

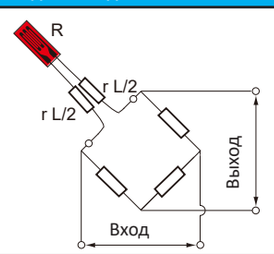
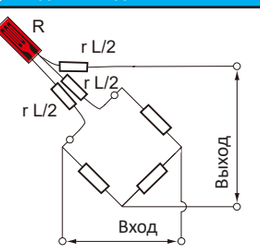
- εL - температурное влияние провода;
- K - коэффициент тензочувствительности, указанный на упаковке тензорезистора;
- α - температурный коэффициент сопротивления провода (3.9X10'3/°C для меди)
- r - суммарное сопротивление провода на 1 метр (Ом/м);
- L - длина провода (м);
- ΔT - изменение температуры провода (°C).

Примечание.

- Компенсация возможна при условии, что температура меняется по всей длине провода равномерно.
- В четвертьмостовой схеме с 3-проводным подключением компенсации не требуется, поскольку влияние изменения сопротивления провода, вызванное изменением температуры, исключается.
- Эта коррекция также не требуется в нашей 4-проводной схеме измерений деформации с 1 тензорезистором, потому что на нее сопротивление провода вообще никак не влияет. Подробную информацию см. на следующей странице.

¶ Коррекция коэффициента тензочувствительности (чувствительности тензорезистора) с учетом соединительных проводов

Сопротивление проводов, соединяющих тензорезистор с тензометром, существенно снижает коэффициент тензочувствительности. Необходимо рассчитывать поправку в зависимости от способа измерения, а также типа и длины проводов.

Четвертьмостовая схема с 2х-проводным подключением	Четвертьмостовая схема с 3х-проводным подключением
	
Поправочный коэффициент провода: A $A = \frac{R}{R + r\,L}$ Скорректированный коэффициент тензочувствительности: K0 $K_0 = \frac{R}{R + r\,L} K = A \cdot K$	Поправочный коэффициент провода: A $A = \frac{R}{R + \frac{r\,L}{2}}$ Скорректированный коэффициент тензочувствительности: K0 $K_0 = \frac{R}{R + \frac{r\,L}{2}} K = A \cdot K$

где

R - номинальное сопротивление тензорезистора в омах;
r - суммарное сопротивление провода на метр длины (Ом/м);
K - коэффициент тензочувствительности, указанный на упаковке;
L - длина провода в метрах.

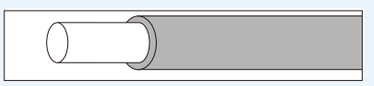
¶ Суммарное сопротивление на метр длины типового предварительно подсоединенного провода TML

Сопротивление провода в тензорезисторе искажает чувствительность и тепловой дрейф тензорезистора. Провод должен быть как можно толще и короче.

Скрученный провод

Конструкция Число/диаметр жил	7/0,12	10/0,12	7/0,16	7/0,18	12/0,18	20/0,18
Площадь сечения провода ($мм^2$)	0,08	0,11	0,14	0,18	0,3	0,5
Суммарное сопротивление провода на метр длины (Ом/м)	0,44	0,32	0,24	0,20	0,12	0,07

Одножильный провод



Конструкция	Полиимидная проволока (диам. 0,14 мм)	Полиимидная проволока (диам. 0,18 мм)
Площадь сечения провода	0,015 $мм^2$	0,025 $мм^2$
Суммарное сопротивление провода на метр длины (Ом/м)	2,5 Ом	1,5 Ом

¶ Установка коэффициента тензочувствительности в регистраторах данных TML*

$$Cs = \frac{2.00}{K_0}$$

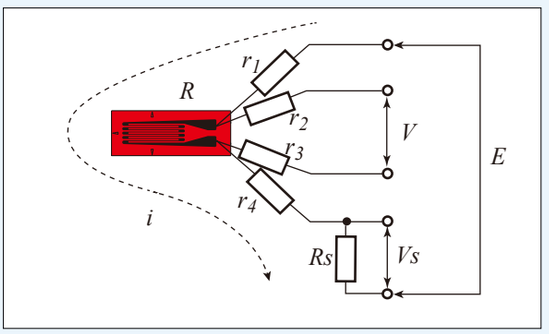
Cs - установленный коэффициент
K_0 - коэффициент тензочувствительности с поправкой на соединительный провод

Подробнее о регистраторах данных см. на стр. 97.

4х-проводная схема измерения деформации с 1 тензорезистором

При измерениях с помощью тензорезисторов используют мостовую схему Уитстона, соответствующую количеству используемых тензорезисторов и цели измерения. В четвертьмостовой схеме широко используется трехпроводное подключение для устранения влияния температуры на сопротивление проводов тензорезистора. Однако при этом вносится определенная погрешность измерения из-за коэффициента тензочувствительности, вызванная сопротивлением проводов и изменением сопротивления контактов при подключении проводов к мосту.

В 4х-проводной схеме TML измерения деформации с 1 тензорезистором для измерения деформации используется не мост Уитстона, а простая последовательная цепь с сопротивлением тензорезистора (R) и эталонным сопротивлением (Rs). Деформацию определяют с помощью напряжения (V) на сопротивлении тензорезистора и напряжения (Vs) на эталонном сопротивлении. Поскольку путь протекания тока и путь измерения напряжения различаются, на измерения не влияют ни сопротивление проводов, ни сопротивление контактов (r).



где

R - сопротивление тензорезистора;
Rs - эталонное сопротивление;
r1 ~ r4 - сопротивление проводов и сопротивление контактов;
i - ток, протекающий через сопротивление тензорезистора и эталонное сопротивление;
E - напряжение возбуждения;
V - напряжение на сопротивлении тензорезистора;

Влияние сопротивления контактов отсутствует

Обычно для удлинения проводов и подключения к измерительному устройству применяют пайку или специальные разъемы. Поскольку 4х-проводная схема с 1 тензорезистором вообще не подвержена влиянию сопротивления контактов, можно использовать модульный штекер. Модульный штекер делает удлинение и подключение проводов недорогим и эффективным, в то же время предотвращая ошибки монтажа и избавляя от необходимости в безсвинцовой пайке в соответствии с Директивой по ограничению вредных веществ.

Сравнение 3-проводной четвертьмостовой схемы и 4-проводной схемы с 1 тензорезистором

	3-проводная четвертьмостовая схема (мост Уитстона)	4-проводная схема с 1 тензорезистором
Разъемное соединение	Отсутствует	Имеется
Паяльные работы	Требуются	Не требуются
Время на прокладку проводов	Требуется	Меньшее
Ошибки монтажа	Случаются	Отсутствуют
Директива по ограничению вредных веществ	Содержится свинец	Без свинца

С помощью имеющегося в продаже соединительного адаптера можно легко нарастить провод.

Сопротивление проводов

В обычной схеме рекомендуется применять как можно более толстые и короткие провода, чтобы их сопротивление было низким. Поскольку в 4х-проводной схеме с 1 тензорезистором сопротивление проводов не оказывает никакого влияния, к тензорезисторам можно подключать тонкие и длинные провода.

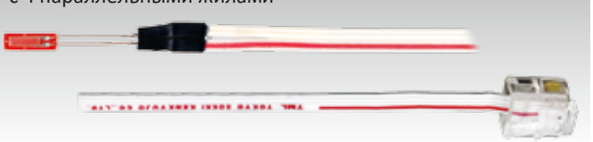
Сравнение 3-проводной четвертьмостовой схемы и 4-проводной схемы с 1 тензорезистором

	3-проводная четвертьмостовая схема (мост Уитстона)	4-проводная схема с 1 тензорезистором
Размер провода	Толстый	Тонкий
Масса провода	Не меньше	Меньше
Различные провода	Отсутствуют	Имеются
Цвет провода	Установленный	Произвольный
Нагрузка на образец	Не меньше	Меньше
Затраты на содержание запасов	Не меньше	Меньше

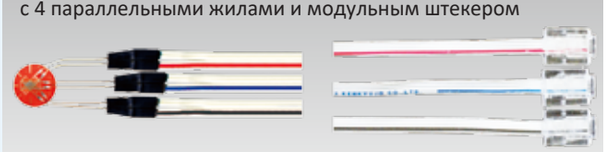
Тензорезисторы с проводами и модульным штекером

Большинство наших тензорезисторов может поставляться с предварительно подсоединенными 4 проводами и модульным штекером (RJ12), составляющими нашу запатентованную 4х-проводную систему с 1 тензорезистором. Поскольку модульный штекер устанавливается на концы проводов, отпадает необходимость в пайке или привинчивании соединений с измерительным устройством, но измерительное устройство должно быть модели TML. Жилы 3х-проводов покрыты полипропиленовой смолой, не выделяющей вредных газов даже при воздействии пламени.

Одноэлементный тензорезистор с проводом с 4 параллельными жилами



Тензорезисторная 3-элементная прямоугольная розетка с проводом с 4 параллельными жилами и модульным штекером



ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Метод полной компенсации деформации с помощью моста Уитстона - COMET

COMET: аббревиатура метода полной компенсации деформации

При измерении деформации с помощью тензорезистора обычно применяют четвертьмостовую схему. Четвертьмостовая схема с 2х-проводным подключением более удобна для измерения деформации, а четвертьмостовая схема с 3х-проводным подключением имеет то преимущество, что устраняет температурное влияние, вызванное изменением температуры провода. Известно, что измеренные с помощью этих схем значения могут иметь небольшую погрешность, вызванную начальным дисбалансом и нелинейностью мостовой схемы. Большинство наших тензометров оснащены функцией коррекции нелинейности четвертьмостовой схемы. Однако, если разобраться внимательнее, этой функции недостаточно для полной коррекции измеренных значений, например, в случае существенного начального дисбаланса моста. Наша уникальная методика «полной компенсации деформации» способна полностью корректировать погрешность измеренных значений, полученных с помощью четвертьмостовой схемы, независимо от начального дисбаланса и нелинейности мостовой схемы. Эта методика заложена в наших измерительных устройствах, перечисленных ниже.

Регистраторы данных

TDS-630, TDS-540, TDS-530*, TDS-602*, TDS-303*, TDS-150, TDS-102*, TC-31K*, TC-32K * : Сняты с производства

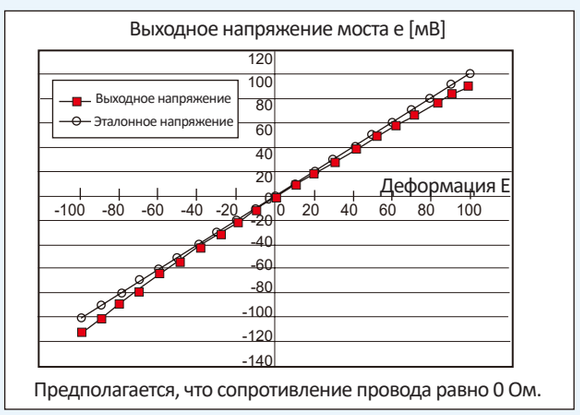
Начальный дисбаланс моста не вызывает погрешности измерения.

Если сопротивление тензорезистора и составляющих мост резисторов не такое, как при нулевой деформации, вырабатывается выходное напряжение. В реальных мостовых схемах это происходит в большей или меньшей степени. Это выходное напряжение рассматривается как начальный дисбаланс и вычитается из выходного напряжения при нагружении. Однако оно приводит к определенной погрешности измеренных значений деформации. При использовании метода полной компенсации деформации эта погрешность сводится к нулю. Метод особенно эффективен в следующих случаях, когда ожидается большой начальный дисбаланс.

- Провод удлиняют во время измерения.
- Тензорезистор установлен на искривленной поверхности.
- Используются тензорезисторы с неустойчивым сопротивлением.
- Во время измерения сильно меняется температура.

Погрешность из-за нелинейности моста полностью корректируется

Соотношение между выходным напряжением мостовой схемы и деформацией не является точно линейным. Погрешность из-за нелинейности растет с увеличением деформации. Обычный метод коррекции нелинейности базируется на условии, что начальный дисбаланс моста равен нулю. Метод полной компенсации деформации корректирует погрешность, вызванную нелинейностью, даже при большом начальном дисбалансе моста. Помимо указанных выше случаев, он также эффективен при следующих обсто-ятельствах:



- При измерении большой деформации тензорезистор заменили новым.
- Во время измерения регулировали начальный дисбаланс.

Корректируется снижение чувствительности, вызванное сопротивлением проводов

На чувствительность тензорезистора влияет сопротивление проводов. В 3х-проводной четвертьмостовой схеме измеряется сопротивление провода и чувствительность автоматически корректируется регистратором данных по методу полной компенсации деформации. При многоточечных измерениях с помощью тензорезисторов нет необходимости в использовании проводов одинаковой длины для упрощения поправочных расчетов.

Полная коррекция температурного эффекта тензорезистора

Температурный эффект в тензорезисторе представляется как данные в отсутствие деформации, и в состоянии деформации могут быть некоторые различия. Метод полной компенсации деформации компенсирует температурное влияние за счет учета приложенной деформации. Это особенно эффективно, когда температурное влияние велико. (Такая компенсация возможна в TDS-630.)

Коррекция погрешности, вызванной заменой тензорезистора

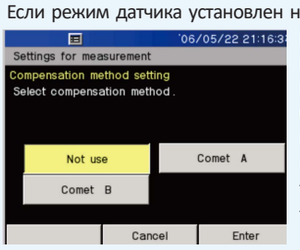
При измерении большой деформации, если деформация приближается к пределу измеряемой деформации тензорезистора, принято заменять тензорезистор новым. В этом случае точную величину деформации можно определить, если скорректировать измеренные значения, опираясь на значение деформации во время замены. В методе полной компенсации деформации эта коррекция делается автоматически.

Настройка измерения истинной деформации (COMET)

Это настройка выполнения измерения с коррекцией погрешности значения деформации с помощью функции под названием «COMET».

Если режим датчика установлен на 3-проводную четвертьмостовую схему, измеренное значение отображается с коррекцией нелинейности, даже если выбрано [Not use] (Не использовать). Выбрав Comet, можно получить более точное значение деформации.

Полумостовую схему с общим пассивным тензорезистором можно использовать только при Comet A.



COMET A

Это метод коррекции погрешности нелинейности из-за начального дисбаланса моста, эффективный при большом значении начального дисбаланса. Выходное напряжение моста измеряется при начальном входном сигнале и сохраняется во внутренней памяти. После выполнения измерения рассчитывается выходное напряжение моста e в присутствии деформации и выполняется корректирующий расчет, представленный ниже.

$$\varepsilon m = \frac{e - e_0}{(1-e) \times (1+e_0)}$$

COMET B (Только четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением)

Применяется при коррекции снижения чувствительности из-за проводов одновременно с методом коррекции Comet A.

Измеряются при начальном входном сигнале и сохраняются во внутренней памяти выходное напряжение моста eo при начальном дисбалансе и напряжения на обоих концах сопротивления провода er. Во время выполнения измерения измеряется выходное напряжение моста e в присутствии деформации и выполняется расчет, приведенный ниже.

$$\varepsilon m = \frac{e - e_0}{(1-e) \times (1+e_0-e_r)}$$

Когда применяется расчет Comet B, используется корректирующий расчет, включающий значение начального дисбаланса, записанное при начальном входном сигнале, и напряжение на концах сопротивления провода из приведенной выше формулы, поэтому доступно только измерение оценки. Следите за тем, чтобы измерение выполнялось после применения начального входного сигнала в состоянии начального дисбаланса для запуска измерений.

Пример применения метода полной компенсации деформации

Измерения с использованием наших регистраторов данных, реализующих метод полной компенсации деформации, имеют следующие преимущества.

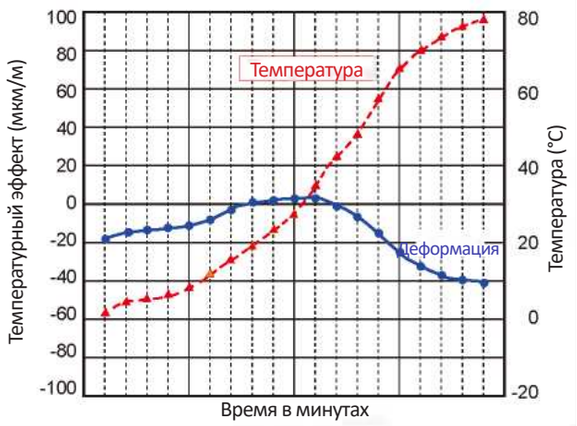
- Полная компенсация нелинейности
- Отсутствует влияние сопротивления тензорезистора
- Отсутствует влияние сопротивления пассивного тензорезистора
- Нет необходимости в использовании проводов одинаковой длины, что позволяет экономить деньги и пространство
- Нет неоходимости в коррекции изменения чувствительности из-за сопротивления проводов

Указанные выше особенности позволяют точно измерять деформацию. Более того, с помощью метода полной компенсации деформации становятся возможными измерения, представленные в следующих примерах.

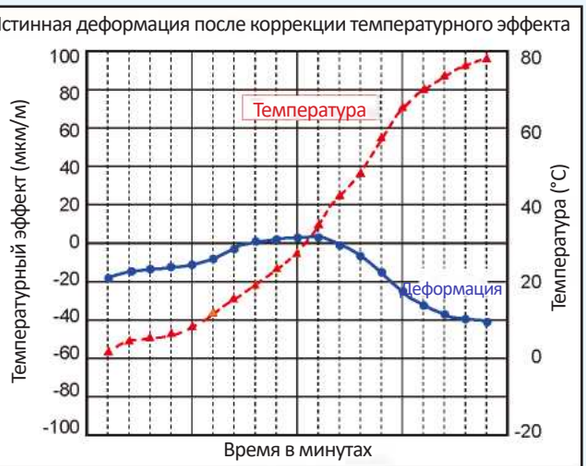
Пример применения 1:
Компенсация температурного влияния при использовании тензорезистора со встроенной функцией измерения температуры

Температурный эффект в тензорезисторе автоматически компенсиру-ется при измерениях с помощью тензорезистора со встроенной функ-цией измерения температуры и регистратора данных TDS-630. Каждый тензорезистор имеет свое полиномиальное представление температурного эффекта, и коэффициенты полинома вводятся в TDS-630 перед началом измерения. Регистратор TDS-630 корректирует температурный эффект тензорезистора, вызванный изменением температуры окружающей среды, с точностью, большей, чем при обычном способе.

Измерение фактической температуры и кажущейся деформации



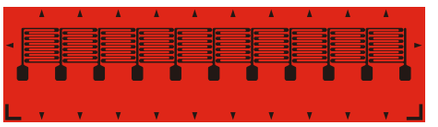
Истинная деформация после коррекции температурного эффекта



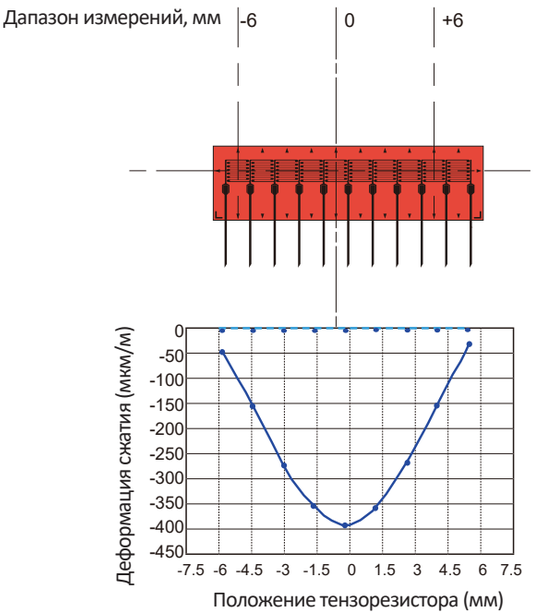
Пример применения 2:
Измерители концентрации напряжений CCFXX, CCFYX

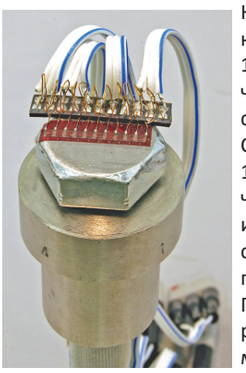
CCFXX и CCFYX - недавно разработанные тензорезисторы с 10 решетками, установленными в непрерывный ряд без промежутков между соседними решетками. Отличаются от обычных измерителей концентрации напряжений тем, что оснащены отдельными решетками, установленными в ряд с малыми интервалами, и могут более точно измерять распределение деформации в образце. Этот тензорезистор должен использоваться совместно с регистратором данных, реализующим метод полной компенсации деформации. Количество проводов сокращено до 11.

CCFXX



Пример измерения
Деформация, вызванная сжатием головки болта (M10)





Количество проводов - 30, необходимое для измерения обычным 10-элементным тензорезистором с четвертьмостовой 3х-проводной схемой измерения. У тензорезистора CCFXX/CCFYX количество уменьшено до 11. Сокращение достигнуто за счет того, что один провод используется для двух или трех решеток. Соседние решетки соединены последовательно одним проводом 3х-проводного подключения. При использовании нашего регистратора данных, реализующего метод полной компенсации деформации, сопротивлением этой соседней решетки можно пренебречь.

Разработка тензорезисторов и измерительных устройств

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

■Метод измерения температуры

Для измерения деформации, связанной с изменением температуры, необходимо измерение температуры. Помимо термопар и платиновых РТД, которые обычно используют для измерения температуры, наша линейка продуктов включает измерители температуры, которые можно использовать как тензорезисторы, и тензорезисторы со встроенной функцией измерения температуры, способные измерять деформацию и температуру одновременно. Представим их особенности и способы применения.

Измерение температуры с помощью наших приборов для измерения деформации

Средства измерения температуры	Применение с приборами, измеряющими статическую деформацию	Применение с приборами, измеряющими динамическую деформацию	Диапазон измеряемых температур (°C)	Особенности
Термопара (T, K и т.д.)	Применимо	Применимо	-269 ~ +1760	Широкий диапазон температур
Платиновый РТД Pt100	Применимо	Не применимо	-40 ~ +400	Высокая точность Может использоваться только с регистраторами данных
Тензорезисторы со встроенной функцией измерения температуры	Применимо	Не применимо	-20 ~ +200	Применимо для большинства фольговых тензорезисторов
Датчики температуры серии TF	Применимо	Применимо	-20 ~ +200	Необходим выделенный адаптер
Датчик температуры KT-110A	Применимо	Применимо	-30 ~ +80	Конструкция повышенной надежности, в основном, для гражданского строительства

ТЕРМОПАРА

Выбор разных типов проволоки термопары и материала оболочки обеспечивает широкий диапазон измеряемых температур. В этом каталоге представлены следующие материалы оболочки для термопар (указанные температуры соответствуют верхнему пределу температуры):

ПВХ: 80 °C
Фторированный полимер: 200 °C
Стекловолокно: 350 °C

Подробнее о термопарах см. на стр. 80.

С помощью приборов для измерения статической деформации, таких как регистратор данных серии TDS и TC-32K, можно измерять температуру разными термопарами. Что касается приборов DC для измерения динамической деформации DC-96A/DC-97A, DC- 204R, DC-004P, DH-14A, TMR-200, DRA-30A и DS-50A, измерение температуры можно проводить термопарами K и T, используя адаптер для термопар TA-01KT.

ПЛАТИНОВЫЙ РТД

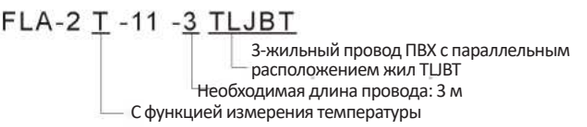
Для измерения температуры можно прикрепить платиновый РТД к поверхности объекта измерений, как при использовании тензорезисторов. Точность измерения высокая, и для измерения можно подключать провода для тензорезисторов. Во время измерения платиновый РТД подключают к приборам для измерения статической деформации, таким как регистратор данных серии TDS или TC-32K. Платиновый РТД неприменим с приборами для измерения динамической деформации.

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ СО ВСТРОЕННОЙ ФУНКЦИЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Функцией измерения температуры можно оснастить практически любой фольговый тензорезистор. (Комбинации тензорезисторов и специальных проводов см. в таблице на стр. 41 и 42.) Точка измерения температуры - вывод тензорезистора, поэтому отображаемая температура совпадает с температурой тензорезистора. Температуру можно измерять с помощью нашего регистратора данных.
К применимым проводам с функцией измерения температуры относятся:

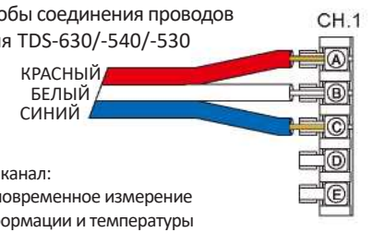
- Одножильный 3-проводный скрученный провод из фторированного полимера (ФЭП) 6FB_TLT
  Допустимая температура: -269 °C ~ +200 °C
- 3-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил TLJBT/-TLJBT-F Допустимая температура: -20 °C ~ +80 °C
- 4-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил TLQ
  Допустимая температура: -20 °C ~ +80 °C

(Подробнее о проводах см. на стр. 34.)
Если в выбранный тензорезистор необходимо встроить функцию измерения температуры, вставьте букву “T” после числа, обозначающего базу тензорезистора, а затем укажите длину и тип провода. Например, если нужно добавить функцию измерения температуры и 3х-метровый провод ПВХ к FLA-2-11, написанное название должно выглядеть следующим образом:



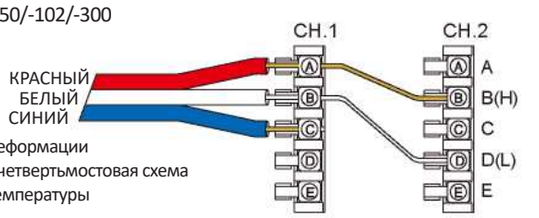
Тензорезисторы со встроенной функцией измерения температуры не пригодны для измерений приборами для измерения динамической деформации.

Способы соединения проводов
1. Для TDS-630/-540/-530



Один канал:
Одновременное измерение деформации и температуры

2. Для других применимых измерительных приборов: TDS-302/-303/-601/-601A/-602/ -101R/-150/-102/-300



Канал 1: Измерение деформации
3-проводная четвертьмостовая схема
Канал 2: Измерение температуры
Термопара T
(Используются два соседних канала)

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ СЕРИИ TF

Датчик температуры серии TF используется для измерения температуры поверхности путем его крепления к поверхности конструктивного объекта аналогично тензорезисторам. Измерение выполняется с помощью адаптера TGA для датчика температуры в сочетании с тензометром, а результат измерения представляется в единицах $100*10^{-6}$/°C. Подробнее о серии TF и адаптере TGA см. на стр. 80.

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ KT-110A

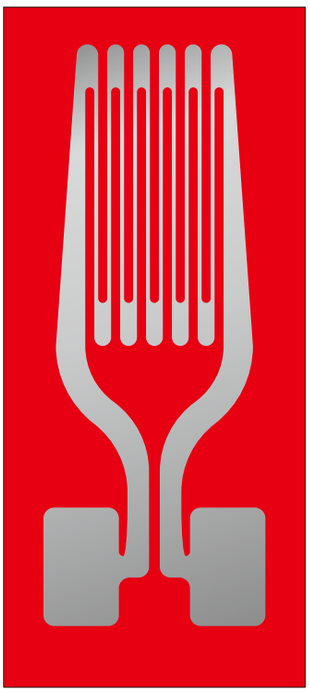
KT-110A - датчик температуры, использующий полномостовую схему измерений. Благодаря высокой надежности он используется в гражданском строительстве и на строительных площадках. KT-110A может выполнять измерения в качестве температурного датчика на базе полномостовой схемы измерений (которая также используется в датчиках) совместно с тензометрами. Обращайтесь в нашу компанию, чтобы узнать подробнее о KT-1 10A.

ДЛЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ серии F

CE

GOBLET

Экологически благоприятные тензорезисторы с исключительным сроком службы

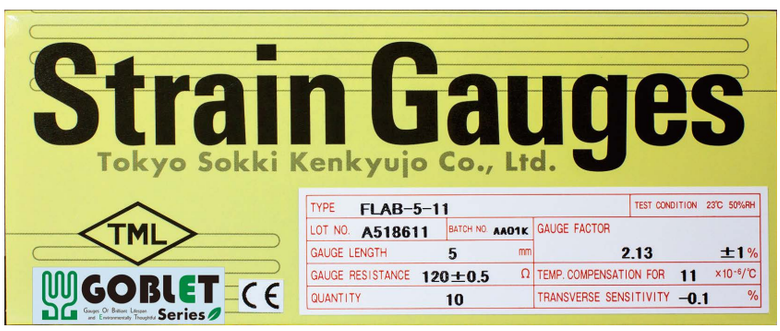


Тензорезистор построен таким образом, что его выводы, проводящие электрический сигнал, припаяны к металлической фольге, которая называется элементом тензорезистора. Припой представляет собой сплав свинца и олова. Поскольку свинец вреден не только для человеческого организма, но может оказывать негативное влияние на окружающую среду, мы разработали тензорезистор с безсвинцовым припоем. Известно, что при применении безсвинцового припоя наработка до усталостного разрушения тензорезистора может быть меньше, чем при использовании обычного припоя со свинцом. Чтобы выйти из этого затруднения, мы разработали тензорезистор уникальной формы со специальной пластиковой подложкой. Тензорезистор этой конфигурации с припаянным безсвинцовым припоем выводом демонстрирует наработку до усталостного разрушения, эквивалентную обычным тензорезисторам. Большинство тензорезисторов общего назначения в нашей серии F доступны в этой конфигурации и поставляются как продукты, соответствующие Директиве по ограничению вредных веществ, с маркировкой CE. Мы дали этим тензорезисторам название GOBLET, потому что их форма напоминает бокал (англ. - goblet). GOBLET также является аббревиатурой выражения “Gauges Of Brilliant Lifespan and Environmentally Thoughtful” (Экологически благоприятные тензорезисторы с исключительным сроком службы), указывающей на незаурядную наработку до усталостного разрушения и слабое воздействие на окружающую среду и выражающей общую концепцию разработки этих тензорезисторов. Благодаря использованию специального пластика для подложки диапазон рабочих температур тензорезисторов расширился до значений от -196 до +150°C. В наличии встроенные провода для контрольно-измерительных приборов с безсвинцовым припоем разных типов для разных условий применения. Мы будем и дальше распространять GOBLET на другие серии наших тензорезисторов, не только для удовлетворения потребностей в тензорезисторах, но и для выполнения экологических требований, включая эффективное использование природных ресурсов.

Заявка на товарный знак находится на рассмотрении в Японии

GOBLET
Gauges Of Brilliant Lifespan and Environmentally Thoughtful Series

Упаковка тензорезисторов GOBLET (пример)

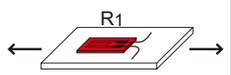
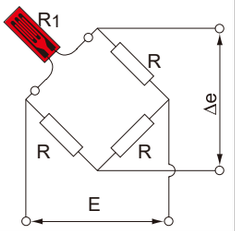
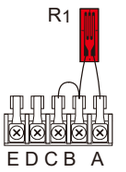
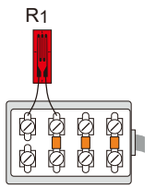
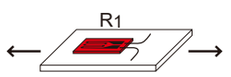
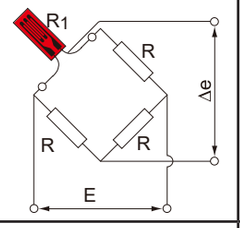
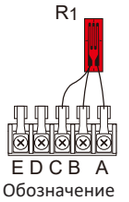
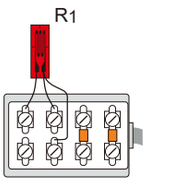
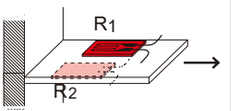
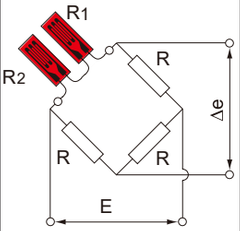
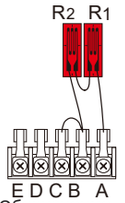
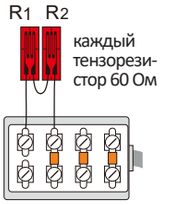
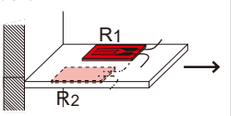
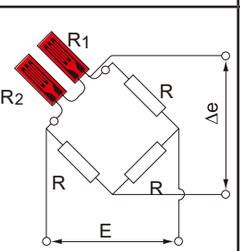
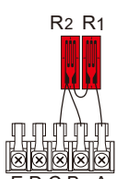
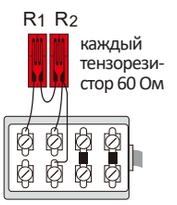
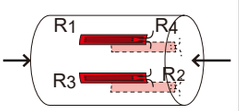
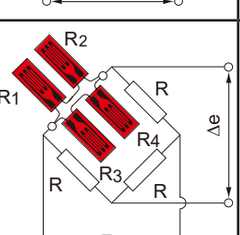
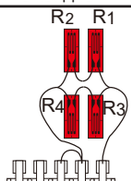
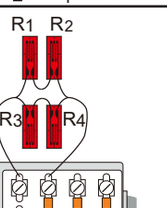
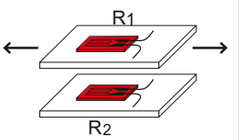
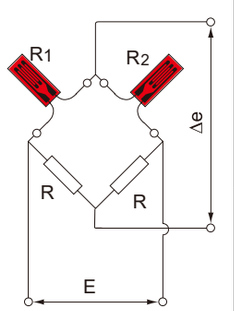
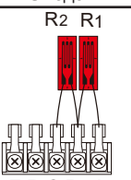
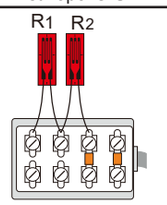
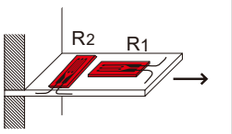
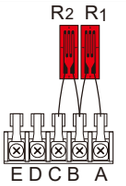
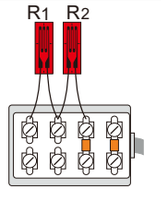


На упаковку тензорезисторов GOBLETнаносится логотип и маркировка CE.

Специальные провода (используется безсвинцовый припой)

Тип провода	Код для заказа	Жила / Размеры	Поперечное сечение (мм²)	Температура для применения с тензорезистором GOBLET
Провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил	LJB-F	7/0,12	0,08	-20~+80°C
3-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил	LJBT-F	7/0,12	0,08	-20~+80°C
Провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил	LJC-F	10/0,12	0,11	-20~+80°C
3-жильный провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил	LJCT-F	10/0,12	0,11	-20~+80°C
4-жильный полипропиленовый провод 0,08 мм2 с параллельным расположением жил с модульным штекером	LQM-F	7/0,12	0,08	-20~+100°C
4-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил	LBQM-F	7/0,12	0,08	-20~+80°C
3-жильный специальный провод ПВХ с параллельным расположением жил	LXT-F	7/0,12	0,08	-20~+150°C
3-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил со встроенной функцией измерения температуры	TLJBT-F	7/0,12	0,08	-20~+80°C
Полиуретановый провод 0,14 мм²	LP-F	1/0,14	-	-20~+120°C
Полиэфирный провод 0,14 мм²	LU-F	1/0,14	-	-196~+150°C
Полиимидный провод 0,14 мм2	LE-F	1/0,14	-	-196~+150°C

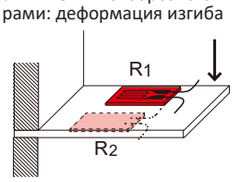
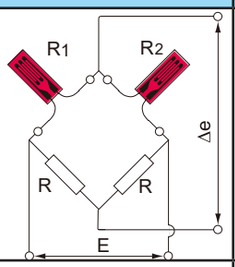
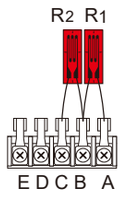
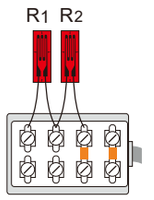
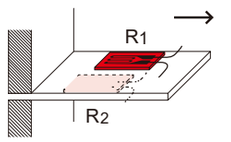
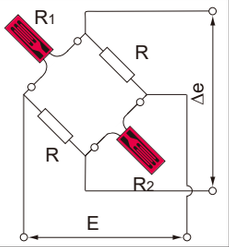
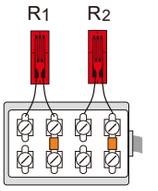
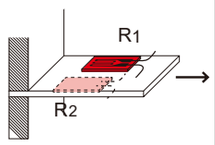
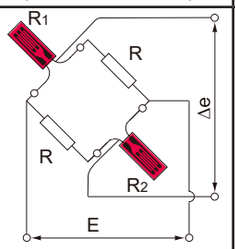
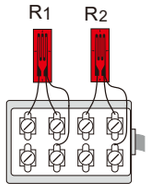
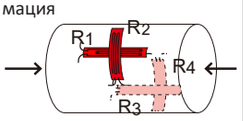
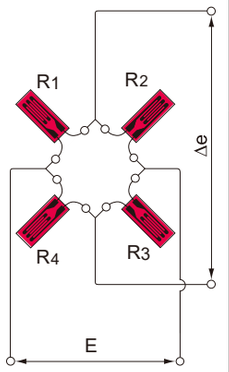
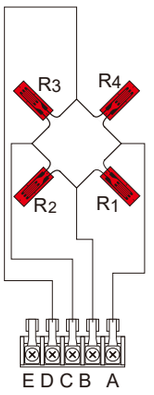
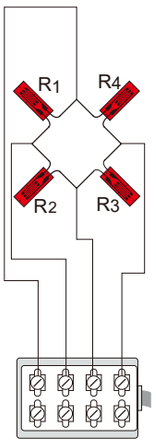
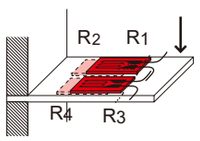
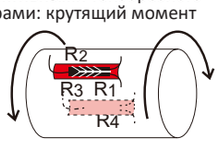
МОСТОВАЯ СХЕМА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

	Режим измерения	Мостовая схема	Проводное соединение с коммутатором	Проводное соединение с распределительной коробкой моста	Выходной сигнал моста	
1	Четвертьмостовая схема (с 2-проводным подключением) 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{\Delta R_1}{R} = \frac{E}{4} K \cdot \varepsilon_1 = \frac{E}{4} K \cdot \varepsilon$ Δe - выходное напряжение, вызванное деформацией ε_1; E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; R - постоянный резистор ΔR_1 - изменение сопротивления, вызванное деформацией ε‡ $R_1 = R_0 + \Delta R_1$ - сопротивление тензорезистора, вызванное ε‡ R0 - сопротивление тензорезистора до воздействия деформации $\varepsilon_1 = \varepsilon$.	
2	Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены		
3	Четвертьмостовая схема с двумя тензорезисторами, включенными последовательно в одном плече, деформация изгиба исключается 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 + \Delta R_2)}{R} = \frac{E}{4} \cdot K \cdot \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{2}$ $= \frac{E}{4} \cdot K \cdot \varepsilon$ R_1 - сопротивление тензорезистора $= R_0 + \Delta R_1$; R_2 - сопротивление тензорезистора $= R_0 + \Delta R_2$; $R = 2R_0$; R_0 - сопротивление тензорезистора до воздействия деформации; ΔR_1, ΔR_2 - Изменение сопротивления тензорезистора R_1, R_2; ε_1, ε_2 - деформация, воздействующая на тензорезистор R_1, R_2; R - постоянный резистор	
4	Четвертьмостовая схема с двумя тензорезисторами, включенными последовательно в одном плече, деформация изгиба исключается 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены		
5	Четвертьмостовая схема с четыремя тензорезисторами, включенными последовательно и параллельно в одном плече 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \Delta R_4)}{4R}$ $= \frac{E}{4} x \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4)}{4} = \frac{E}{4} K \cdot \varepsilon$ $\Delta R_1 \sim \Delta R_4$ - изменение сопротивления тензорезистора $R_1 \sim R_4$; ε_1, ε_4 - деформация, воздействующая на тензорезистор $R_1 \sim R_4$; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \varepsilon$	
6	Полумостовая схема с 1 активным и 1 пассивным тензорезистором 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{\Delta R_1}{R} = \frac{E}{4} K \cdot \varepsilon_1 = \frac{E}{4} K \cdot \varepsilon$ $\varepsilon_1 = \varepsilon$ - осевая деформация; $R_1 = R_0 + \Delta R$ - активный; $R_2 = R_0 = R$ - пассивный; R - постоянный резистор R_0 - сопротивление тензорезистора до воздействия деформации.	
7	Полумостовая схема с двумя активными тензорезисторами 		 Обозначение выводов	 ■ закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 - \Delta R_2)}{R} = \frac{E}{4} K \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ $= \frac{E}{4} (1+\nu) K \cdot \varepsilon$ v - коэффициент Пуассона; $\varepsilon_1 = \varepsilon$ - деформация, воздействующая на тензорезистор R_1, $\varepsilon_2 = -\nu_\varepsilon$ - деформация, воздействующая на тензорезистор R_2 R - постоянный резистор	

МОСТОВАЯ СХЕМА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

	С температурной компенсацией		Множитель выходного сигнала	Поправка коэффициента тензочувствительности на сопротивление провода	Описание
	тензорезистора	провода			
	Неприменимо	Неприменимо	x1	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L} K$	Обычное измерение одноосной деформации, когда влиянием изменения температуры можно пренебречь. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствительности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Неприменимо	Имеется	x1	$K_0 = \frac{R}{R+\frac{r\,L}{2}} K$	Обычное измерение одноосной деформации Температурное влияние провода исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Неприменимо	Неприменимо	x1	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L} K$	Измерение одноосной деформации (Выходной сигнал - усредненное значение двух тензорезисторов) деформация изгиба исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Неприменимо	Имеется	x1	$K_0 = \frac{R}{R+\frac{r\,L}{2}} K$	В дополнение к вышеуказанному исключается температурное влияние провода K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Неприменимо	Неприменимо	x1	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L} K$	Измерение одноосной деформации (Выходной сигнал - усредненное значение четырех тензорезисторов.) Деформация изгиба исключается. При 3-проводном подключении температурное влияние провода исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Имеется	Имеется	x1	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L} K$	Измерение одноосной деформации Пассивный тензорезистор должен быть того же типа и из той же партии, что и активный тензорезистор, клеиться на материале того же вида и размещаться в той же среде, включая провод. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах.
	Имеется	Имеется	x (1+v)	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L} K$	Измерение осевой деформации с повышенной в (1+v) раз чувствительностью. Температурное влияние тензорезистора и провода исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах; v - коэффициент Пуассона образца.

МОСТОВАЯ СХЕМА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

	Режим измерения	Мостовая схема	Проводное соединение с		Выходной сигнал моста	
			коммутатором	распределительной коробкой моста		
8	Полумостовая схема с 2 активными тензорезисторами: деформация изгиба 		 Обозначение выводов	 закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 - \Delta R_2)}{R} = \frac{E}{4} \cdot K \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = \frac{E}{2} \cdot K \cdot \varepsilon$ E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; ε - деформация, вызванная изгибом; $\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \varepsilon$	
9	Полумост с 2 активными тензорезисторами в противоположных плечах 		Неприменимо	 закорочены	$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 + \Delta R_2)}{R} = \frac{E}{4} \cdot K \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = \frac{E}{2} \cdot K \cdot \varepsilon$ E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; ε - одноосная деформация; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$	
10	Полумост с 2 активными тензорезисторами в противоположных плечах и 3-проводным подключением 		Неприменимо			
11	Полномостовая схема с 4 активными тензорезисторами: одноосная деформация 		 Обозначение выводов		$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 - \Delta R_2 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{R} = \frac{E}{4} K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) = \frac{E}{2} (1+\nu) \cdot K \cdot \varepsilon$ E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; ε - осевая деформация; v - коэффициент Пуассона; $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = \varepsilon, \varepsilon_2 = \varepsilon_4 = -\nu\varepsilon$	
12	Полномостовая схема с 4 активными тензорезисторами: деформация изгиба 				$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 - \Delta R_2 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{R} = \frac{E}{4} K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) = E \cdot K \cdot \varepsilon$ E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; ε - деформация, вызванная изгибом; $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = \varepsilon, \varepsilon_2 = \varepsilon_4 = -\varepsilon$	
13	Полномостовая схема с 4 активными тензорезисторами: крутящий момент 				$\Delta e = \frac{E}{4} x \frac{(\Delta R_1 - \Delta R_2 + \Delta R_3 - \Delta R_4)}{R} = \frac{E}{4} K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) = E \cdot K \cdot \varepsilon$ E - напряжение возбуждения; K - коэффициент тензочувствительности тензорезистора; S - деформация, вызванная крутящим моментом; $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = \varepsilon, \varepsilon_2 = \varepsilon_4 = -\varepsilon$	

МОСТОВАЯ СХЕМА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

	С температурной компенсацией		Множитель выходного сигнала	Поправка коэффициента тензочувствительности на сопротивление провода	Описание
	тензорезистора	провода			
	Имеется	Имеется	x2	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L}K$	Измерение деформации изгиба с двойной чувствительностью Осевая деформация исключается. Температурное влияние тензорезистора и провода исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах;
	Неприменимо	Неприменимо	x2	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L}K$	Измерение одноосной деформации (Выходной сигнал - сумма значений двух тензорезисторов.) Деформация изгиба исключается. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах;
	Неприменимо	Имеется	x2	$K_0 = \frac{R}{R+\frac{r\,L}{2}}K$	В дополнение к вышеуказанному исключается температурное влияние провода. K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; K - исходный коэффициент тензочувствительности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах;
	Имеется	Имеется	x2(1+v)	$K_0 = \frac{R}{R+r\,L}K$ r L должно относиться к проводу для подачи напряжения возбуждения при условии, что сопротивление провода внутри полномостовой схемы мало настолько, что им можно пренебречь.	Измерение одноосной деформации с повышенной в 2(1+v) раз чувствительностью. Деформация изгиба исключается. v - коэффициент Пуассона образца; K - исходный коэффициент тензочувствительности; K_0 - скорректированный коэффициент тензочувствитель-ности; R - сопротивление тензорезистора; r - суммарное сопротивление провода на метр длины; L - длина провода в метрах;
	Имеется	Имеется	x4		Измерение деформации изгиба с увеличенной вчетверо чувствительностью Осевая деформация исключается
	Имеется	Имеется	x4		Измерение деформации, вызванной крутящим моментом, с повышенной вчетверо чувствительностью Осевая деформация и деформация изгиба исключаются

Схема соединений зависит от типа тензометра.

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

F LA - 3 T - 350 - 11 (-F) -

- **LA** — Серия тензорезисторов
- **3** — База тензорезистора, мм
- **T** — Функции (*2)
- **350** — Сопротивление тензорезистора, Ом (стандартное сопротивление 120 Ом не представлено)
- **11** — (*3) См. компенсируемый материал, справа
- **(-F)** — Опция -F

Функции (*2)	Применимый тензорезистор
A слева 45°	QFLT-A
B справа 45°	QFLT-B
для измерения деформации сдвига	
T Термопара	Со встроенной функцией измерения температуры

Опция -F

Тензорезистор с маркировкой CE (соответствующий Директиве RoHS2) К номеру типа тензорезистора добавлено “-F”. Для тензорезистора с “опцией -F” вместо содержащего свинец припоя используется безсвинцовый. При использовании безсвинцового припоя наработка до усталостного разрушения тензорезистора может сокращаться.

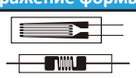
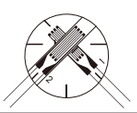
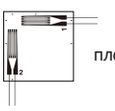
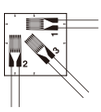
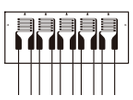
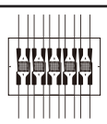
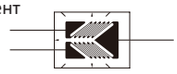
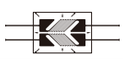
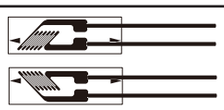
Серия тензорезисторов	Применение
F (-F) GOBLET CE	Общего назначения Серия F GOBLET имеет маркировку CE.
WF CE	Водонепроницаемая конструкция
PF CE	Для бетона, полиэфирный фольговый тензорезистор
P CE	Для бетона, полиэфирный проволочный тензорезистор
MF	Для магнитного поля
PM	Для бетона, тензорезистор закладного типа
PMF	Для бетона, тензорезистор закладного типа
FLM/WFLM	Для бетона, тензорезистор с металлической подложкой
YEF/YF/YHF CE	Измерение больших деформаций
PMFLS	Для асфальта, тензорезистор закладного типа
GF/LF	Для материалов низкой упругости, пластмасс, дерева, гипса
PFLW/PLW	Для материалов низкой упругости, дерева, гипса
UBF/BF	Для композитных материалов
DSF CE	Высокопрочный, испытание на усталость
CF CE	Для криогенных температур
CEF CE	Для широкого диапазона температур
QF/ZF/EF CE	Для высоких температур
SFA CE	Измерение механического напряжения
AW CE	Привариваемые тензорезисторы
BTM CE	Измерение осевой деформации болтов
DD CE	Односторонний тензорезистор
FAC CE	Датчик для выявления трещин
TF	Тип тензорезистора для измерения температуры
KM CE	Для бетона/асфальта, закладного типа, тензометрический датчик
FGMH	Фрикционное устройство контроля деформации
FGAH	Фрикционный осевой тензометрический датчик
FGDH	Система фрикционных датчиков крутящего момента

Следующие тензорезисторы имеют маркировку CE.

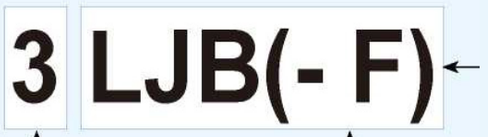
Для тензорезисторов без встроенных проводов
- Тензорезистор с добавлением к номеру типа “-F”
- Тензорезистор, указанный в настоящем каталоге со значком “CE”

Конфигурация формы (*1)	
L/LA/LK/LX/LG/BX/BY LAB/LKB/LGB GOBLET CE	Одиночный
C/CA/LC/CS/CB	2-элементная розетка (0°/90°)
CAB GOBLET CE	
R/LR/RA/RAS/RS	3-элементная розетка (0°/45°/90°)
RAB GOBLET CE	
XV/YV/BXV/BYV	5-элементный одиночный
CV	5-элементная розетка (0°/90°)
CT	Крутящий момент
LT	Одиночный 45°

(*1) Не всегда имеет код

Изображение формы
Одиночный 
2-элементная розетка (0790°)   плоская
3-элементная розетка (0°/45°/90°)  плоская
5-элементный одиночный  10-элементный одиночный
5-элементная розетка (0°/90°) 
Крутящий момент  
Одиночный 45⁰ 

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML



Длина предварительно подсоединенного провода	
-002	2см
-005	5 см
-1	1м
-3	3 см
-5	5 см

Опция -F

Провод с маркировкой CE (соответствующий Директиве RoHS2) К номеру типа провода добавлен идентификационный код “-F”.

Компенсируемый материал млн-1/°C (*3)

Указан только для тензорезисторов с температурной самокомпенсацией О других материалах узнавайте у TML или у местного представителя.

3 Композитный материал	
Керамика (Si3N4)	2.6~3.3
Пластик, армированный углеродным волокном (CFRP)	3 ~ 5
5 Композитный материал	
Керамика (SiC)	4,6
Пластик, армированный углеродным волокном (CFRP)	3 ~ 5
8 Композитный материал	
Стекло	7,9
Титановые	8,9
Титановый сплав (Ti-6Al-4V)	8,8
11 Мягкая сталь	
Мягкая сталь (0,1~0,2C)	11,8
Твердая сталь (0,4~0,5C)	11,2
Чугун	10,5
Хастеллой-276	11,2
Инконель 600	13,3
Инконель 750	12,1
Монель	13,5
Нержавеющая сталь SUS 630 (17-4PH)	10,8
Нержавеющая сталь SUS 631 (17-7PH)	10,6
Бетон	7 ~ 13
17 Нержавеющая сталь/медный сплав	
Нержавеющая сталь SUS 304	16,2
Нержавеющая сталь SUS 310	15,8
Нержавеющая сталь SUS 316	16,0
Нержавеющая сталь SUS 321	16,7
Медные	16,7
Бериллиевая медь	16,6
Латунь	16,7
Бронза	17,0
Константан	14,9
23 Алюминий	
Алюминий	23,4
Алюминий 2024-T4	23,0
Свинец и его сплав	29,0
Гипс	25,0
Полиимид	20 ~ 30
28 Магний	
Сплав магния	27,0
50 Пластмассы	
Эпоксидная смола (литая)	45 ~ 65
70 Пластмассы	
Акрил	70
АБС	74
Полиацеталь (полиоксиметилен)	80
Поликарбонат	66 ~ 70
Полистирол	60 ~ 80

Следующие тензорезисторы имеют маркировку CE.

Для тензорезисторов со встроенным проводом - тензорезистор с маркировкой CE, как указанный выше, со встроенным проводом с дополнением “-F” к номеру типа встроенного провода

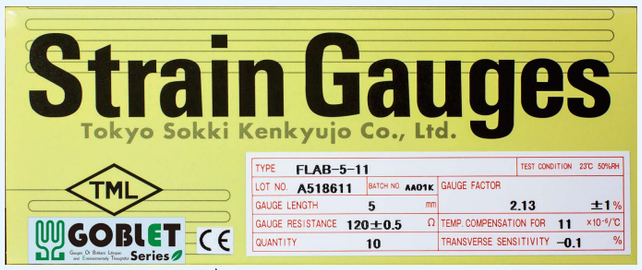
Суффиксы кодов предварительно подключенных проводов	Опция -F для маркировки CE
-LJB/-LJB-F :провод ПВХ 0,08 мм2с параллельными жилами Применим для серий F/PF/P/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ ZF/EF/BTM	-20°C~+80°C
-LJBT/-LJBT-F:3-жильный провод 0,08 мм2с параллельными жилами Применим для указанных выше серий	-20°C~+80°C
-LJB/-LJB-F -LJA :скрученный провод ПВХ 0,08 мм2 Применим для серий F/FLM/MF/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ZF/ EF	-20°C~+80°C
-LJAT : скрученный 3-жильный провод ПВХ 0,08 мм2 Применим для серий F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/ QF/ZF/EF/ BTM	-20°C~+80°C
-LJC/-LJC-F :провод ПВХ 0,11 мм2 с параллельными жилами Применим для серий F/PF/P/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ ZF/EF/BTM	-20°C~+80°C
-LJCT/-LJCT-F :3-жильный провод ПВХ 0,11 мм2с параллельными жилами Применим для указанных выше серий	-20°C~+80°C
-LJC/-LJC-F -LJD :провод ПВХ 0,3 мм2 с параллельными жилами Применим для F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF	-20°C~+80°C
-LJDT :провод ПВХ 0,3 мм2с параллельными жилами Применим для указанных выше серий	-20°C~+80°C
-LJD -LJG :провод ПВХ 0,5 мм2с параллельными жилами Применим для F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF	-20°C~+80°C
-LJGT :провод ПВХ 0,5 мм2с параллельными жилами Применим для указанных выше серий	-20°C~+80°C
-LJG -LH : скрученный провод ПВХ 0,02 мм2 Применим для F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF	-20°C~+80°C
-LHT: 3-жильный скрученный провод ПВХ 0,02 мм2 Применим для того же, что и -LH	-20°C~+80°C
-LJAY: 3-жильный скрученный провод ПВХ 0,08 мм2 Применим для серии MF (одиночных)	-20°C~+80°C
-LS : экранированный провод ПВХ диаметром 3,2 мм Применим для серий MF	-20°C~+80°C
-LTSA : 3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 3 мм Применим для серий F/FLM/MF//LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF	-20°C~+80°C
-LTSB : 3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 5 мм Применим для серий F/FLM/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF -LQM/-LQM-F : 4-жильный полипропиленовый провод 0,08 мм2с параллельными жилами, с модульным штекером Применим для серий F/PF/PFLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ ZF/EF	-20°C~+80°C -20°C~+100°C
-LBQM/-LBQM-F : 4-жильный провод ПВХ 0,08 мм2с параллельными жилами, с модульным штекером Применим для того же, что и -LQM	-20°C~+80°C
-LXT/-LXT-F : 3-жильный специальный провод ПВХ с параллельными жилами Применим для серий F/PF/PFLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ZF EF	-20°C~+150°C
-LJRA : 2-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ Применим для серий F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/ QF/ZF/EF BTM	-20°C~+100°C
-LJRTA : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ Применим для того же, что и -LJRA	-20°C~+100°C
-LJQTA : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого полиэтилена Применим для серий F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/ QF/ZF/EF BTM	-65°C~+125°C
-TLJBT/-TLJBT-F : 3-жильный провод ПВХ с параллельными жилами со встроенной функцией измерения температуры Применим для серий F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/ QF/ZF/EF BTM	-20°C~+80°C
-TLQ : 4-жильный провод ПВХ с параллельными жилами со встроенной функцией измерения температуры Применим для серий F/FLM/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/CF/CEF/ QF/ZF/EF	-20°C~+80°C
-6FB_TLT : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) со встроенной функцией измерения температуры Применим для того же, что и -TLQ -LP/-LP-F :полиуретановый провод 0,14 мм2/0,18 мм2 Применим для серий F/PF/P/FLM/MF/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/ CF/CEF QF/ZF/EF/BTM/FAC	-269°C~+200°C -10°C~+120°C
-LU/-LU-F :полиэфирный провод 0,14 мм2/0,18 мм2 Применим для серий F/PF/P/FLM/MF/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF/UBF/DSF/ CF/CEF QF/ZF/EF	-196°C~+200°C
-LE/-LE-F :полиимидный провод 0,14 мм2/0,18 мм2 Применим для того же, что и -LP/-LP-F	-269°C~+300°C
-6FA_LT/ -6FA_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) Применим для серий F/FLM/MF/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BF UBF/DSF/CF/ CEF/QF/ZF/EF/BTM -6FAS_LT/	-269°C~+200°C
-6FAS_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) Применим для того же, что и	-269°C~+200°C
-6FA_LT -6FB_LT/ -6FB_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) Применим для того же, что и	-269°C~+200°C
-6FA_LT -6FC_LT/ -6FC_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) Применим для серий F/FLM/MF/YEF/YF/YHF/LF/PFLW/PLW/GF/BFUBF/DSF/CF/CEF/QF/ZF/EF	-269°C~+200°C
-6FD_LTS/-F : 3-жильный скрученный провод диаметром 1,5 мм с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) с экраном Применим для серии MF	-269°C~+200°C
-4FA_LT/-4FA_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласта) Применим для того же, что и -6FB_LT	-269°C~+260°C
-4FB_LT/ -4FB_LT-F : 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласта) Применим для того же, что и -6FB_LT	-269°C~+200°C

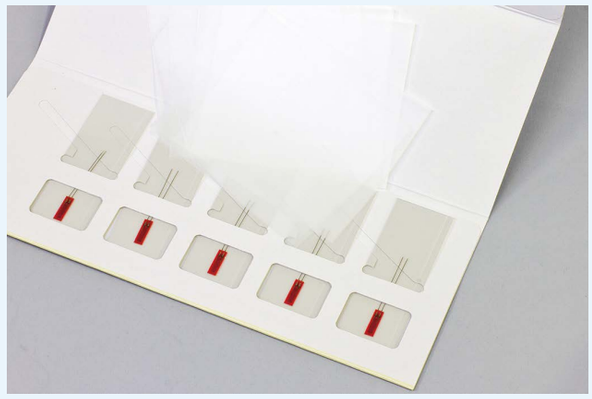
Дополнительную информацию о совместном использовании с тензорезисторами см. на стр. 33~42

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА УПАКОВКЕ

Тензорезисторы TML поставляются с результатами испытаний тензорезисторов TML (пример представлен ниже). Методы оценки соответствуют национальному аэрокосмическому стандарту NAS942 (изменен). Процедуры монтажа, переноски и приклеивания см. в техническом паспорте.

УПАКОВКА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА





Соответствие CE
Нанесение маркировки CE и нашего логотипа тензорезистора серии GOBLET на упаковку контейнера

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ

№ партии
Код продукции для процедуры и истории

Окружающая среда
Температура в градусах Цельсия и относительная влажность в %, при которых были получены данные испытаний.

Тип тензорезистора

№ партии

TYPE	FLAB-5-11			TEST CONDITION	23℃ 50%RH
LOT NO.	A518611	BATCH NO	AA01K	GAUGE FACTOR	
GAUGE LENGTH	5	mm		2.13	±1 %
GAUGE RESISTANCE	120±0.5	Ω	TEMP. COMPENSATION FOR	11	×10⁻⁶/℃
QUANTITY	10		TRANSVERSE SENSITIVITY	−0.1	%

Количество
Количество тензорезисторов в упаковке.

Сопротивление тензорезистора
Электрическое сопротивление тензорезистора в свободном состоянии при комнатной температуре, в неприклеенном виде, в состоянии поставки. Имеются различные диапазоны (60, 120, 350 или 10000).

База тензорезистора
Это фактическая длина решетки в осевом направлении. В пределах этой длины измеренная деформация усредняется.

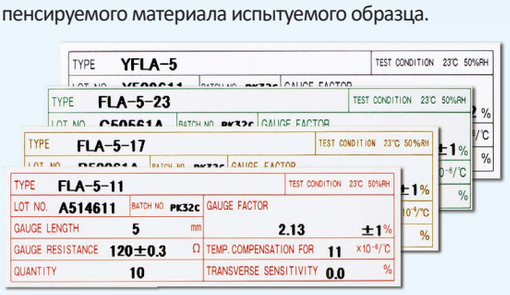
Коэффициент поперечной чувствительности
Чувствительность в направлении, перпендикулярном осевому направлению, в процентах.

Применимая температурная компенсация
Имеются различные значения температурной компенсации (3, 5, 8, 11, 17, 23, 28, 50, 70 млн-1/°C) (Пробел означает отсутствие температурной компенсации.)

Коэффициент тензочувствительности с допуском
Этот коэффициент равен отношению изменения сопротивления к деформации, вызванной одноосным напряжением в направлении оси тензорезистора.

ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА ДЛЯ ИСПЫТУЕМОГО ОБРАЗЦА

Цвета на упаковочной этикетке зависят от термокомпенсируемого материала испытуемого образца.



Испытуемый образец	Коэффициент линейного теплового расширения	Цвет	Пример типа тензорезистора
Мягкая сталь	11 млн-1/°C	Красный	FLA-5-11
Нержавеющая сталь Медный сплав	17 млн-1/°C	Коричневый	FLA-5-17
Алюминий	23 млн-1/°C	Зеленый	FLA-5-23
Прочие	-	Серый	YFLA-5

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА УПАКОВКЕ

УПАКОВКА ТЕНЗОРЕЗИСТОРА СО ВСТРОЕННЫМ ПРОВОДОМ

LJCT : 3-проводная система

TYPE	FLAB-5-11-3LJCT-F		
LOT NO.	A518611	GAUGE LENGTH	5 mm
GAUGE FACTOR	2.13 ±1 %		
GAUGE RESISTANCE	120±0.5 Ω	QUANTITY	10
TEMP. COMPENSATION FOR	11 ×10⁻⁶/℃	TEST CONDITION	23℃ 50%RH
TRANSVERSE SENSITIVITY	−0.1 %	BATCH NO.	AA01K
LEAD WIRES	10/0.12 3W 3m		

LJB : 2-проводная система

TYPE	FLAB-5-11-5LJB-F		
LOT NO.	A518611	GAUGE LENGTH	5 mm
GAUGE FACTOR	2.13 ±1 %		
GAUGE RESISTANCE	117.7±0.3 Ω	QUANTITY	10
TEMP. COMPENSATION FOR	11 ×10⁻⁶/℃	TEST CONDITION	23℃ 50%RH
TRANSVERSE SENSITIVITY	−0.1 %	BATCH NO.	AA01K
LEAD WIRES	7/0.12 2W 5m r=0.44Ω/m		

LEADWIRES (ПРОВОДА)

Количество/диаметр жил Электропроводка Длина провода
FLAB-5-11-3LJCT-F (слева)
10/0.12 3W 3m : 10 жил, диаметр 0,12 мм, 3 провода, длина 3 метра. FLAB-5-11-5LJB-F (справа)
7/0.12 2W 5m r=0.440/m : 7 жил, диаметр 0,12 мм, 2 провода, длина 5 м, сопротивление провода на метр длины свыше 0,44 Ом

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

Для тензорезистора с предварительно подключенными проводами значение сопротивления тензорезистора не включает сопротивление провода. Для поправки коэффициента тензочувствительности на сопротивление удлиненного провода см. сопротивление на метр длины (значение r), указанное в LEAD WIRES.

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Испытуемый образец, используемый в испытании на температурный эффект

Тип тензорезистора

Номер партии

Коэффициент тензочувствительности

Клей, используемый при испытаниях

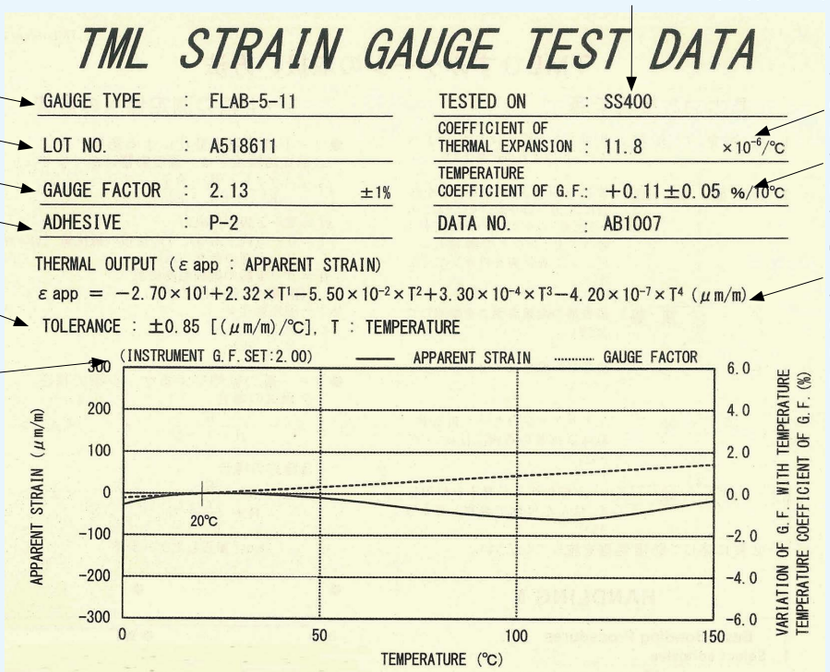
Допуск температурной компенсации

Коэффициент тензочувствительности, установленный на тензометре

Коэффициент линейного теплового расширения материала образца, используемого при температурном испытании

Температурный коэффициент тензочувствительности с допуском на 10°C

Квадратное уравнение температурного эффекта (кажущейся деформации в зависимости от температуры)



Пример кривой данных температурного эффекта

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПОДСОЕДИНЕННЫМ ПРОВОДОМ

Коэффициент тензочувствительности тензорезисторов с предварительно подсоединенным проводом, указанный в данных испытаний поставляемых тензорезисторов TML (TML STRAIN GAUGE TEST DATA), относится к самому тензорезистору и не откорректирован с учетом подсоединенного провода. См. протокол испытаний, в котором указывается поправка коэффициента тензочувствительности на подсоединенный провод.

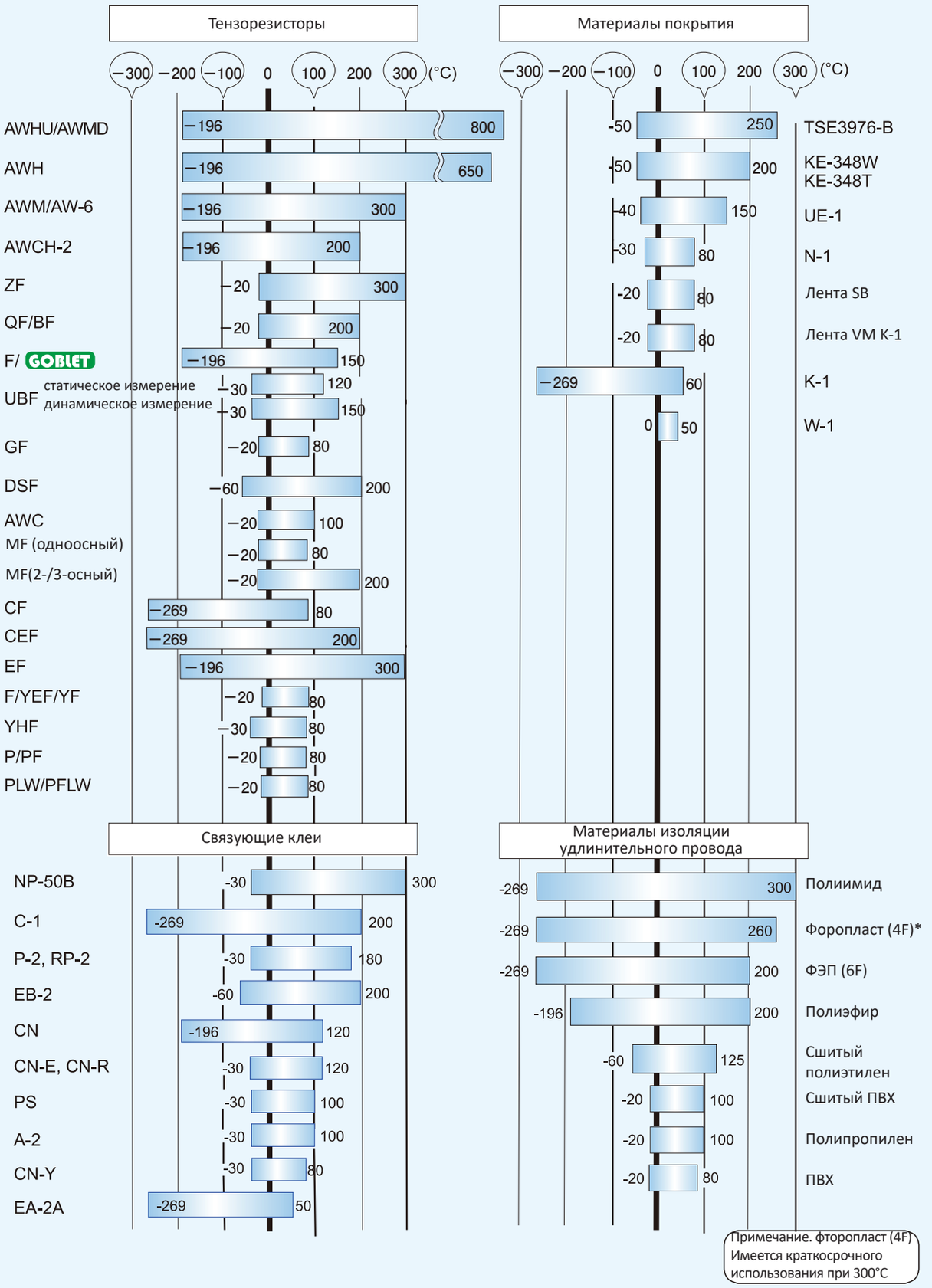
ВЫБОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Таблица выбора серии тензорезистора

Материал - Назначение	Серия тензорезисторов и рабочая температура (°C)	Связующий клей	Материалы покрытия	Рекомендуемый изолятор провода
Металл				
Общего назначения Средне высокая температура	−196 F/ GOBLET +150 −20 PF +80	CN/P-2/EB-2 CN/P-2/EB-2	Лента W-1/N-1/SB Лента W-1/N-1/SB	ПВХ, ФЭП (6F) ПВХ, эмаль
Под водой	0 WF +80	CN/P-2	Лента W-1/N-1/SB	-LDBB, -LDBTB
Общего назначения Высокая температура Высокая температура Миниатюрный, высокая Миниатюрный, высокая Широкий диапазон температур Криогенная температура	−20 QF +200 −20 ZF +300 −196 EF (одиночный) +300 −196 EF (2-/3-осный) +200 −269 CEF +200 −269 CF +80	CN/P-2/EB-2 C-1/NP-50B CN/EB-2/C-1 NP-50B EA-2A/CN/C-1	KE-348 TSE-3976-B KE-348/ TSE-3976-B K-1/KE-348	ФЭП (6F), фторопласт (4F) фторопласт (4F) ФЭП (6F), фторопласт (4F) ФЭП (6F), фторопласт (4F) ФЭП (6F), фторопласт (4F) ФЭП (6F), фторопласт (4F)
Точечная сварка	−196 AWM (четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением) +300 −196 AWMD (полный мост) для динамической +800 −196 AWH (полный мост) для статической +650 для динамической +650 −196 AWHU (полный мост) +800 −196 AW-6 (четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением) +300 −20 AWC +100 −196 AWCH +200	Точечная сварка (сварочный аппарат W-50RB)	Обращайтесь в TML	Кабель с минеральной изоляцией
Долговременный	−20 ZF +80 −196 AW-6 +80	C-1/NP-50B/EB-2 Точечная сварка	W-1 Лента SB	ПВХ/сшитый ПВХ / фторопласт (4F)
Концентрация напряжений	−196 F +150 −20 QF +200	CN/P-2/EB-2 EB-2/C-1/NP-50B	Лента N-1/SB KE-348	ПВХ ФЭП (6F)
Остаточное напряжение	−196 F +150	CN/P-2/EB-2	Лента N-1/SB	ПВХ
Усилие затяжки	−196 FCT +150 −20 QFCT +200	CN/P-2/EB-2 EB-2/C-1/NP-50B	Лента N-1/SB KE-348	ПВХ ФЭП (6F)
Деформация сдвига	−20 FLT +80 −20 QFLT +200	CN/P-2/EB-2 EB-2/C-1/NP-50B	Лента N-1/SB KE-348	ПВХ ФЭП (6F)
Односторонний тензорезистор	−10 DD +70	CN/P-2	—	ПВХ
Осевая деформация болта	−10 BTM +80	A-2/CN	—	ПВХ
Большая деформация	−20 YEF/YF +80 −30 YHF +80	CN/CN-Y	Лента SB/N-1	ПВХ
Металл или бетон				
Для магнитного поля	−20 MF +80 (одноэлементный) −20 MF (2-/3-элементный) +200	CN/CN-E/RP-2 CN/NP-50B EB-2/C-1	Лента N-1/SB KE-348	Скрученный ПВХ с экраном Скрученный ФЭП с экраном
Бетон или строительный раствор				
Поверхностная деформация	−20 P/PF +80 −20 +80 FLM/WFLM	CN-E/RP-2/PS PS	Лента N-1/SB	ПВХ ПВХ
Внутренняя деформация	−20 +60 PM/PMF	Закладной	—	ПВХ
Асфальт				
Внутренняя деформация	−20 PMFLS +60	Закладной	—	Хлоропрен
Пластмассы				
Общего назначения	−20 GF +80	CN	Лента N-1/SB	ПВХ
Композит				
Общего назначения	−20 BF +200 −30 UBF для статической +120 динамической +150	CN/NP-50B/EB-2 CN/EB-2	Лента N-1/SB / KE-348	ПВХ, ФЭП (6F)
Испытание на усталость	−60 DSF +200	CN/C-1/EB-2	—	ПВХ, ФЭП (6F)
Печатная плата				
Общего назначения	−196 EF (одноэлементный) +300 −196 EF (2-/3-элементный) +200	CN/NP-50B/EB-2	KE-348/TSE-3976-B	ПВХ, ФЭП (6F) фторопласт (4F)
Дерево, долговременный/гипс				
Общего назначения	−20 +80 PFLW/PLW/LF	PS/CN-E	Лента W-1/N-1/SB	ПВХ
Общего назначения				
Температура	−20 TF +200	CN/EB-2/NP-50B	Лента W-1/SB / KE-348	ПВХ, ФЭП (6F)

ВЫБОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Диапазон рабочей температуры (°C)



Примечание. форопласт (4F) Имеется краткосрочного использования при 300°C

ВЫБОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

M металл | G общего назначения

Фольговые тензорезисторы серии F (опция-F)

стр. 43

В этих тензорезисторах используется фольга из меднониkелевого сплава и специальные пластмассы для подложки. Пластиковая подложка показывает отличные электроизоляционные характеристики и имеет цветовое кодирование для идентификации целевого материала для температурной самокомпенсации. Кроме тензорезисторов общего назначения имеются тензорезисторы различных других типов. В этой серии имеются тензорезистооры с безсвинцовым припоем с кодом опции -F. Необходимо учитывать, что наработка до усталостного разрушения тензорезистора с этой опцией может сокращаться из-за безсвинцового припоя. В следующей таблице значение для этой опции не указано.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-196~ +150°C	+10~ +100°C	CN/P-2 EB-2	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	5% (50 000)	±1500 με 1x10^6

Общего назначения стр. 43
Измерение остаточного напряжения (опция -F) стр. 46
Измерение деформации сдвига (опция -F) стр. 45
Измерение крутящего момента (опция -F) стр. 45
Стеклянные/керамические материалы (опция-F) стр. 46
Измерение концентрации напряжений (опция -F) стр. 48

Фольговые тензорезисторы серии F с маркировкой CE

GOBLET

стр. 48

К линейке серии F добавлены тензорезисторы, соответствующие Директиве RoHS2 2011/65/EU. Они поставляются с маркировкой CE в качестве стандарта. Упаковка этих тензорезисторов маркируется нашим логотипом GOBLET, который расшифровывается как “Экологически благоприятные тензорезисторы с исключительным сроком службы”.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-196~ +150°C	+10~ +100°C	CN/P-2 EB-2	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	5% (50 000)	±1500 με 1x10^6

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ

M металл

Тензорезисторы серии WF

стр. 52

Для этих тензорезисторов не требуется влагонепроницаемое покрытие, которое иногда затрудняет полевые испытания. У них имеется встроенный провод ПВХ, и вся поверхность тензорезистора и соединения с проводом покрыта эпоксидной смолой. Это покрытие прозрачное и гибкое, поэтому размещение и приклеивание не вызывает затруднений. Вскоре после простого приклеивания тензорезистора клеем CN или P-2 уже можно проводить измерения вне помещения или под водой. Кроме того, эти тензорезисторы выгодны тем, что не требуют первичного покрытия в случае многослойного покрытия.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
0~+80°C	+10~+80°C	CN/P-2	Эпоксидная смола	Медно-никелевая	3% 30 000)	±1500 Mε 3x10^4

ДЛЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

C керамика | M металл

Тензорезисторы серии QF

стр. 53

Это фольговые тензорезисторы с полиимидной подложкой, демонстрирующие отличную работу при высокой температуре до 200°C. В этой серии имеются также тензорезисторы для измерения концентрации напряжений и деформации сдвига.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~ +200°C	+10~+100°C	CN/NP-50B/C-1	Полиимид	Медно-никелевая	3% 30 000)	±1500 Mε 3x10^6

ДЛЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

M металл

Тензорезисторы серии ZF

стр. 55

Эти тензорезисторы предназначены для измерений при высокой температуре до 300°C. Для решетки в них используется фольга из специального нихромового сплава, а для подложки - полиимидная смола. Благодаря своей конструкции эти тензорезисторы успешно применяются для измерения при высоких температурах.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~ +300°C	+10~+100°C	CN/NP-50B/C-1	Полиимид	Ni-Cr	5% (50 000)	±1500 με 1x10^6

ДЛЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

M металл

Тензорезисторы серии EF

стр. 56

Эти тензорезисторы предназначены для измерений при высокой температуре до 300°C. Для решетки в них используется фольга из специального нихромового сплава, а для подложки - полиимидная смола. Благодаря своей конструкции эти тензорезисторы успешно применяются для измерения при высоких температурах.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
Одноэлементный (EFLA)						
-196~ +300°C	0~+150°C	CN/EB-2 NP-50B/C-1	Полиимид	Нихром	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6
2-/3-элементный (EFCA/EFRA)						
-196~ +200°C	0~+150°C	CN/EB-2 NP-50B/C-1	Полиимид	Ni-Cr	1% (10 000)	±1500 Mε 1x10^6

ДЛЯ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

C керамика | M металл

Тензорезисторы серии CEF

стр. 56

Это тензорезисторы, в которых для подложки используется полиимидная смола, а для решетки - специальный сплав. Для них характерен широкий диапазон рабочих температур от криогенных до +200°C. Эта серия доступна только в одноосной конфигурации с базой тензорезистора 1,3 и 6 мм.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-269~ +200°C	-196~+80°C	CN/C-1 EA-2A	Полиимид	Специальный сплав	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6

ДЛЯ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

C керамика | M металл

Тензорезистор серии CF

стр. 57

Это фольговые тензорезисторы с эпоксидной подложкой, предназначенные для измерений в криогенных условиях. Доступны в одноэлементной, прямоугольной 2-элементной и прямоугольной 45° 3х-элементной конфигурациях с сопротивлением 350 Ом. Специально подобранная и прошедшая тепловую обработку решетка этих тензорезисторов обладает очень малым дрейфом при криогенной температуре по сравнению с обычными тензоре-зисторами.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-269~ +200°C	-196~+80°C	CN/C-1 EA-2A	Специальные пластмассы	Специальный сплав	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6

ВЫБОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

ПРИВАРИВАЕМОГО ТИПА

Тензорезисторы серии AW

стр. 59

M металл

Эти тензорезисторы оснащены чувствительными к деформации элементами, полностью заключенными в коррозионно-стойкие металлические трубки из нержавеющей стали или инконеля (кроме AW- 6-350). Подложки этих тензорезисторов выполнены из того же материала, а сами тензорезисторы крепят точечной сваркой к металлическим образцам с помощью специального аппарата для точечной сварки. Максимальная рабочая температура составляет 800°C для AWHU. Эти тензорезисторы пригодны для измерения при высокой температуре в неблагоприятных условиях, например, под водой или в газонаполненной атмосфере, или в течение продолжительного времени. AWC-2B и AWCH-2 подходят для 4-проводной схемы измерения с 1 тензорезистором.

AWM-8 CE Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-196~ +300°C	RT~+ 300°C (RT: комнатная температура)	SUS304 Инконель	Специальный сплав	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6

AWMD-5, AWMD-8 CE Полный мост для динамических измерений

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-196~ +800°C	Неприменимо	SUS304 Инконель	Специальный сплав	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6

AWH-4, AWH-8 CE Полный мост для статических измерений
Полный мост для динамических измерений

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
Статическое измерение -196~ +600°C Динамическое -196~ +650°C	Статическое измерение RT~+ 600°C Динамическое RT~+ 650°C	SUS321 Инконель	Специальный сплав	0,6% (6 000)	±1500 με 1x10^6

ПРИВАРИВАЕМОГО ТИПА

Тензорезисторы серии AW

стр. 62

M металл

AWHU-5, AWHU-8 CE Полный мост для статических и динамических измерений

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
Для статических/ динамических измерений -196~+800°C	RT~+ 800°C	Инконель	Специальный сплав	1% (10 000)	±1500 με 1x10^6

AW-6-350-11-4FB01LT Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-196~+300°C	+10~+100°C	SUS304	Специальная	0,5% (5 000)	±1500 με 1x10^6

AWC-2B-11-3LQSA 4-проводная схема с 1 тензорезистором

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-20~+100°C	0~+100°C	SUS304	Специальная	0,5% (5 000)	±1500 με 1x10^6

AWC-8B-11-3LTSB Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-20~+100°C	+10~+100°C	SUS304	Специальная	0,5% (5 000)	±1500 με 1x10^6

AWCH-2-11-MI2L-05LQSA 4-проводная схема с 1 тензорезистором

Рабочая температура		Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация	Подложка	Решетка		
-196~+200°C	0~+150°C	SUS304	Специальная	0,5% (5 000)	±1500 με 1x10^6

ДЛЯ БЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полиэфирные проволочные тензорезисторы серии P

CE стр. 65

C бетон M строительный раствор R камень

Это проволочные тензорезисторы с прозрачной пластиковой подложкой, пропитанной полиэфирной смолой. Имеется 3 варианта базы тензорезисторов, 60, 90 и 120 мм, поэтому они подходят для измерения деформации бетона. Поскольку подложка прозрачная, при установке легко определить место приклеивания.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	CN-E RP-2,PS	Полиэфир	Медно-никелевая проволока	2% (20 000)	±1500 MЄ 3x10^6

Фольговые полиэфирные тензорезисторы серии PF

CE стр. 65

C бетон M строительный раствор R камень

Это фольговые тензорезисторы с подложкой из полиэфирной смолы, как у серии P. Имеется 3 варианта базы тензорезисторов, 10, 20 и 30 мм, поэтому они подходят, в основном, для измерения деформации бетона и строительного раствора. Подложка прозрачная, и это облегчает монтаж.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	CN-E, PS RP-2	Полиэфир	Медно-никелевая проволока	2% (20 000)	±1500 MЄ 3x10^6

Тензорезисторы с металлической подложкой серии FLM/WFLM

CE стр. 66

C бетон M строительный раствор

У этих тензорезисторов тонкие подложки из нержавеющей стали, которые препятствуют проникновению влаги с обратной стороны. Такая конструкция обеспечивает успешное измерение деформации на бетонной поверхности. Тензорезисторы WFLM кроме подложки из нержавеющей стали имеют влагонепроницаемое покрытие и встроенный провод. Они предназначены для долговременных измерений в застывающем под водой бетоне.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	PS	SUS304	Ni-Cr	0,5% (5 000)	±1500 MЄ 3x10^6

Литой тензорезистор закладного типа серии PM

CE стр. 66

C бетон M строительный раствор

Эти тензорезисторы предназначены исключительно для измерения внутренней деформации бетона и строительного раствора во время испытания под нагрузкой. Их устанавливают в положение измерения во время укладки бетона или строительного раствора. У этих тензорезисторов чувствительный элемент для водонепроницаемости заделан в подложку, выполненную из акрилового пластика.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+60°C	Неприменимо	Закладной	Акрил	Медно-никелевая проволока	Неприменимо	Неприменимо

Литой тензорезистор закладного типа серии PMF

CE стр. 68

C бетон M строительный раствор

Эти тензорезисторы предназначены для измерения внутренней деформации бетона и строительного раствора во время испытания под нагрузкой. Их можно также использовать для кратковременного измерения поведения бетона. Их устанавливают в положение измерения во время укладки бетона или строительного раствора. Для герметизации чувствительного элемента в них используются первоклассные конструкционные пластмассы, обеспечиваю-щие отличную водонепроницаемость Имеется тип PMFL-T со встроенной функцией измерения температуры, который измеряет и деформацию, и температуру с помощью наших регистраторов данных.
*Для долговременного измерения бетонных конструкций рекомендуется использовать тензометрический датчик KM.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+60°C	Неприменимо	Закладной	Специальные пластмассы	Медно-никелевая фольга	Неприменимо	Неприменимо

ДЛЯ БЕТОННОГО МАТЕРИАЛА В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Тензометрический датчик KM

CE стр. 69

C бетон M строительный раствор

Датчики серии KM относятся к закладному типу и предназначены для измерения внутренней деформации материалов, таких как бетон и синтетическая пластмасса не только в твердом состоянии, но и в процессе отверждения. Прозрачные гибкие модули рассчитаны на минимальный параметр ок. 40 Н/мм2 и идеально подходят для измерения деформации на самых ранних этапах отверждения (кроме KM-A и KM-AT). Они полностью непроницаемы для влаги и обеспечивают исключительную стабильность при долговременных измерениях деформации. KM-100B и KM-100BT также пригодны для измерения поверхностной деформации стальных и бетонных конструкций при использовании дополнительных манжет для поверхностного монтажа. Серия KM соответствует маркировке CE, кроме KM-30 и KM-50F.

ДЛЯ АСФАЛЬТА, ЗАКЛАДНОГО ТИПА

Литые тензорезисторы для асфальта серии PMFLS

стр. 68

A асфальт

Тензорезисторы закладываются в асфальт и используются для измерения деформации во время испытания под нагружением, например, уплотнения катком. Материалом подложки служат первоклассные конструкционные пластмассы, отличающиеся высокой термоустойчивостью и водонепроницаемостью. Эти тензорезисторы выдерживают высокую температуру до 200°C во время укладки асфальта, а их диапазон рабочей температуры составляет от -20 до +60°C.

ВЫБОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+60°C	Неприменимо	Закладной	Специальные-пластмассы	Медно-никелевая	Неприменимо	Неприменимо

ДЛЯ АСФАЛЬТОВОГО ПОКРЫТИЯ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

A асфальт

Тензометрический датчик KM-HAS CE

стр. 70

Этот датчик закладывается в асфальт для измерения внутренней деформации. Он оснащен фланцами с арматурными стержнями с обоих концов для лучшего крепления к материалам асфальтового покрытия. Диапазон рабочей температуры датчика - от -20 до +180°C, а его конструкция полностью водонепроницаемая.

ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

C композит

Тензорезисторы для композита серии UBF CE

стр. 71

Это тензорезисторы, предназначенные для измерений на композитных материалах. Их решетка имеет специально разработанную форму, ослабляющую эффект повышения жесткости тензорезистором. Кроме того, благодаря разработке более упругой подложки были значительно улучшены количество повторений в циклическом испытании на воздействие температуры и характеристики ползучести по сравнению с обычными тензорезисторами.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~ +200°C	+10~+80°C	CN/NP-50B/EB-2	Полиимид	Медно-никелевая	3% (30 000)	±1500 MΕ 1x10^6

Тензорезисторы для композита серии BF CE

C керамика C композит

стр. 71

Это фольговые тензорезисторы, предназначенные для измерений на композитных материалах. Они имеют решетку специальной формы, допускающую небольшой эффект повышения жесткости тензорезистором, с отличными параметрами при измерении деформации при температуре до 200°C. Серия доступна с температурной самокомпенсацией для материала с коэффициентом теплового расширения 3,5 или 8*10-6/°C. Эту серию рекомендуется использовать для керамики, углерода и композитных материалов.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~ +200°C	+10~+80°C	CN/NP-50B/EB-2	Полиимид	Медно-никелевая	3% (30 000)	±1500 MΕ 1x10^6

ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ С НИЗКИМ МОДУЛЕМ УПРУГОСТИ

Тензорезисторы для пластмасс серии GF

P пластик

стр. 72

Эти тензорезисторы пригодны для измерений на таких материалах как пластмассы, имеющие низкий модуль упругости по сравнению с металлом. Специальная решетка ослабляет эффект повышения жесткости материала образца тензорезистором, а также ослабляет воздействие джоулева тепла на тензорезисторы. Эта серия доступна с температурной самокомпенсацией для материала с коэффициентом теплового расширения 50 или 70*10-6/°C.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	CN	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	3% (30 000)	±1500 MΕ 1x10^6

Тензорезисторы для дерева и гипса серии LF

W дерево G гипс

стр. 73

Это фольговые тензорезисторы для измерения на таких материалах с низким модулем упругости, как дерево или гипс. Специальная решетка ослабляет эффект повышения жесткости материала образца из-за тензорезистора. Их подложка выполнена из эпоксидной смолы. Эти тензорезисторы термокомпенсированы для материала с коэффициентом теплового расширения 11 *10-6/°C.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	CN-E	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	3% (30 000)	±1500 MΕ 1x10^6

ДОЛГОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тензорезисторы серий PFLW и PLW

W дерево

Эти тензорезисторы специально предназначены для долговременных измерений на дереве. Это тензорезисторы PFL или PL, задняя сторона которых выложена металлической фольгой. Металлическая фольга эффективно защищает тензорезистор от воздействия влаги, содержащейся в дереве.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	+10~+80°C	PS	Полиэфир	Медно-никелевая	2% (20 000)	±1000 MΕ 1x10^5

ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

M строительный раствор C бетон M металл

Тензорезисторы серии MF

стр. 74

Эти тензорезисторы предназначены для измерения деформации в магнитном поле. В их чувствительных элементах используется материал с низким магнитосопротивлением. Кроме того, чувствительный элемент состоит из двух идентичных решеток, одна из которых отогнута на другую. Такая конструкция делает тензорезистор менее чувствительным к воздействию переменного поля. Эти тензорезисторы оснащены скрученным предварительно подключенным проводом, который также эффективно противодействует влиянию переменного поля. 2- и 3-элементные тензорезисторы этой серии можно использовать при высоких температурах до 200°C.

Одноэлементный со скрученным проводом ПВХ длиной 1 м

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	Неприменимо	CN/CN-ERP-2	Специальные-пластмассы	Ni-Cr	1% (10 000)	±1500 MΕ 1x10^6

2- /3-элементная розетка с 3-жильным скрученными проводом с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) длиной 1 м

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~ +120°C	Неприменимо	CN/CN-E	Полиимид	Ni-Cr	1% (10 000)	±1500 MΕ 1x10^6
-20~ +200°C		NP-50B/EB-2/C-1				

ИЗМЕРЕНИЕ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Тензорезисторы для большой деформации серии YEF CE

M металл

стр. 75

Эти тензорезисторы пригодны для измерения большой деформации до 10~15%. Кроме того, они выдерживают многократную деформацию в области упругости (при уровне деформации ±1500*10-6) как обычные тензорезисторы. Но они не подходят для измерения многократной деформации в большом диапазоне.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	Неприменимо	CN/CN-Y	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	10~15% (100000~ 150000)	±1500 MΕ 5x105

Тензорезисторы для большой деформации серии YF CE

стр. 75

Эти тензорезисторы пригодны для измерения большой деформации до 15~20%. Они неприменимы для измерения многократной деформации в области модуля упругости, а также в большом диапазоне.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+80°C	Неприменимо	CN/CN-Y	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	15~20% (150 000~ 200 000)	Неприменимо

Тензорезисторы для большой деформации серии YHF CE

стр. 76

Эти тензорезисторы предназначены для измерения очень большой деформации до 30~40%. Они неприменимы для измерения многократной деформации в диапазоне модуля упругости, а также в большом диапазоне.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-30~+80°C	Неприменимо	CN/CN-Y	Специальные пластмассы	Специальный сплав	30~40% (300 000~ 400 000)	±1500 MΕ 2x10^4

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ТЕНЗОРЕЗИСТОР

Тензорезистор серии DSF CE

C композит M металл

стр. 78

Эти тензорезисторы предназначены для испытания на усталость при высоком механическом напряжении. Тензорезисторы имеют наработку до усталостного разрушения 10 миллионов раз при уровне деформации ±3000. Имеются тензорезисторы для испытания на циклическое нагружение композитных материалов.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-60~ +200°C	Неприменимо	CN/EB-2 C-1	Полиимид	Специальный сплав	1% (10 000)	±3000 MΕ 1x10^7

ИЗМЕРЕНИЕ ОДНОСТОРОННЕЙ ДЕФОРМАЦИИ

M металл

Тензорезисторы для односторонней деформации серии DD

CE стр. 78

Эти тензорезисторы предназначены для раздельного измерения деформаций изгиба и натяжения, для чего тензорезисторы просто приклеивают на одну сторону плиты или балки. При этом предполагается, что деформация на участке образца имеет линейное распределение по высоте участка, когда участок подвергается одновременному воздействию напряжений натяжения и изгиба. Эти тензорезисторы успешно используют для измерения коробчатых конструкций таких структур как мосты или сосуды, работающие под давлением, у которых невозможно установить тензорезистор на обратной стороне объекта измерения.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-10~+70°C	Неприменимо	CN, P-2	Акрил	Медно-никелевая	0,15% (1 500)	±1000 με 1x105

ДАТЧИК ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕЩИН

C бетон | M металл

Датчики для выявления трещин серии FAC

CE стр. 79

Эти датчики предназначены для измерения скорости распространения усталостных трещин в металлическом образце. Датчики прикрепляют клеем в том месте, где сделалась трещина, или где ожидается ее появление. Решетки датчиков, расположенные в ряд с интервалом 0,1 мм или 0,5 мм, по мере распространения трещины одна за другой отсоединяются. Датчики используют совместно с адаптером датчика трещин CGA-120B, а отсоединение одной решетки обнаруживается тензометром как изменение деформации приблизительно на 45 или 40* 10-6.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-30~+80°C	Неприменимо	CN, RP-2	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	Неприменимо	Неприменимо

ДАТЧИК НАПРЯЖЕНИЙ

M металл

Датчик напряжений серии SF

CE стр. 79

Эти датчики предназначены для измерения механического напряжения в образце в произвольном направлении в поле плоских напряжений. Датчики чувствительны не только в своем осевом направлении, но и в поперечном направлении, и отношение чувствительности в поперечном и осевом направлениях равно коэффициенту Пуассона материала образца. Кроме того, датчики не чувствительны к деформации сдвига. Соответственно, выходной сигнал датчика пропорционален напряжению в осевом направлении. Имеются в наличии датчики трех типов в зависимости от коэффициента Пуассона материала образца.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+200°C	+10~+100°C	CN/NP-50B/C-1	Полиимид	Медно-никелевая	Неприменимо	±1500 με 1x106

ИЗМЕРЕНИЕ ОСЕВОЙ ДЕФОРМАЦИИ БОЛТА ЗАКЛАДНОГО ТИПА

B болт

Тензорезисторы для болтов серии BTM

CE стр. 83

Эти тензорезисторы используются для измерения деформации натяжения болта. Они просто вставляются в предварительно просверленное отверстие в головке болта на связующем клее A-2 и приклеиваются. Если обычный тензорезистор невозможно установить на поверхности болта, рекомендуется использовать тензорезисторы этой серии. Для точного измерения силы натяжения проводят калибровку болта после установки тензорезисторов.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-10~+80°C	Неприменимо	A-2	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	0,5% (5 000)	Неприменимо

Тензорезисторы для болтов серии BTMC

CE стр. 83

Серию BTMC можно также применять для измерения деформации натяжения болта, потому что чувствительный элемент исполнен в виде трубки, которая легко приклеивается клеем CN при комнатной температуре. Для точного измерения силы натяжения проводят калибровку болта после установки тензорезисторов.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-10~+80°C	Неприменимо	CN	Специальные пластмассы	Медно-никелевая	0,5% (5 000)	Неприменимо

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ

стр. 81

ТензорезисторыTML используются не только для определения деформации/напряжений, но и в качестве датчиков для датчиков тензорезисторного типа. Датчик тензорезисторного типа преобразует физическую величину, например, нагрузку, давление или смещение в механическую деформацию на теле, генерирующем деформацию (упругом теле), а механическая деформация с помощью установленных на упругом теле тензорезисторов преобразуется в электрический сигнал. Мы предлагаем для датчиков тензорезисторы различных типов, обладающие высокой надежностью и стабильностью.

ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ

G общего назначения

Датчик температуры серии TF

стр. 80

Эти датчики приклеивают на поверхность образца как обычные тензорезисторы и измеряют температуру поверхности. Если использовать специальный адаптер датчика температуры (TGA-1A или TGA-1B), можно легко измерить фактическую температуру с помощью тензометра.

Рабочая температура		Связующий клей	Материалы		Предел деформации (με)	Наработка до усталостного разрушения Уровень деформации Количество циклов
Нормальная	Компенсация		Подложка	Решетка		
-20~+200°C	Неприменимо	CN/NP-50B/C-1	Полиимид	Никелевый сплав	Неприменимо	Неприменимо

ФРИКЦИОННЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

A авто | M металл

Осевой тензометрический датчик FGAH-1B

стр. 92

Это датчик для измерения осевой деформации поперечной рулевой тяги автомобиля или натяжного стержня конструкции. Поскольку в этом датчике используются фрикционные тензорезисторы, монтаж уже выполнен, и чтобы начать измерение, нужно просто сжать тягу датчиком, не отсоединяя ее. Кроме того, для прикрепления тензорезисторов к поперечной рулевой тяге не требуется ни технических навыков, ни сложных работ.

Система фрикционных датчиков крутящего момента (цифровая телеметрия) FGDH

A авто

стр. 93

Это система датчиков для измерения крутящего момента ведущего вала автомобиля. Фрикционные тензорезисторы используются как чувствительные элементы, и для их установки достаточно надеть систему на вал. Не нужно отсоединять вал, клеить и разводить провода тензорезисторов. Кроме того, поскольку в систему встроен телеметрический передатчик с батареей, измеренные данные передаются в эксклюзивный приемник беспроводным способом и выводятся в виде аналоговых сигналов. Система применима для валов с диаметром от 20 до 30 мм с использованием распорных деталей, доступных в виде опции. Для беспроводной передачи в FGDH-2A используется радиосвязь чрезвычайно малой мощности на частоте 315 МГЦ, а в FGDH-3A - усовершенствованная маломощная система радиосвязи на частоте 2,4 ГГц

Устройство контроля деформации серии FGMH

M металл

стр. 95

Обычный тензорезистор улавливает деформацию в образце через слой клея. Устройство контроля деформации FGMH улавливает деформацию с помощью силы трения, воздействующей на контактную поверхность фрикционного тензорезистора путем прижимания датчика к конструкции магнитной силой. Устройство контроля можно легко зафиксировать в нужном положении и сразу же измерить деформацию. FGMH-1B имеет стандартную компактную конструкцию малого веса. С помощью FGMH-2A можно проводить измерения в узких местах, например возле места сварки. Они предназначены для одноосных измерений. FGMH-3A представляет собой 3-элементную прямоугольную розетку 0°/45°/90°.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА. Наклеивание тензорезисторов

При наклеивании тензорезисторов для каждого варианта применения необходимо выбирать наиболее соответствующий клей. Ниже описана типовая процедура монтажа с помощью быстроотверждающегося клея CN.

1. Подготовка

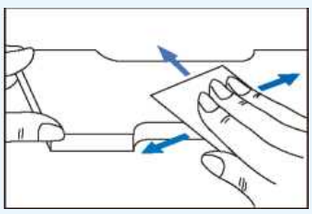
Для приклеивания и подсоединения провода требуются следующие позиции: тензорезисторы, клей, соединительные контакты, испытуемый образец, растворитель, салфетка для удаления загрязнений для промышленного использования, паяльник, припой, наждачная бумага (зернистость 120-320), маркер, линейка, пинцет, удлинительный провод, лист полиэтилена, кусачки.

2. Размещение

Приблизительно определите место на испытуемом образце, куда нужно приклеить тензорезистор.

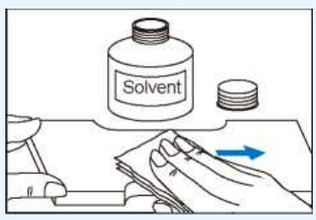
3. Подготовка поверхности

Перед наклеиванием удалите с места склеивания смазку, ржавчину, краску и т.д., чтобы получилась блестящая металлическая поверхность. С помощью наждачной бумаги равномерно и качественно зачистите область, немного большую, чем место склеивания. Обрабатывайте поверхность наждачной бумагой №120 - 180 для стали или № 240 - 320 для алюминия.



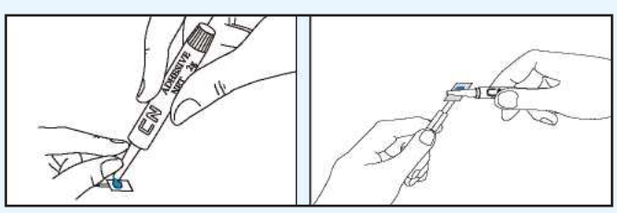
4. Тщательная очистка

Очистите зачищенную поверхность технической салфеткой или тканью, смоченной небольшим количеством химического растворителя, например, ацетона. Продолжайте очистку, пока на новой салфетке или ткани совсем не будет загрязнений. После подготовки поверхности проследите за тем, чтобы тензорезистор был прикреплен до того, как поверхность покроется слоем окисла или снова загрязнится.



5. Нанесение клея

Нанесите необходимо количество клея на заднюю сторону подложки тензорезистора. Обычно достаточно одной капли клея, но можно увеличить число капель в зависимости от размера тензорезистора. Носиком емкости с клеем размажьте клей по задней поверхности тонким равномерным слоем.

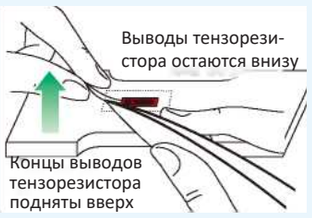


6. Отверждение и сжатие

Разместите тензорезистор на нужном месте, положите на него лист полиэтилена и непрерывно нажимайте на тензорезистор большим пальцем или зажмите зажимом. Это нужно делать быстро, поскольку клей отверждается очень быстро. Время отверждения варьирует в зависимости от тензорезистора, испытуемого образца, температуры, влажности и силы сжатия. Внормальных условиях отверждение происходит за 20-60 секунд.

7. Подъем выводов тензорезистора

Когда клей под листом полиэтилена полностью отвердится, поднимите выводы тензорезистора. Приподнимите выводы у основания тензорезистора. Припаяйте, осторожно прижимая вниз основание выводов пинцетом, чтобы не повредить их.



8. Приклеивание соединительных контактов

Приклейте контакты вплотную к подложке тензорезистора.

Соединительные контакты фольгового типа

9. Пайка выводов тензорезистора

Разместите выводы тензорезистора на контакте тензорезистора с небольшой слабиной и нанесите припой так, чтобы он покрыл металлическую фольгу контакта. Лишние выводы тензорезистора открутите пинцетом.

10. Пайка проводов

Оголенные концы жил удлинительных проводов рекомендуется предварительно залудить припоем.

Припаяйте конец провода к контактам. Следите за тем, чтобы не перегреть контакт, чтобы от него не отклеилась металлическая фольга.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА. Обертывание тензорезисторов

Гидро- и влагоизоляция лентами SB и VM

Требования к покрытию тензорезистора

- Отличная устойчивость к влаге и воде, хорошая электрическая изоляция
- Хорошая адгезия с тензорезистором, проводами и поверхностью испытуемого образца
- Отсутствие сдавливания испытуемого образца

И SB, и VM ленты являются бутилкаучуковыми изолентами, которые обычно относят к самоклеющимся материалам. Эти покрывающие ленты прижимают к испытуемому образцу, после чего они обеспечивают отличную защиту от влаги и воды.

Лента SB
Бутилкаучук
Температура : от -30 до +80°C
Размеры : 10*3 мм
в рулоне 5 м

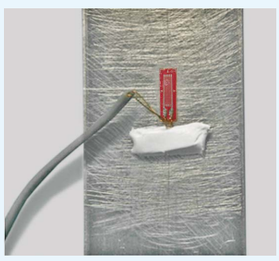
Лента VM VM
Бутилкаучук
Температура : от -20 до +80°C
Размеры : 38*1 мм
в рулоне 6 м

Пример с тензорезистором со встроенным проводом

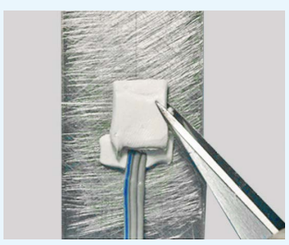
Первое покрытие лентой SB

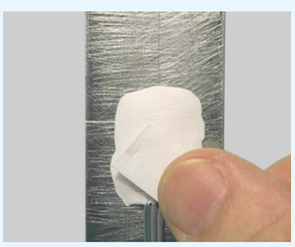
Нарезание ленты SB
Отрежьте кусачками один кусок ленты достаточной длины, чтобы покрыть необходимую область, и еще один кусок длиной 5-10 мм, чтобы подложить под провода.

Подкладывание
Приподнимите провода и прижмите меньший кусок ленты к испытуемому образцу под проводами.



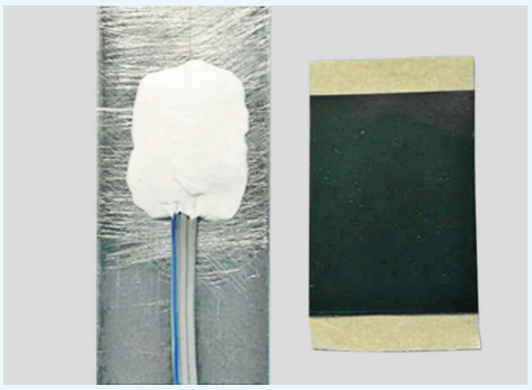
Общее покрытие
Прижмите провода к куску ленты SB, а затем обмотайте тензорезистор большим куском ленты и прижмите ее.





Окончательное покрытие лентой VM

Отрежьте кусок ленты VM, чуть больший, чем слой покрытия ленты SB, и прижмите его так, чтобы первое покрытие было полностью закрыто лентой VM.



УДЛИНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Тензорезисторы подключаются к приборам, измеряющим деформацию, с помощью удлинительных проводов. Мы предлагаем на выбор провода различных типов для разных условий применения. Кроме того, большинство тензорезисторов TML отпускаются с предварительно подсоединенными на нашем заводе удлинительными проводами. Такие тензорезисторы со встроенными проводами сильно сокращают объем работы по подключению проводов при установке тензорезистора. За удлинительными проводами и тензорезисторами со встроенными проводами просим обращаться в TML или к местному представителю.

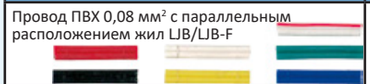
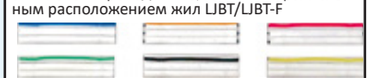
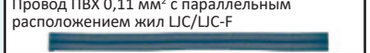
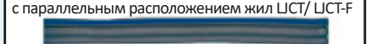
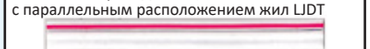
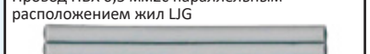
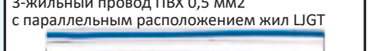
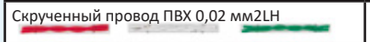
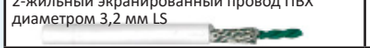
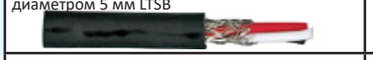
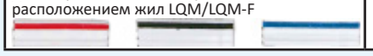
Стандартная длина провода для тензорезисторов со встроенными проводами
Стандартная длина наших встроенных проводов - 1, 3 и 5 м, кроме эмалированных проводов. Стандартная длина эмалированных проводов - 0,3, 0,5 и 1 м. По запросу предоставляются провода другой длины, отличной от стандартной. Эмалированные провода длиной больше 1 метра не отпускаются.

- **ОПЦИЯ -F** Провод с маркировкой CE
  Провод с маркировкой CE (соответствует Директиве RoHS2)
  Идентификационный код “-F” добавляется к номеру типа провода.

ВЫБОР ПРОВОДА

¶ **Провода ПВХ**
Провода ПВХ широко используются с тензорезисторами и бывают разных типов. Поскольку изоляция ПВХ может быть цветной, эти провода допускают цветовое кодирование для тензорезисторных розеток. Многожильные провода гибкие и удобные в работе, обеспечивают легкое соединение проводов и подключение к контактам.

- **Провода ПВХ малого диаметра (код для заказа -LH, -LHT)**
  Для этих проводов характерны тонкая ПВХ изоляция и малый диаметр жил при наружном диаметре 0,4 мм. Их используют в узких местах. Многожильные провода гибкие, с минимальной вероятностью разрыва вследствие многократного изгибания.
- **Экранированные провода ПВХ (код для заказа -LTSA, -LTSB)**
  Это 3-жильные провода с экраном из алюминиевой фольги или плетеной медной проволоки. Наружная изоляция выполнена из ПВХ. Эти провода экранируют шумы.

Номер типа провода (Код опции -F для маркировки CE)	Количество жил/ диаметр (сечение)	Допустимая температура	Общее сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Длина в рулоне	Цвета
Провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил LJB/LJB-F 	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	1,1 x 2,2 мм	200 м красный 400 м остальные	красный, белый, зеленый, черный, желтый, синий, красно-белый
3-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил LJBT/LJBT-F 				1,1 x 3,3 мм		Можно выбрать белый провод с полоской любого цвета - синего, оранжевого, красного, зеленого, черного или желтого. (*)
Скрученный провод ПВХ 0,08 мм2 LJA	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	диам. 1,6 мм	-	красный, зеленый, желтый
Скрученный 3-жильный провод ПВХ 0,08 мм² LJAT				диам. 1,9 мм		красный-зеленый-желтый, красный-зеленый-синий, красный-зеленый-белый
Провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил LJC/LJC-F 	10/0,12 (0,11 мм2)	-20~+80°C	0,32 Ом/м	1,4 x 2,8 мм	200 м	серый
3-жильный провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил LJCT/ LJCT-F 				1,4 x 4,2 мм	100 м	серый, один провод с синей полосой (*)
Провод ПВХ 0,3 мм² с параллельным расположением жил LJD	12/0,8 (0,3 мм2)	-20~+80°C	0,12 Ом/м	1,9 x 3,8 мм	200 м	серый
3-жильный провод ПВХ 0,3 мм² с параллельным расположением жил LJDT 				1,9 x 5,7 мм	100 м	белый, один провод с красной полосой (*)
Провод ПВХ 0,5 мм2с параллельным расположением жил LJG 	20/0,8 (0,5 мм2)	-20~+80°C	0,07 Ом/м	2,5 x 5,0 мм	100 м	Серый
3-жильный провод ПВХ 0,5 мм2 с параллельным расположением жил LJGT 				2,1 x 6,3 мм		белый, один провод с синей полосой (*)
Скрученный провод ПВХ 0,02 мм2LH 	5/0,07 (0,02 мм2)	-20~+100°C	1,8 Ом/м	диам. 0,8 мм	-	красный, зеленый, белый
Скрученный 3-жильный провод ПВХ 0,02 мм2LHT				диам. 1,0 мм		красный-зеленый-белый
2-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 3,2 мм LS 	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	диам. 3,2 мм	200 м	Снаружи: красный, белый или зеленый Жила: красный-черный-белый
3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 3 мм LTSA	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,1 Ом/м	диам. 3 мм	200 м	Наружная изоляция: черный Изоляция жил: красный-черный-белый
3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 5 мм LTSB 	7/0,26 (0,3 мм2)	-20~+80°C	0,1 Ом/м	диам. 5 мм	200 м	белый, один провод с красной, синей или черной полосой (*)
4-жильный полипропиленовый провод диаметром 0,08 мм2с параллельным расположением жил LQM/LQM-F 	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+100°C	0,44 Ом/м	0,9 x 4,0 мм	200 м	белый, один провод с красной полосой (*)

Примечание. * Полоской отмечен независимый провод четвертьмостовой схемы

УДЛИНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Номер типа провода (Код опции -F для маркировки CE)	Количество жил/ диаметр (сечение)	Допустимая температура	Общее сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Длина в рулоне	Цвета
4-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил LBQM/ LBQM-F	7/0,12 (0,08 мм²)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	1,0 x 4,0 мм	200 м	
3-жильный провод с параллельным расположением жил в изоляции из специального ПВХ LXT/ LXT-F	7/0,12 (0,08 мм²)	-20~+150°C	0,44 Ом/м	0,9 x 2,7 мм	200 м	красный-черный-белый

¶ Эмалированные провода

У эмалированных проводов имеется одна жила с полимерной изоляцией. Термостойкость и способы обращения сильно зависят от полимера. Благодаря малой массе и диаметру эмалированные провода используются для измерения деформации вращающихся образцов и/или для измерений в нескольких близко расположенных точках. Поскольку у эмалированных проводов одна жила, покрытая тонким слоем полимера, обращение с ними требует осторожности.

- **Полиуретановые провода**
  Полиуретановые провода облегчают постобработку, потому что изоляция снимается паяльником. Полимер непрочный, поэтому обращение с полиуретановыми проводами требует особой осторожности.
- **Полиэфирные провода**
  Полиэфирные провода крепче полиуретановых, снять изоляцию паяльником невозможно.
- **Полиимидные провода**
  Полиимидные провода прочнее полиэфирных. Для постобработки нельзя использовать паяльник.

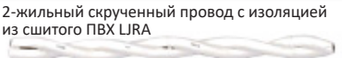
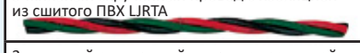
Тип провода	Количество/диаметр жил	Применимо температура	Суммарное сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Цвета
Полиуретановый провод диаметром 0,14 мм LP/LP-F	1/0,14	-10~+120°C	2,5 Ом/м	диам. 0,16 мм	красный, коричневый, зеленый
Полиуретановый провод диаметром 0,18 мм LP/LP-F	1/0,18		1,5 Ом/м	диам. 0,20 мм	
Полиэфирный провод диаметром 0,14 мм LU/LU-F	1/0,14	-196~+200°C	2,5 Ом/м	диам. 0,16 мм	Коричневый
Полиэфирный провод диаметром 0,18 мм LU/LU-F	1/0,18		1,5 Ом/м	диам. 0,20 мм	
Полиимидный провод диаметром 0,14 мм LE/LE-F	1/0,14	-269~+300°C	2,5 Ом/м	диам. 0,16 мм	Коричневый
Полиимидный провод диаметром 0,18 мм LE/LE-F	1/0,18		1,5 Ом/м	диам. 0,20 мм	

¶ Провода с изоляцией из сшитого ПВХ

Провода с изоляцией из сшитого ПВХ обеспечивают повышенную стойкость к воздействиям окружающей среды. Их часто используют для подводных измерений при обычной температуре.

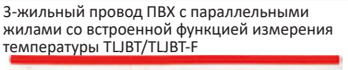
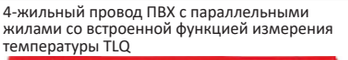
¶ Провода с изоляцией из сшитого полиэтилена

Провода с изоляцией из сшитого полиэтилена прочнее, чем провода из сшитого ПВХ. Провода с изоляцией из сшитого полиэтилена можно использовать с паром, теплой водой и бетоном, при этом изоляция практически не деградирует.

Тип провода	Количество жил/ диаметр (сечение)	Допустимая температура	Общее сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Длина в рулоне	Цвета
2-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ LJRA 	7/0,16 (0,14 мм2)	-20~+100°C	0,24 Ом/м	диам. 3,0 мм		белый
3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ LJRTA 	7/0,127 (0,09 мм2)		0,4 Ом/м	диам. 2,0 мм	200 м	красный-зеленый-черный
3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого полиэтилена LJQTA	7/0,127 (0,09 мм2)	-65~+125°C	0,4 Ом/м	диам. 2,0 мм		красный-желтый-черный красный-желтый-синий красный-желтый-белый

¶ Специальный провод для тензорезистора со встроенной функцией измерения температуры

Специальный провод для тензорезистора со встроенной функцией измерения температуры состоит из 2 медных жил и 1 константановой. Для удлинения этого провода необходим соответствующий эксклюзивный провод.

Тип провода	Количество жил/ диаметр (сечение)	Допустимая температура	Общее сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Длина в рулоне	Цвета
3-жильный провод ПВХ с параллельными жилами со встроенной функцией измерения температуры TLJBT/TLJBT-F 	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	1,2x3,6 мм		красный-белый-синий
4-жильный провод ПВХ с параллельными жилами со встроенной функцией измерения температуры TLQ 	7/0,12 (0,08 мм2)	-20~+80°C	0,44 Ом/м	1,2x4,8 мм		красный-зеленый-белый-синий
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FB_TLT	1/0,2	-269~+200°C	1,05 Ом/м	диам. 1,1 мм		красный-белый-синий

УДЛИНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

¶ Провод с изоляцией из фторированного полимера

Провода с изоляцией из фторированного полимера можно использовать в широком диапазоне температур от экстремально низких до высоких. Фторированные полимеры устойчивы к большинству химических веществ. Для 6FAS_LT(-F) обработки поверхности (раствором Tetra-Etch) не требуется.

Тип провода	Количество жил/диаметр (сечение)	Допустимая температура	Общее сопротивление провода	Наружные размеры с изоляцией	Длина в рулоне	Кодовый суффикс провода	Цвета
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FA LT/6FA LT-F	7/0,18 (0,18 мм2)	-269~+200°C	0,2 Ом/м	диам. 2,0 мм	100 м	-6FA_LT*2	красный-зеленый-синий
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FAS LT/6FAS LT-F _	7/0,18 (0,18 мм2)	-269~+200°C	0,2 Ом/м	диам. 2,0 мм	100 м	-6FAS_LT	красный-зеленый-синий
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FB_ LT/6FB_LT-F	1/0,2 (0,09 мм2)	-269~+200°C	1,2 Ом/м	диам. 1,1 мм	-	-6FB_LT	красный-зеленый-синий
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FC LT/6FC LT-F	7/0,08 (0,04 мм2)	-269~+200°C	1,1 Ом/м	диам. 1,1 мм	-	-6FC_LT	красный-черный-белый
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FD_ LTS/6FD_LTS-F	7/0,08 (0,04 мм2)	-269~+200°C	1,1 Ом/м	диам. 1,1 мм	-	-6FD_LTS	красный-черный-белый
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласта) 4FA LT/4FA LT-F	7/0,16 (0,14 мм2)	-269 ~+260°C *3	0,24 Ом/м	диам. 1,9 мм	100 м	-4FA_LT*4	красный-серый-белый
3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласта) 4FB LT/4FB LT-F _	1/0,2	-269~+260°C	1,05 Ом/м	диам. 1,1 мм	-	-4FB_LT*4	красный-черный-белый

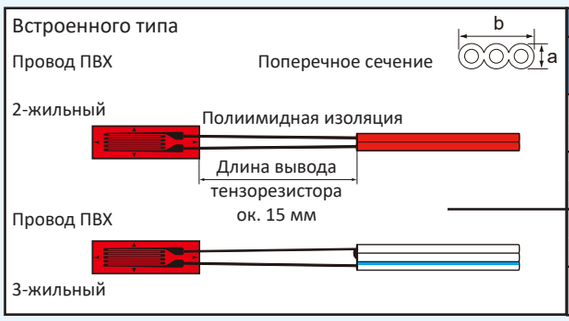
Примечание. *1 : Провода продаются по одному рулону каждый *2 : _LT отпускается необходимой длины *3 : Имеется провод с изоляцией из фторопласта для краткосрочного применения при 300°C. *4 : Провод с суффиксом LT (CT) поставляется с контактным соединением, а провод с суффиксом LT(TA) - с изоляционной пленкой

КАК ПОДСОЕДИНЯЮТСЯ ВСТРОЕННЫЕ ПРОВОДА

Для удобства пользователей большинство тензорезисторов TML отпускаются с предварительно подсоединенными удлинительными проводами. Мы используем несколько способов присоединения проводов, выбранных в зависимости от таких условий как тип тензорезистора и провода, среда измерений и т.д.

РАЗЛИЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

- **Встроенные**
  Провод ПВХ соединяется с выводами тензорезистора в полиимидной изоляции. Паяные соединения покрываются ПВХ изоляцией провода. Это наша стандартная методика подсоединения встроенных проводов.
- **Термоусадочная трубка**
  Паяное соединение выводов тензорезистора и провода защищается термоусадочной трубкой. Имеются термоусадочные трубки с тремя номинальными температурами: 80°C, 200°C и 260°C.
- **Подключение к контактам**
  Выводы тензорезистора и провода соединяются с помощью фольговых соединительных контактов. Измерения при высокой температуре возможны, если соединение выполняется высокотемпературным припоем с точкой плавления 300°C и выше.
- **Изоляция пленочного типа**
  Паяное соединение выводов тензорезистора и проводов покрывается изоляционной пленкой на стекловолоконной основе. Пленка выдерживает нагрев до 300°C, поэтому такой способ подходит для измерений при высокой температуре.
- **Непосредственное соединение**
  Провод ПВХ непосредственно соединяется с выводами тензорезистора, выполненными из никелированной меди. Паяные соединения покрывают изоляцией ПВХ провода до самого конца подложки тензорезистора.

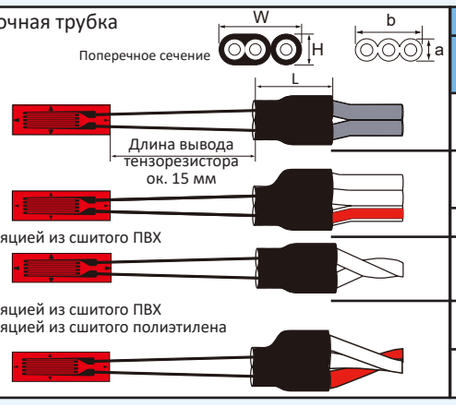


Провод				
Конструкция		Размер		Код для заказа
		a	b	
2-жильный с параллельными жилами	7/0,12	1,1	2,2	-LJB/-LJB-F
	10/0,12	1,4	2,8	-LJC/-LJC-F
2-жильный скрученный	7/0,12	0,8	-	-LJA
	5/0,07	0,4	-	-LH
3-жильный с параллельными жилами	7/0,12	1,1	3,3	-LJBT/-LJBT-F
	10/0,12	1,4	4,2	-LJCT/-LJCT-F
3-жильный скрученный	7/0,12	0,8		-LJAT

КАК ПОДСОЕДИНЯЮТСЯ ВСТРОЕННЫЕ ПРОВОДА

Термоусадочная трубка

Провод ПВХ

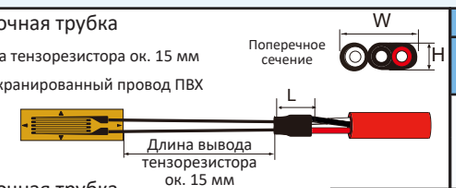


Провод: Конструкция		Размер a	Размер b	Термоусадочная трубка: Размер Фаза	Размер H	Размер W	Код для заказа
2-жильный с параллельными жилами	12/0,18	1,9	3,8	11	3	6	-LJD
	20/0,18	2,5	5,0	12	3,5	7	-LJG
3-жильный с параллельными жилами	12/0,18	1,9	5,7	11	3	7	-LJDT
	20/0,18	2,1	6,3	11	3	7	-LJGT
3-жильный скрученный	5/0,07	0,4	-	5	0,8	1,6	-LHT
Сшитый ПВХ 2-жильный скрученный	7/0,16	0,9	-	11	2	4	-LJRA
Сшитый ПВХ 3-жильный скрученный	7/0,127	0,9	-	11	2	4	-LJRTA
Сшитый полиэтилен 3-жильный скрученный	7/0,127	1,0	-	11	2	4	-LJQTA

Термоусадочная трубка

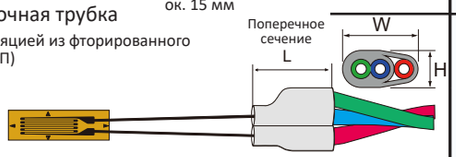
Длина вывода тензорезистора ок. 15 мм

3-жильный экранированный провод ПВХ



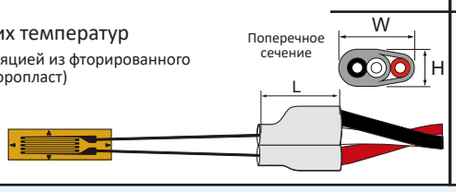
Термоусадочная трубка

Провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП)



Для высоких температур

Провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт)



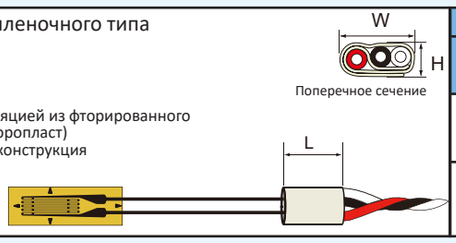
Провод: Конструкция		Размер	Термоусадочная трубка: Размер Фаза	Размер H	Размер W	Код для заказа
3-жильный скрученный	7/0,12	диам. 3,0	10	2	4	-LTSA
	7/0,26	диам. 5,0	12,5	3	6	-LTSB
ФЭП (фторированный этиленпропилен) 3-жильный скрученный	1/0,2	диам. 1,1	11	2	2	-6FB_LT
	7/0,18	диам. 2,0	11	3	4	-6FA_LT
Фторопласт (политрафторэтилен) 3-жильный скрученный	1/0,2	диам. 1,1	11	2	2	-4FB_LT
	7/0,16	диам. 1,9	11	2,5	4	-4FA_LT

Подключение через соединительные контакты

Провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт)
Специальная конструкция

Провод: Конструкция		Размер	Код для заказа
Фторопласт (политетрафторэтилен) 3-жильный скрученный	7/0,16	диам. 1,9	-4FA_LT (CT)
Фторопласт (политетрафторэтилен) 3-жильный скрученный	1/0,2	диам. 1,1	-4FA_LT (CT)

Изоляция пленочного типа



Провод: Конструкция		Размер	Пленка: Размер Фаза	Размер H	Размер W	Код для заказа
Фторопласт (политетрафторэтилен) 3-жильный скрученный	7/0,16	диам. 1,9	13	1,5	4	-4FA LT (TA)
Фторопласт (политетрафторэтилен) 3-жильный скрученный	1/0,2	диам. 1,1	13	1,5	4	-4FA LT (TA)

Непосредственное соединение

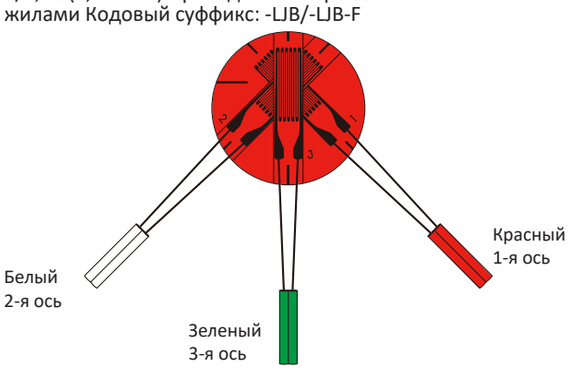
Провод: Конструкция		Размер	Код для заказа
Провод ПВХ 2-жильный скрученный	7/0,12	диам. 1,6	-LDA

Цифры в столбце "Провод - Конструкция" указывают количество жил/диаметр одной жилы в мм. Например, "7/0,12" означает "7 жил / диаметр одной жилы провода 0,12 Цифры в столбце "Провод - Конструкция" указывают количество жил/диаметр одной жилы в мм. Например, "7/0,12" означает "7 жил / диаметр одной жилы провода 0,12 мм

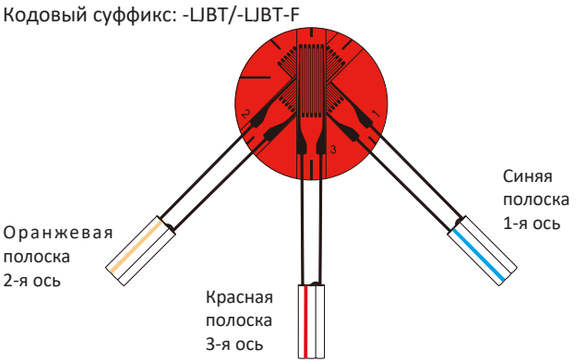
КАК ПОДСОЕДИНЯЮТСЯ ВСТРОЕННЫЕ ПРОВОДА

Цвет проводов 3-элементной тензорезистивной розетки

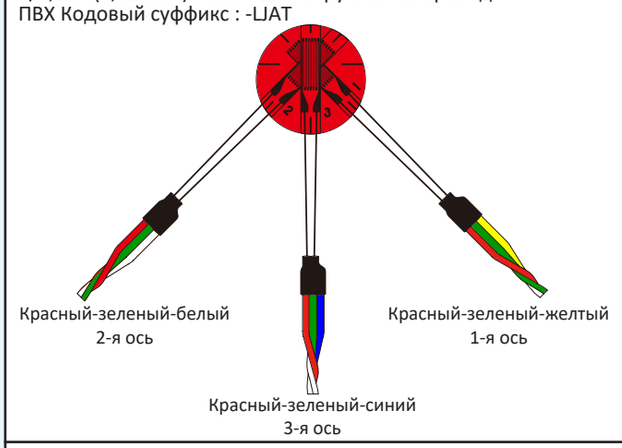
7/0,12 (0,08 мм^2) Провод ПВХ с параллельными жилами Кодовый суффикс: -LJB/-LJB-F



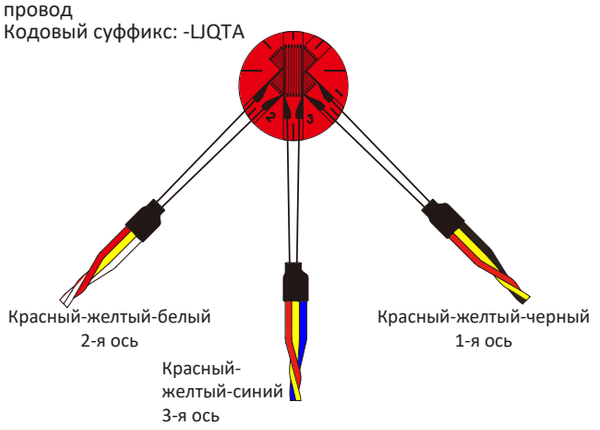
7/0,12 (0,08 мм^2) 3-жильный провод ПВХ с параллельными жилами
Кодовый суффикс: -LJBT/-LJBT-F



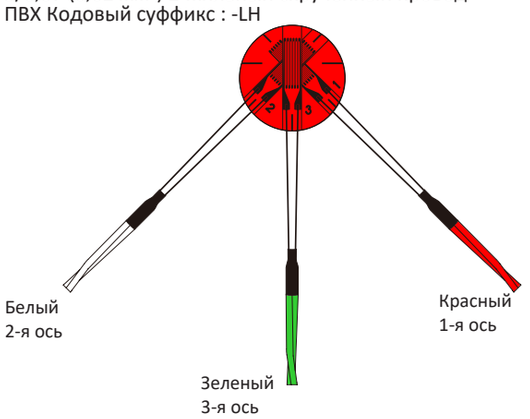
7/0,127 (0,02 мм^2) 3-жильный скрученный провод ПВХ Кодовый суффикс : -LJAT



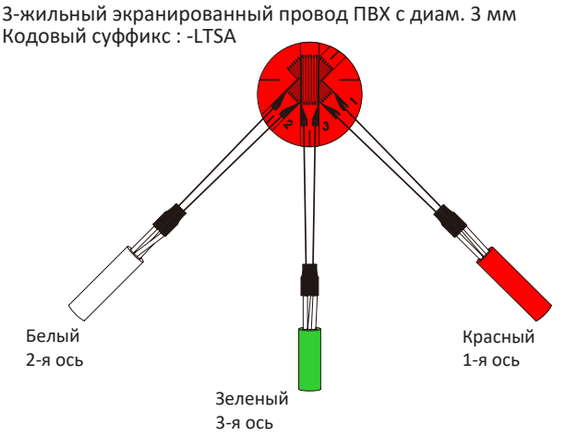
7/0,127 (0,09 мм^2) 3-жильный скрученный полиэтиленовый провод
Кодовый суффикс: -LJQTA



5/0,07 (0,02 мм^2) 2-жильный скрученный провод ПВХ Кодовый суффикс : -LH

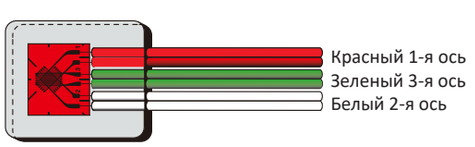


3-жильный экранированный провод ПВХ с диам. 3 мм
Кодовый суффикс : -LTSA



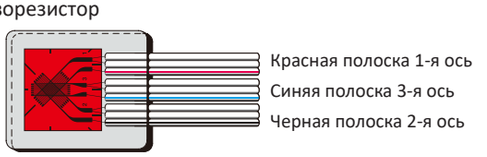
7/0,12 (0,08 мм2) Провод ПВХ с параллельными жилами Кодовый суффикс: -LDBB-F

Водонепроницаемый тензорезистор



7/0,12 (0,08 мм2) 3-жильный провод ПВХ с параллельными жилами
Кодовый суффикс : -LDBTB-F

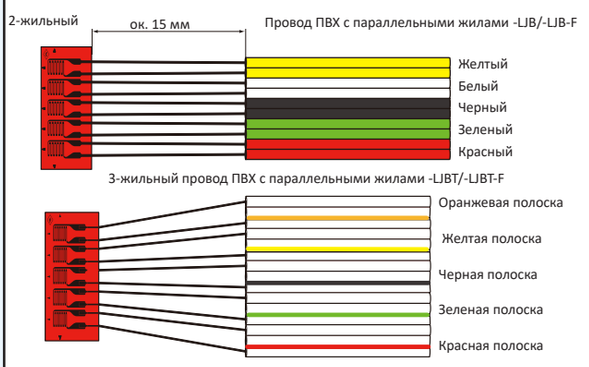
Водонепроницаемый тензорезистор



КАК ПОДСОЕДИНЯЮТСЯ ВСТРОЕННЫЕ ПРОВОДА

Цвет изолированных проводов

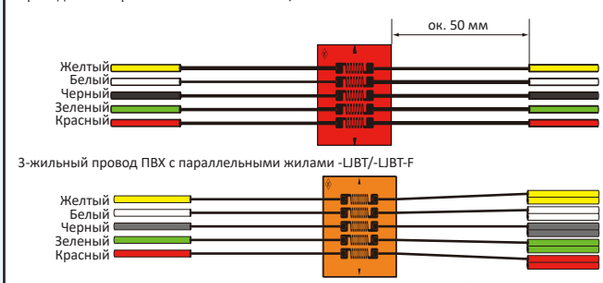
Для измерения концентрации напряжений FXV 5-элементный одноосный встроенный



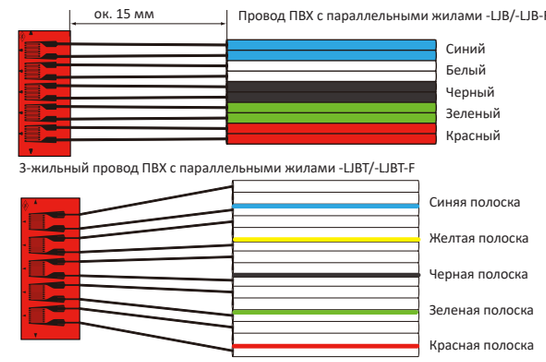
Цветными полосками маркируется независимый провод каждой оси в 3-проводной системе.

FBXV 5-элементный одноосный встроенный

Провод ПВХ с параллельными жилами -LJB/-LJB-F



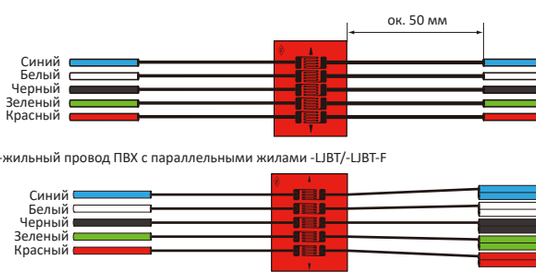
Для измерения концентрации напряжений FYV 5-элементный одноосный встроенный



Цветными полосками маркируется независимый провод каждой оси в 3-проводной системе.

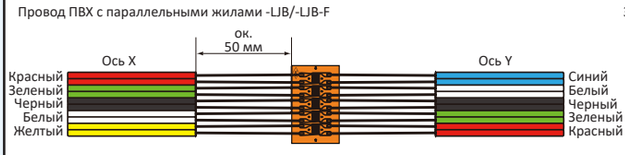
FBXV 5-элементный одноосный встроенный

Провод ПВХ с параллельными жилами -LJB/-LJB-F

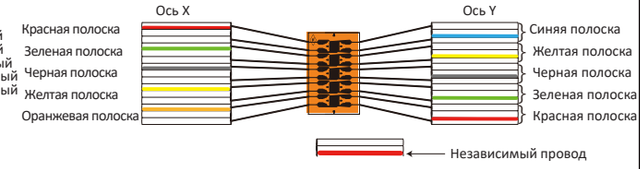


Для измерения концентрации напряжений FCV 10-элементный 2-осный взаимно интегрированный

Провод ПВХ с параллельными жилами -LJB/-LJB-F

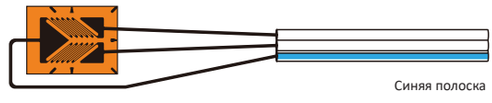


3-жильный провод ПВХ с параллельными жилами -LJBT/-LJBT-F

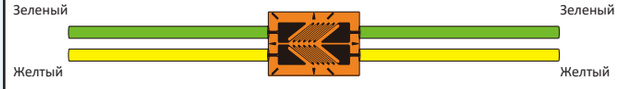


Цветными полосками маркируется независимый провод каждой оси в 3-проводной системе.

Для измерения крутящего момента (встроенного типа) LDBT



Для измерения крутящего момента (непосредственное соединение) LDA



Датчик температуры

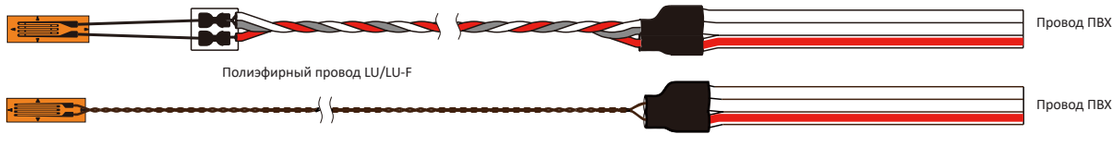
TFL (подключение через соединительные контакты) -6FB_LT

Цвет изоляции провода зависит от типа провода.

Одноэлементный тензорезистор с разными проводами

Цвет изоляции провода зависит от типа провода.

Провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт) -4FA_LT/-4FA_LT-F

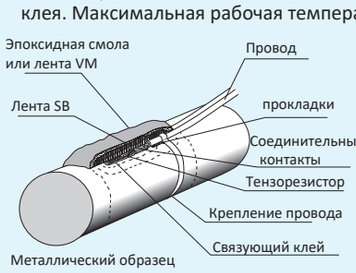


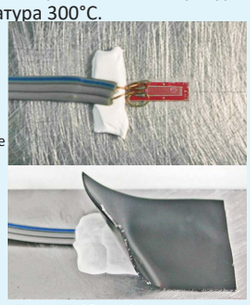
УСТАНОВКА ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Серии тензорезисторов TML можно грубо разделить на 4 типа по способу установки.

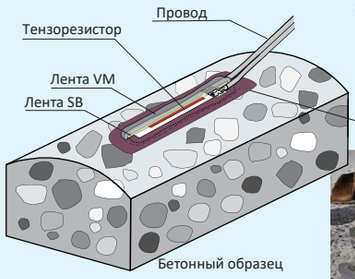
1. Приклеиваемый тип

Обычно большинство тензорезисторов устанавливают на поверхность испытуемого образца с помощью клея. Измерение возможно, только если клей прилипает к материалу образца. Этот метод можно применять с разными материалами, в том числе, с металлом, бетоном, деревом и композитными материалами. После установки необходимо нанести покрытие для защиты тензорезисторов и проводов от различных воздействий окружающей среды. Наличие тензорезисторов такого приклеиваемого типа зависит от рабочей температуры клея. Максимальная рабочая температура 300°C.





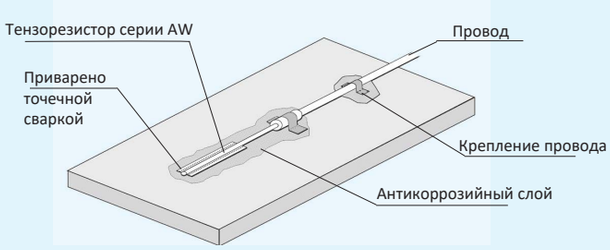
Лента SB (белая) и лента VM (черная), наложенные на бетонный образец



Слой предварительного покрытия клеем PS для долговременного использования

2. Привариваемые точечной электросваркой

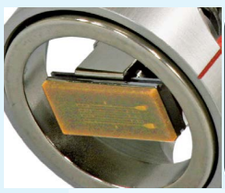
Тензорезистор этого типа полностью заключен в коррозионно-стойкую металлическую трубку для применения в различных условиях, например, в газонаполненной атмосфере и под водой. Он имеет жаростойкую конструкцию, а установка производится точечной электросваркой, олбеспечивающей отличную фиксацию даже при высокой температуре. Диапазон рабочих температур - от -196°C до +800°C. Аппарат точечной сварки W-50RB предназначен исключительно для установки тензорезисторов этого типа, и им можно пользоваться без специальной квалификации и навыков. Естественно, для точечной сварки материал образца должен быть металлическим.

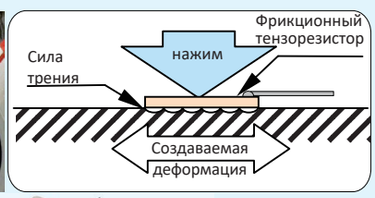


Металлический образец

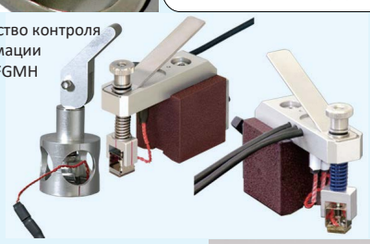
3. Тензорезисторы фрикционного типа (многоразовые)

Такой тензорезистор состоит из слоя мягкой резины на контактной поверхности и магнита, который прижимает тензорезистор к поверхности образца магнитной силой. Он измеряет деформацию с помощью трения, которое создается между контактной поверхностью тензорезистора и измеряемой поверхностью металлического образца. Он обладает преимуществом многоразового использования, потому что крепится магнитной силой без применения клея. Поскольку точку измерения можно легко перемещать, он удобен для подготовительных и дополнительных измерений. Максимальная рабочая температура 60°C из-за использования магнитной силы.





Устройство контроля деформации серии FGMH



Осевой тензометрический датчик серии FGAH

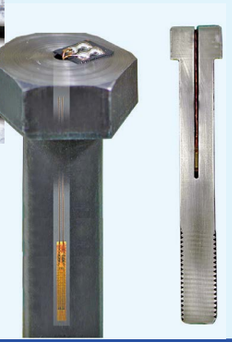
Система датчика крутящего момента серии FGDH

4. Закладной тип для измерения внутренней деформации

Представленные выше три типа тензорезисторов измеряют поверхностную деформацию испытуемых образцов. Этот тензорезистор измеряет внутреннюю деформацию в бетоне, строительном растворе или асфальте, будучи заложенным в материал до его отверждения. Измерения можно проводить уже на ранних стадиях отверждения материала. Некоторые серии этого типа можно использовать для измерения в асфальте при высокой температуре 200°C. У нас также имеется способ измерения осевой силы болта с помощью тензорезистора, заложенного в специально подготовленный для этого болт.

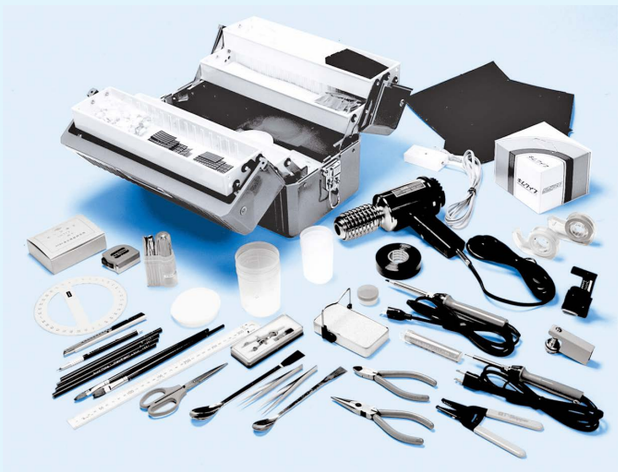
Литые тензорезисторы серий PM и PMF для бетона и строительного раствора

Тензометрические датчики KM для бетона и KM-HAS для асфальтового покрытия



Тензорезистор для болта серии BTM, установленный в болт на клее

СОПУТСТВУЮЩИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРАМ ПРОДУКТЫ



КОМПЛЕКТ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ "KIT-51

KIT-51 содержит в одном ящике все необходимые инструменты для приклеивания тензорезисторов, от подготовки поверхности до завершающей разводки проводов.

■ В нем содержатся следующие инструменты

Ящик для инструментов/ губка/ отвертка/ малярный скотч/ пинцет/ лист полиэтилена/ клещи/ припой (температура плавления 180°C) / радиозажим/ паяльная паста/ рулетка (длиной 2 метра)/ номерная табличка/ линейка из нержавеющей стали/ тонкая наждачная бумага/ корректирующая лента/ транспортир/ клещи для зачистки проводов/ очиститель жала паяльника/ соединительные контакты/ нож/ маркер / паяльник/ циркуль/ ножницы/ тонкий тампон (х/б)/ технический фен/ вилка переменного тока/лента ПВХ/ кисть для нанесения покрытия и т.д.

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML
РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML

Широкий диапазон тензорезисторов TML соответствует различным условиям измерений. Поскольку тензорезисторы обеспечивают выполнение своих функций, только будучи прикрепленными к образцам, важно выбирать наиболее соответствующие тензорезисторы, исходя из типа материала образца, рабочей температуры, среды измерений и монтажных размеров. В руководстве пользователя тензорезисторов для неопытных пользователей представлена исчерпывающая информация о тензорезисторах, охватывающая разные вопросы, от пошаговых инструкций по установке тензорезисторов до предостережений по работе с тензорезисторами. В рабочих характеристиках тензорезисторов собраны указания по технологии использования имеющихся в настоящее время тензорезисторов с учетом ограничений в обнаружении, материалов и размера испытуемого образца, влажности, величины деформации, скорости, усталости, среды и т.д.

Используемые сочетания тензорезисторов и специальных проводов

Опция -F тензорезисторов и окончание кода -F провода не содержат свинца, причем этот код добавляется к каждому основному названию тензорезистора и провода.

Тензорезисторы с маркировкой CE, GOBLET and провод с -F соответствуют марки-ровке CE.

ТИП ПРОВОДА	Провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил	3-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельным расположением жил	Скрученный провод ПВХ 0,08 мм²	Скрученный 3-жильный провод ПВХ 0,08 мм²	Провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил	3-жильный провод ПВХ 0,11 мм² с параллельным расположением жил	Провод ПВХ 0,3 мм² с параллельным расположением жил	3-жильный провод ПВХ 0,3 мм² с параллельным расположением жил	Провод ПВХ 0,5 мм² с параллельным расположением жил	3-жильный провод ПВХ 0,5 мм² с параллельным расположением жил	Скрученный провод ПВХ 0,02 мм²	Скрученный 3-жильный провод ПВХ 0,02 мм²	Скрученный провод ПВХ 0,08 мм²	Экранированный провод ПВХ диаметром 3,2 мм	3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 3 мм
Кодовый суффикс	LJB	LJBT	LJA	LJAT	LJC	LJCT	LJD	LJDT	LJG	LJGT	LH	LHT	LJAY	LS	LTSA
Окончание кода -F	-F	-F			-F	-F									
Жила/ Размеры	7/0.12	7/0.12	7/0.12	7/0.12	10/0.12	10/0.12	12/0.18	12/0.18	20/0.18	20/0.18	5/0.07	5/0.07	7/0.12	7/0.12	7/0.12
Сечение (мм²)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11	0.3	0.3	0.5	0.5	0.02	0.02	0.08	0.08	0.08
Рабочая температура в град. С	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80	-20~ +80

Серия тензорезисторов	Рабочая температура в град. С	Температурная компенсация в град. С	Цифры указывают максимальную рабочую температуру при использовании сочетания тензорезистора и специального провода.														
F	-196 ~+150	+10 ~+100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
GOBLET CE	-196 ~+150	+10 ~+100	80	80	-	-	80	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PF CE	-20 ~ +80	+10 ~+100	80	80	-	-	80	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P CE	-20 ~ +80	+10 ~+100	80	80	-	-	80	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLM	-20 ~ +80	+10 ~+100	-	80	-	80	-	80	-	80	-	80	-	80	-	-	-
MF (одиночный)	-20 ~ +80	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	80	80
(розетка)	-20 ~ +200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-
YEF CE	-20 ~ +80	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	-
YF CE	-20 ~ +80	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	-
YHF CE	-20 ~ +80	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	-
LF	-20 ~ +80	+10 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
PFLW	-20 ~ +80	+10 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
PLW	-20 ~ +80	+10 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
GF	-20 ~ +80	+10 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
BF CE	-20 ~ +200	+10 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
UBF (статический)	-30~+120	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
CE (динамический)	-30~+150	-															
DSF CE	-60 ~+200	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
CF CE	-269 ~ +80	-196 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
CEF CE	-269 ~+200	-196 ~+80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
QF CE	-20 ~+200	+10 ~+100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
ZF CE	-20 ~+300	+10 ~+100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
EF (одиночный)	-196 ~+300	+10 ~+150	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
CE (розетка)	-196 ~+200	0 ~+150	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	-	80
BTM CE	-10 ~ +80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FAC CE	-30 ~ +80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Следующие тензорезисторы рассчитаны на указанные провода. Спецификации совпадают с настоящим каталогом.

Серия WF CE — Рабочая температура 0~+80°C
Провод: LDBB-F ПВХ с параллельными жилами
LDBTB-F 3-жильный ПВХ с параллельными жилами 7/0,12(0,08 мм²)

Серия WFLM — Рабочая температура -20~+80°C
Провод: LJQTA 3-жильный скрученный из сшитого полиэтилена 2м 7/0,127(0,09 мм²)

Серия PM — Рабочая температура -20~+60°C
Провод: LJD ПВХ с параллельными жилами 2 м
LJDT 3-жильный ПВХ с параллельными жилами 2 м 12/0,18(0,3 мм²)

Серия PMF — Рабочая температура -20~+60°C
PMF со встроенной функцией измерения температуры
Провод: LJRTA 3-жильный скрученный из сшитого ПВХ 2м 7/0,127(0,09 мм²)
Провод: TLJBT 3-жильный ПВХ с параллельными жилами 7/0,12(0,08 мм²)

Серия PMFLS — Рабочая температура -20~+60°C
Провод: LTSC 4-жильный экранированный хлоропреновый 2м диаметр 6 мм

3-жильный экранированный провод ПВХ диаметром 5 мм	4-жильный полипропиленовый провод 0,08 мм2 с параллельными жилами, с модульным штекером	4-жильный провод ПВХ 0,08 мм² с параллельными жилами	3-жильный специальный провод ПВХ с параллельным расположением жил	2-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ	3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ	3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого полиэтилена	3-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил со встроенной функцией измерения температуры	4-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил со встроенной функцией измерения температуры	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) со встроенной функцией измерения температуры	Полиуретановый провод диам. 0,14 мм Полиуретановый провод диам. 0,18 мм	Полиэфирный провод диам. 0,14 мм Полиэфирный провод диам. 0,18 мм	Полиимидный провод диам. 0,14 мм Полиимидный провод диам. 0,18 мм	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП)	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) Без обработки поверхности раствором Tetra-Etch	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП)	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП)	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) диам. 1,5 мм, с экраном	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт)	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт)
LTSB	LQM	LBQM	LXT	LJRA	LJRTA	LJQTA	TLJBT	TLQ	6FB_ TLT*	LP	LU	LE	6FA_ LT*	6FAS_ LT*	6FB_ LT*	6FC_ LT*	6FD_ LTS*	4FA_ LT*	4FB_ LT*
	-F	-F	-F				-F			-F	-F	-F	-F	-F	-F	-F	-F	-F	-F
7/0.26	7/0.12	7/0.12	7/0.12	7/0.16	7/0.127	7/0.127	7/0.12	7/0.12	1/0.2	1/0.14 1/0.18	1/0.14 1/0.18	1/0.14 1/0.18	7/0.18	7/0.18	1/0.2	7/0.08	7/0.08	7/0.16	1/0.2
0.3	0.08	0.08	0.08	0.14	0.09	0.09	0.08	0.08					0.18	0.18		0.04	0.04	0.14	
-20 ~ +80	-20 ~ +100	-20 ~ +80	-20 ~ +150	-20 ~ +100	-20 ~ +100	-65 ~ +125	-20 ~ +80	-20 ~ +80	-269~ +200	-10 ~ +120	-196~ +200	-269~ +300	-269~ +200	-269 ~ +200	-269~ +200	-269~ +200	-269~ +200	-269~ +260	-269~ +200
Цифры указывают максимальную рабочую температуру при использовании сочетания тензорезистора и специального провода.																			
80	100	80	150	100	100	100	80	80	150	120	150	150	150	150	150	150	-	150	150
-	100	80	150	-	-	-	80	-	-	120	150	150	-	-	-	-	-	-	-
-	80	80	80	-	-	-	80	-	-	80	80	80	-	-	-	-	-	-	-
-	80	80	80	-	-	-	-	-	-	80	80	80	-	-	-	-	-	-	-
80	-	-	80	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	80	80	-	-	-	-	80	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	200	200	-	-	-	-	200	-	-
	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	200	200	200	200	200	-	200	200
80	100	80	120	100	100	120	80	80	120	120	120	120	120	120	120	120	-	120	120
			150			125			150		150	150	150	150	150	150	-	150	150
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	200	200	200	200	200	-	200	200
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	200	200	200	200	200	-	200	200
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	200	200	200	200	200	-	200	200
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	300	200	200	200	200	-	260	260
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	300	200	200	200	200	-	260	260
80	100	80	150	100	100	125	80	80	200	120	200	200	200	200	200	200	-	200	200
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	80	-	-	-	-	-	80	80
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	80	-	-	-	-	-	-	-

Стандартная длина этого провода - 1, 3 и 5 м. По запросу предоставляются провода другой длины, отличной от стандартной.

* : Для заказа проводов с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП и фторопласта) над нижним подчеркиванием кодового суффикса вписывают необходимую длину провода.

Пример обозначения тензорезистора со встроенным проводом

FLT-05A -11 -F -3 LJCT -F

- FLT-05A: Тензорезистор серии F (FLT: для измерения деформации сдвига)
- -11: Самотермокомпенсируемый материал (-11: Мягкая сталь Тепловое расширение 11млн-1/°C)
- -F: Опция F: безсвинцовая пайка тензорезистора
- -3: Длина провода LJCT 3: 3 м
- LJCT: 3-жильный провод ПВХ с параллельным расположением жил
- -F: Опция F: Безсвинцовая пайка провода

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия F

Диапазон рабочей температуры: −196°C — +150°C

Диапазон термокомпенсации: +10°C — +100°C

Кодовый суффикс с компенсируемым коэффициентом температурного расширения (КТР) материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея

CN	−196 ~ +120ºC
P-2	−30 ~ +150ºC
EB-2	−60 ~ +150ºC

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Форма тензорезистора | **Основной тип** | **Размер тензорезистора База Ширина** | **Подложка Длина Ширина** | Сопротивление, Ом

В этих тензорезисторах используется решетка из фольги медно-никелевого сплава и подложка из специальной пластмассы. Пластиковая подложка показывает отличные электроизоляционные характеристики и имеет цветовое кодирование для идентификации целевого материала для температурной самокомпенсации. Кроме тензорезисторов общего назначения имеются тензорезисторы различных других типов, например, "для измерения остаточного напряжения".

M металл **G** общего назначения

Пример типового обозначения

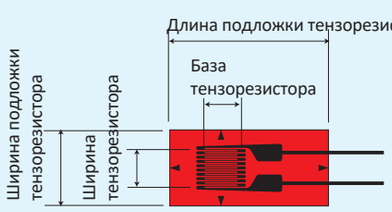
FLA-5 -350 -11 -3LJB/-3LJBT двухжильный/трехжильный)

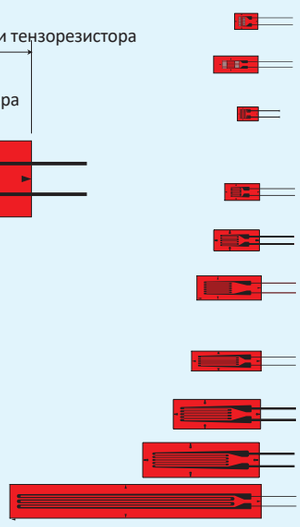
- Длина в метрах и тип встроенного провода(*1)
- Коэффициент температурной самокомпенсации(*)
- Сопротивление тензорезистора в омах (остается пустым для 120 Ом.)
- Основной тип тензорезистора и база

*1: Не указывается для тензорезисторов без провода
*2: Для тензорезисторов серии F доступны следующие номера
-11: Мягкая сталь (11 млн-1/°C)
-17: Нержавеющая сталь, медный сплав (17 млн-1/°C)
-23: Алюминий (23 млн-1/°C)

одноэлементный : FLG/FLA/FLK

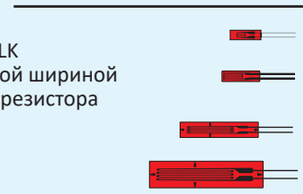
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.





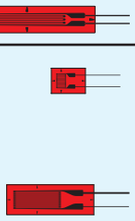
FLG-02	0.2	1.4	3.5	2.5	120
FLG-1	1	1.1	6.5	2.5	120
FLA-03	0.3	1.4	3	2	120
FLA-05	0.5	1.2	5	2.2	120
FLA-1	1	1.3	5	2.5	120
FLA-2	2	1.5	6.5	3	120
FLA-3	3	1.7	8.8	3.5	120
FLA-3-60	3	1.2	8	3	60
FLA-5	5	1.5	10	3	120
FLA-6	6	2.2	12.5	4.3	120
FLA-10	10	2.5	16.7	5	120
FLA-30	30	2	36.1	5.1	120

Тип FLK с малой шириной тензорезистора



FLK-1	1	0.7	4.5	1.4	120
FLK-2	2	0.9	5.5	1.5	120
FLK-6	6	1	11.2	2.2	120
FLK-10	10	1.6	16.2	3.8	120

Большое сопротивление тензорезистора 350 и 1000 Ом



FLA-1-350	1	2	4.6	3	350
FLA-2-350	2	1.9	6.1	3.5	350
FLA-3-350	3	3.2	7.2	3	350
FLA-5-350	5	1.8	9.4	3.8	350
FLA-6-1000	6	4.6	13.5	7	1000

−196°C Диапазон рабочей температуры +150°C

Диапазон термокомпенсации +10°C +100°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия F

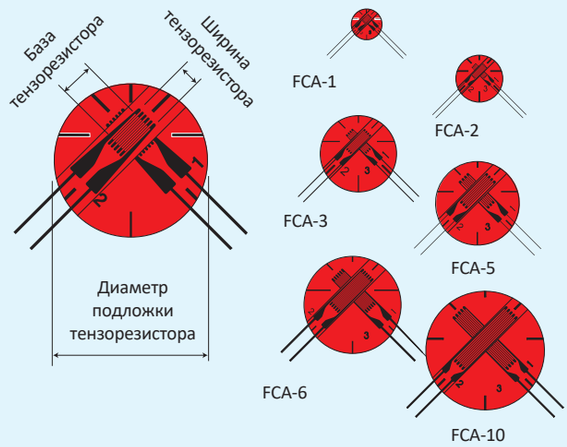
Применимые типы клея

CN	−196 ~ +120ºC
P-2	−30 ~ +150ºC
EB-2	−60 ~ +150ºC

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

M металл **G** общего назначения

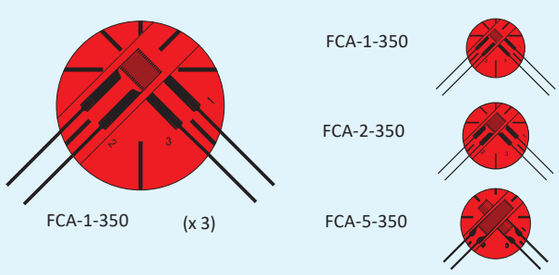
0°/90° 2-элементная розетка: FCA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
	FCA-1	1	0.7	диам. 4,5		120
	FCA-2	2	0.9	диам. 7		120
	FCA-3	3	1.7	диам. 11		120
	FCA-5	5	1.9	диам. 12		120
	FCA-6	6	2.4	диам. 14		120
	FCA-10	10	2.5	диам. 17		120

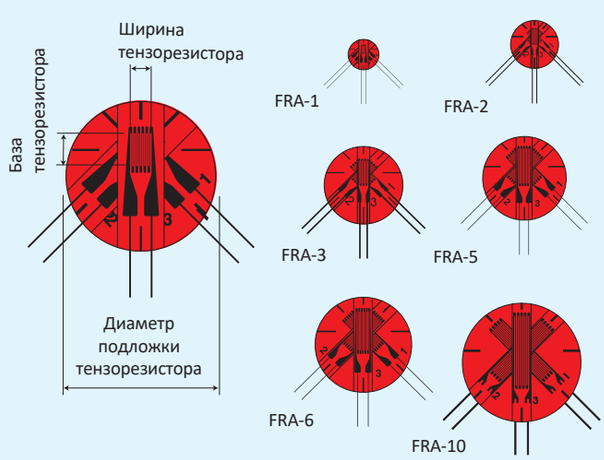
350 Ом 0°/90° 2-элементная розетка: FCA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FCA-1-350	1	1.6	ϕ 8	350
FCA-2-350	2	1.9	ϕ 9.5	350
FCA-3-350	3	2	ϕ 10	350
FCA-5-350	5	1.8	ϕ 10	350

350 Ом 0°/90° 2-элементная розетка: FCA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FRA-1	1	0.7	ϕ 4.5	120
FRA-2	2	0.9	ϕ 7	120
FRA-3	3	1.7	ϕ 11	120
FRA-5	5	1.9	ϕ 12	120
FRA-6	6	2.4	ϕ 14	120
FRA-10	10	2.5	ϕ 17	120

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия F

−196°C Диапазон рабочей температуры +150°C

Диапазон термокомпенсации +100°C

CN	−196 ~ +120ºC
P-2	−30 ~ +150ºC
EB-2	−60 ~ +150ºC

Кодовый суффикс с компенсируемым коэффициентом температурного расширения (КТР) материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного

Применимые типы клея

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом

M металл **G** общего назначения

Пример типового обозначения

FLA-5 -350 -11 -3LJB/-3LJBT (2-жильный/3-жильный)

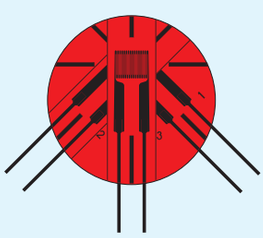
- Длина в метрах и тип встроенного провода(*1)
- Коэффициент температурной самокомпенсации(*)
- Сопротивление тензорезистора в омах (остается пустым для 120 Ом)
- Основной тип тензорезистора и база

*1 : Не указывается для тензорезисторов без провода

*2 : Для тензорезисторов серии F доступны следующие номера
-11: Мягкая сталь (11 млн-1/°C)
-17: Нержавеющая сталь, медный сплав (17 млн-1/°C)
-23: Алюминий (23 млн-1/°C)

350 Ом 0°/45°/90° 3-элементная розетка: FRA

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.



FRA-1-350 (x 3)

FRA-1-350

FRA-2-350

FRA-5-350

FRA-1-350	1	1.6	ϕ 8	350
FRA-2-350	2	1.9	ϕ 9.5	350
FRA-3-350	3	2	ϕ 10	350
FRA-5-350	5	1.8	ϕ 10	350

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом

M металл **G** общего назначения

Опция F

Этот код добавляется к основному типу для тензорезисторов с безсвинцовым припоем вместо припоя, содержащего свинец. При использовании безсвинцового припоя наработка до усталостного разрушения тензорезистора может сокращаться.

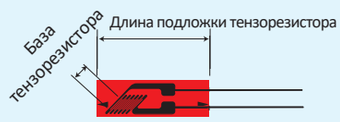
Пример типового обозначения

FLT-05A -11 -350 -F -3LJC -F

- Опция F: Безсвинцовая пайка провода
- Длина в метрах и тип встроенного провода
- Опция F: безсвинцовая пайка тензорезистора
- Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- Коэффициент температурной самокомпенсации
- Основной тип тензорезистор

Измерение деформации сдвига: FLT

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.



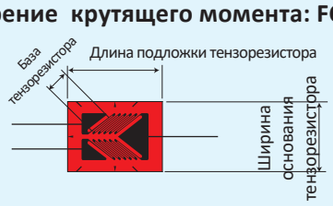
Слева 45°

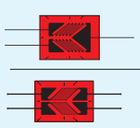
Справа 45°

FLT-05A	0.5	0.66	4	1.3	120
FLT-05B	0.5	0.66	4	1.3	120

Измерение крутящего момента: FCT

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.





FCT-2	2	1.5	8.7	6.5	120
FCT-2-350	2	1.5	7.6	5.3	350

Диапазон рабочей температуры

–196°C +150°C

Диапазон термокомпенсации

+10°C +100°C

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия F

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом

Опция F

Этот код добавляется к основному типу для тензорезисторов с безсвинцовым припоем вместо припоя, содержащего свинец. При использовании безсвинцового припоя наработка до усталостного разрушения тензорезистора может сокращаться.

Пример типового обозначения

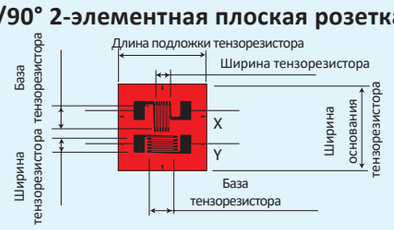
FLT-05A -11 -350 -F -3LJC -F

- Опция F: Безсвинцовая пайка провода
- Длина в метрах и тип встроенного провода
- Опция F: безсвинцовая пайка тензорезистора
- Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом
- Коэффициент температурной самокомпенсации
- Основной тип тензорезистора

M металл

G общего назначения

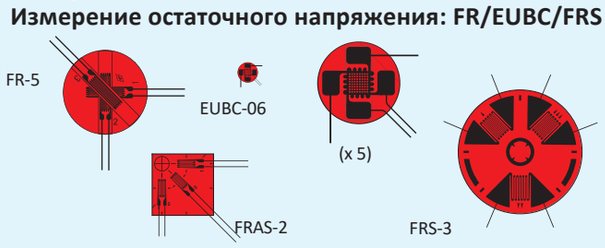
0°/90° 2-элементная плоская розетка: FCB



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FCB-2	Оси X и Y 2	1,5	8.2	8	120
FCB-6-350	Оси X и Y 6	2,0	10	13	350

Измерение остаточного напряжения: FR/EUBC/FRS



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FR-5	5	1,5	ф 12		120
EUBC-06	0,6	0,7	ф 2.4		120
FRAS-2	2	1.1	9	9	120
FRS-2	1,5	1,3	ф 9,5		120
FRS-3	3	2,6	ф 17,5		120

СТЕКЛО, КЕРАМИКА

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала -8:

Стекло, керамика

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Пример типового обозначения

FLA-5 -8 -3LJC

- Длина в метрах и тип встроенного провода
- Число температурной самокомпенсации для стекла, керамики
- Основной тип тензорезистора

G стекло

C керамика

Диапазон рабочей температуры

–196°C +150°C

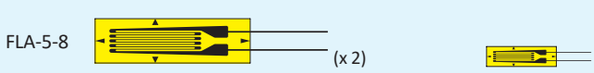
Диапазон термокомпенсации

+10°C +100°C

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

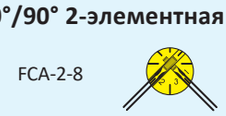
одноэлементный : FLA



В каждой упаковке содержится 10тензорезисторов.

FLA-2	2	1,5	6.5	3	120
FLA-5	5	1,5	10.0	3	120

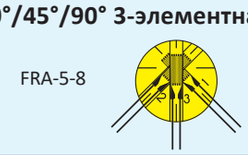
0°/90° 2-элементная розетка FCA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FCA-2	2	0.9	ф 7	120
FCA-5	5	1,9	ф 12	120

0°/45°/90° 3-элементная розетка FRA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FRA-2	2	0.9	ф 7	120
FRA-5	5	1,9	ф 12	120

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия F

–196°C Диапазон рабочей температуры +150°C

Диапазон термокомпенсации

+10°C +100°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Опция F

Этот код добавляется к основному типу для тензорезисторов с безсвинцовым припоем вместо припоя, содержащего свинец. При использовании безсвинцового припоя наработка до усталостного разрушения тензорезистора может сокращаться.

Пример типового обозначения

FXV-1-11-002LE -F -3LJC -F

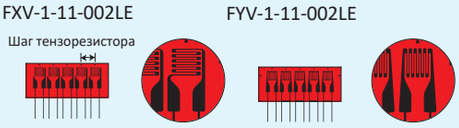
- -F: Опция F: Безсвинцовая пайка провода
- -3LJC: Длина в метрах и тип встроенного провода
- -F: Опция F: безсвинцовая пайка тензорезистора
- FXV-1-11-002LE: Основной тип тензорезистора, база тензорезистора, полиимидный провод, в том числе коэффициент температурной самокомпенсации

M металл

5-элементный одноосный: FXV/FYV/FBXV/FBYV

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FXV-1-11-002LE FYV-1-11-002LE

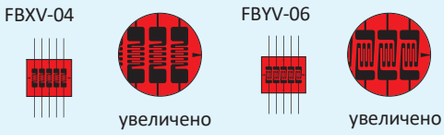


Увеличенная ось X Увеличенная ось Y

	Шаг тензорезистора	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
FXV-1-002LE	2 мм	1	1,3	5	12	120
FYV-1-002LE	2 мм	1	1,4	5	12	120

-002LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 2 см в полиимидной изоляции

FBXV-04 FBYV-06



увеличено увеличено

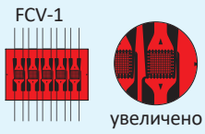
	Шаг тензорезистора	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
FBXV-04-005LE	1 мм	0,4	1,3	5,4	7,4	120
FBYV-06-005LE	1 мм	0,6	0,8	5,3	7	120

-005LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 5 см в полиимидной изоляции

10-элементный 2-осный FCV

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FCV-1



увеличено

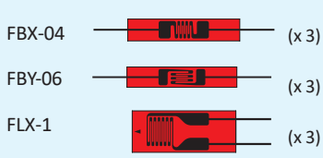
Оси X и Y
Провод оси Y имеет маркировку для идентификации.

	Шаг тензорезистора	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
FCV-1-005LE	2 мм	1	1,4	7,5	12	120

-005LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 5 см в полиимидной изоляции

Одноэлементный : FBX/FBY/FLX

Один элемент вырезан из указанного выше измерителя концентрации напряжений.



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

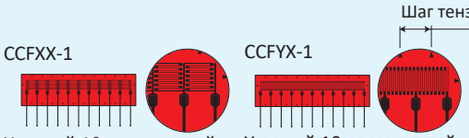
	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
FBX-04-005LE	0,4	1,3	5,4	1	120
FBY-06-005LE	0,6	0.8	5,3	1	120
FLX-1-002LE	1	1,3	5	2	120

-005LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 5 см в полиимидной изоляции

-002LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 2 см в полиимидной изоляции

Тензорезисторные цепочки CCFXX, CCFYX

CCFXX-1 CCFYX-1



X-осный 10-элементный Y-осный 10-элементный

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

	Шаг тензорезистора	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
CCFXX-1-002LE	1,5 мм	1	1,5	16,4	4,5	120
CCFYX-1-002LE	1,5 мм	1	1,5	16,4	4,5	120

-002LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 2 см в полиимидной изоляции

Эти тензорезисторы специально предназначены для применения метода полной коррекции деформации, и для измерения им требуется регистратор данных TDS-540. За подробной информацией обращайтесь в TML.

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия F

GOBLET

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Диапазон рабочей температуры: –196°C … +150°C

Диапазон термокомпенсации: +10°C … +100°C

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

К линейке серии F добавлены тензорезисторы, соответствующие Директиве RoHS2 2011/65/EU. Они поставляются с маркировкой CE в качестве стандарта. Упаковка этих тензорезисторов маркируется нашим логотипом GOBLET, который расшифровывается как “Экологически благоприятные тензорезисторы с исключительным сроком службы”.

CE

M металл

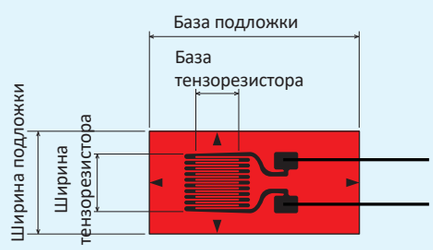
G *общего назначения

Пример типового обозначения

FLAB -5 -350 -11 -3LJB-F

- FLAB — Основной тип тензорезистора
- -5 — База тензорезистора
- -350 — Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJB-F — Провод, соответствующий CE

Одноэлементный



Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
FLGB-02	0,2	1,4	3,5	2,5	120
FLGB-1	1	1,1	6	2,5	120
FLAB-03	0,3	1.4	3	2	120
FLAB-05	0,5	1,2	4,3	2,2	120
FLAB-1	1	1,3	5	2,5	120
FLAB-2	2	1,5	6,5	3	120
FLAB-3	3	1,7	7,7	3,5	120
FLAB-3-60	3	1,2	7,7	3	60
FLAB-5	5	1,5	10	3	120
FLAB-6	6	2,2	11	4,3	120
FLAB-10	10	2,5	15,4	5	120
FLAB-30	30	2	35	5	120

Форма FLK с малой шириной тензорезистора

FLKB-1	1	0,7	4,5	1,4	120
FLKB-2	2	0,9	5,5	1,5	120
FLKB-6	6	1	11	2,2	120
FLKB-10	10	1,6	15	3,8	120

350 Ом одноэлементный

Сопротивление тензорезистора

FLAB-1-350	1	1,6	4,5	3	350
FLAB-2-350	2	1,9	6	3,5	350
FLAB-3-350	3	1,6	7,2	3	350
FLAB-5-350	5	1,8	9,4	3,8	350
FLAB-6-350	6	2,6	10,8	4,5	350
FLAB-10-350	10	3	16	5	350
FLAB-6-1000	6	4,6	11	7	1000

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия F

GOBLET

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

–196°C Диапазон рабочей температуры +150°C

Диапазон термокомпенсации +10°C +100°C

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

GENERAL USE

M металл G общего назначения

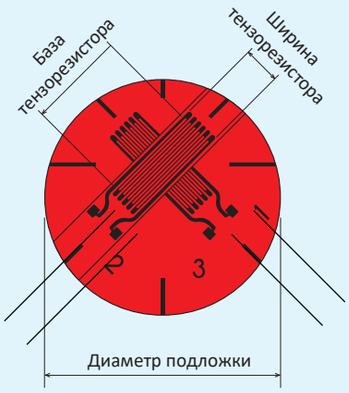
CE

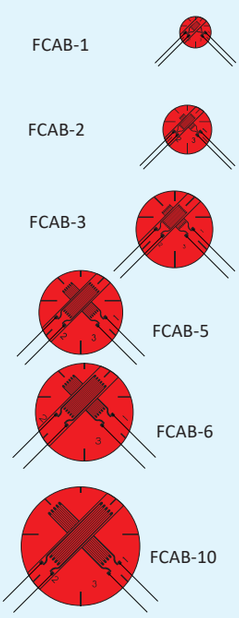
Пример типового обозначения

FCAB -5 -350 -11 -3LJB-F

- FCAB — Основной тип тензорезистора
- -5 — База тензорезистора
- -350 — Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJB-F — Провод, соответствующий CE

0°/90° 2-элементная розетка

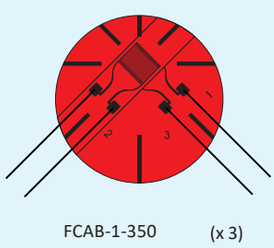




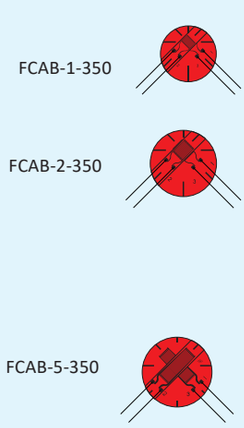
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
	FCAB-1	1	0,7	ϕ 4,5		120
	FCAB-2	2	0,9	ϕ 7		120
	FCAB-3	3	1,7	ϕ 11		120
	FCAB-5	5	1,9	ϕ 12		120
	FCAB-6	6	2,4	ϕ 14		120
	FCAB-10	10	2,5	ϕ 17		120

350 Ом 0°/90° 2-элементная розетка



FCAB-1-350 (x 3)



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
	FCAB-1-350	1	1,6	ϕ 8		350
	FCAB-2-350	2	1,9	ϕ 9,5		350
	FCAB-3-350	3	2	ϕ 10		350
	FCAB-5-350	5	1,8	ϕ 10		350

Диапазон рабочей температуры
−196°C +150°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C +100°C

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ
Серия F

GOBLET

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея

CN	−196 ~ +120ºC
P-2	−30 ~ +150ºC
EB-2	−60 ~ +150ºC

GENERAL USE

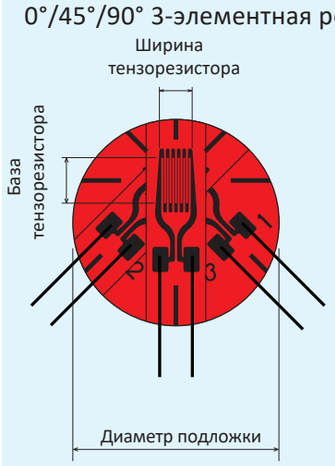
M металл **G** *общего назначения

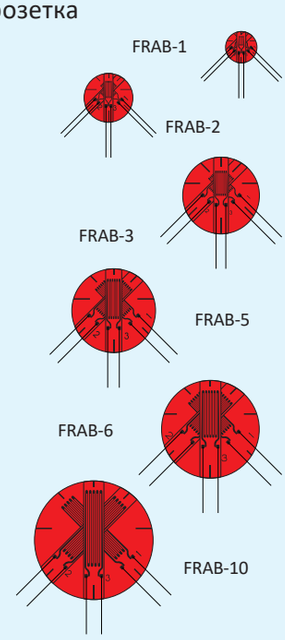
Пример типового обозначения

FRAB -5 -350 -11 -3LJB-F

- FRAB — Основной тип тензорезистора
- -5 — База тензорезистора
- -350 — Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJB-F — Провод, соответствующий CE

0°/45°/90° 3-элементная розетка

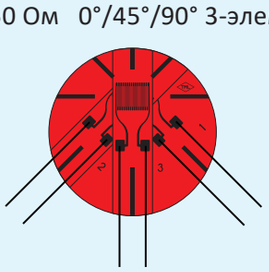




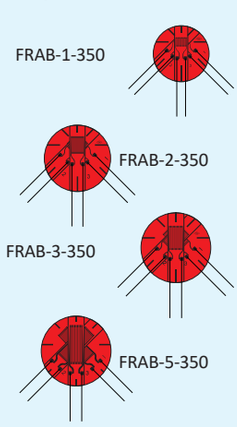
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
	FRAB-1	1	0,7	ϕ 4,5		120
	FRAB-2	2	0,9	ϕ 7		120
	FRAB-3	3	1,7	ϕ 11		120
	FRAB-5	5	1,9	ϕ 12		120
	FRAB-6	6	2,4	ϕ 14		120
	FRAB-10	10	2,5	ϕ 17		120

350 Ом 0°/45°/90° 3-элементная розетка



FRAB-1-350 (x 3)



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FRAB-1-350	1	1,6	ϕ 8		350
FRAB-2-350	2	1,9	ϕ 9,5		350
FRAB-3-350	3	2	ϕ 10		350
FRAB-5-350	5	1,8	ϕ 10		350

ФОЛЬГОВЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия F

GOBLET

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-8: Стекло, керамика
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

G стекло | C керамика

–196°C Диапазон рабочей температуры +150°C

Диапазон термокомпенсации +10°C +100°C

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
P-2	–30 ~ +150ºC
EB-2	–60 ~ +150ºC

ДЛЯ СТЕКЛА, КЕРАМИКИ

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом

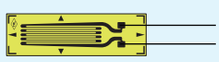
CE

Пример типового обозначения

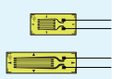
FRAB -5 -8 -3LJB-F

- FRAB — Основной тип тензорезистора
- -5 — База тензорезистора
- -8 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJB-F — Провод, соответствующий CE

Одноэлементный



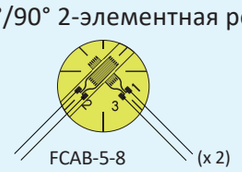
FLAB-5-8 (x 2)



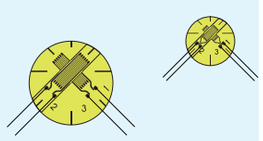
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FLAB-2-8	2	1,5	6,5	3	120
FLAB-5-8	5	1,5	10	3	120

0°/90° 2-элементная розетка



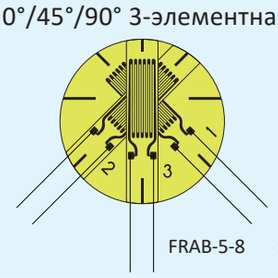
FCAB-5-8 (x 2)



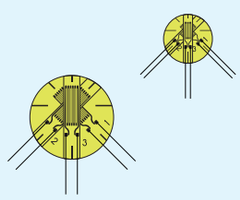
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FCAB-2-8	2	0,9	ϕ 7	120
FCAB-5-8	5	1,9	ϕ 12	120

0°/45°/90° 3-элементная розетка



FRAB-5-8 (x 2)



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

FRAB-2-8	2	0,9	ϕ 7	120
FRAB-5-8	5	1,9	ϕ 12	120

Для тензорезисторов серии F рекомендуются специальные провода

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Общего назначения (температура в течение времени измерения не меняется)	ПВХ с параллельными жилами LJB / LJB-F ПВХ с параллельными жилами LJC/LJC-F	−20 ～+80	FLA-5-11-3LJB FLA-5-11-3LJC
Общего назначения	3-жильный ПВХ с параллельными жилами LJBT/ LJBT-F 3-жильный ПВХ с параллельными жилами LJCT/ LJCT-F	−20 ～+80	FLA-5-11-3LJBT FLA-5-11-3LJCT
Средне высокая температура	3-жильный ПВХ с параллельными жилами LXT/ LXT-F	−20 ～+150	FLA-5-11-3LXT
Встроенная функция измерения температуры	3-жильный ПВХ с параллельными жилами TLJBT/ TLJBT-F	−20 ～+80	FLA-5T-11-3TLJBT
4-проводная схема с 1 тензорезистором	4-жильный полипропиленовый с параллельными жилами LQM / LQM-F	−20 ～+100	FLA-5-11-3LQM (с прикрепленным модульным штекером)

Рекомендуется для тензорезисторов GOBLET

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Общего назначения (температура в течение времени измерения не меняется)	ПВХ с параллельными жилами LJB-F ПВХ с параллельными жилами LJC-F	−20 ～+80	FLAB-5-11-3LJB-F FLAB-5-11-3LJC-F
Общего назначения	3-жильный ПВХ с параллельными жилами LJBT-F 3-жильный ПВХ с параллельными жилами LJCT-F	−20 ～+80	FLAB-5-11-3LJBT-F FLAB-5-11-3LJCT-F
Средне высокая температура	3-жильный ПВХ с параллельными жилами LXT-F	−20 ～+150	FLAB-5-11-3LXT-F
Встроенная функция измерения температуры	3-жильный ПВХ с параллельными жилами TLJBT-F	−20 ～+80	FLAB-5T-11-3TLJBT-F
4-проводная схема с 1 тензорезистором	4-жильный полипропиленовый с параллельными жилами LQM-F	−20 ～+100	FLAB-5-11-3LQM -F (с прикрепленным модульным штекером)

Примечание. Для применения с тензорезисторамиGOBLET, соответствующими CE, указывайте в заказе провод с опцией -F с безсвинцовым припоем.

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия WF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Диапазон рабочей температуры 0°C +80°C

Диапазон термокомпенсации +10°C +80°C

Применимые типы клея

CN	0 ~ +80ºC
P-2	0 ~ +80ºC
EB-2	0 ~ +80ºC

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

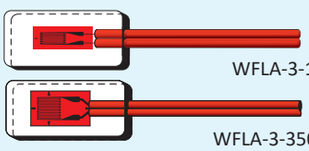
Форма тензорезистора

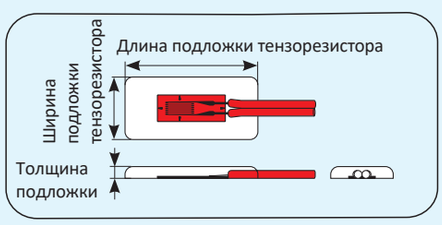
Для этих тензорезисторов не требуется влагонепроницаемое покрытие, которое иногда затрудняет полевые испытания. У них имеется встроенный провод ПВХ, и вся поверхность тензорезистора и соединения с проводом покрыта эпоксидной смолой. Это покрытие прозрачное и гибкое, поэтому размещение и приклеивание не вызывает затруднений. Вскоре после простого приклеивания тензорезистора клеем CN или P-2 уже можно проводить измерения вне помещения или под водой. Кроме того, эти тензорезисторы выгодны тем, что не требуют первичного покрытия в случае многослойного покрытия.

Одноэлементный : WFLA

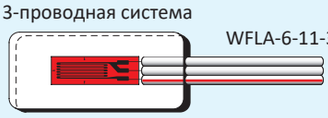
Встроенный провод ПВХ 0,08 мм2 Общее сопротивление провода на метр длины : 0,44 Ом

2-проводная система



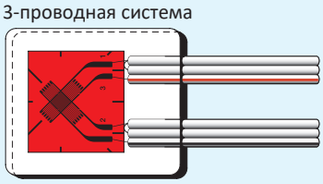


3-проводная система



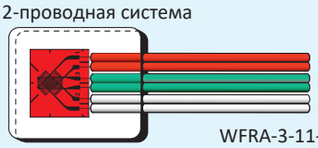
0°/90° 2-элементная розетка WFCA

3-проводная система

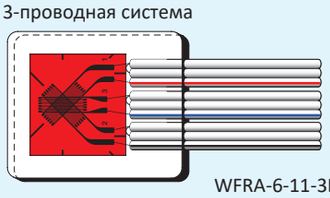


0°/45°/90° 3-элементная розетка WFRA

2-проводная система



3-проводная система



Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Толщина	Сопротивление, Ом
2-проводная система						
Одноэлементный						
WFLA-3 -LDBB-F	3	1.7	17	8	1.5	120
WFLA-3-350 вписывают длину	3	3.2	17	8	1.5	350
WFLA-6	6	2.2	25	11	1.5	120
0°/90° 2-элементная розетка						
WFCA-3 -LDBB-F	3	1.7	19	16	1.5	120
WFCA-6 вписывают длину	6	2.3	25	21	1.5	120
0°/45°/90° 3-элементная розетка						
WFRA-3 -LDBB-F	3	1.7	19	16	1.5	120
WFRA-6 вписывают длину	6	2.3	25	21	1.5	120

Минимальный заказ - от 10 тензорезисторов.

Пример типового обозначения

WFLA -3 -350 -11 -3LDBB-F

- WFLA — Основной тип тензорезистора
- -3 — База тензорезистора
- -350 — Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LDBB-F — Длина в метрах и указание на встроенный провод, соответствующий CE

3-проводная система

Четвертьмостовая 3-проводная система используется для исключения непредусмотренного влияния температурного изменения сопротивления.

Одноэлементный						
WFLA-3 -LDBTB-F	3	1.7	17.0	8	1.5	120
WFLA-6 вписывают длину	6	2.2	25.0	11	1.5	120
0°/90° 2-элементная						
WFCA-3 -LDBTB-F	3	1.7	19	16	1.5	120
WFCA-6 вписывают длину	6	2.3	25	21	1.5	120
0°/45°/90° 3-элементная розетка						
WFRA-3 -LDBTB-F	3	1.7	19	16	1.5	120
WFRA-6 вписывают длину	6	2.3	25	21	1.5	120

Минимальный заказ - от 10 тензорезисторов.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия QF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий -28: Магний
Цвет подложки не зависит от материала При заказе добавьте указанный выше кодовый суффикс к основному типу тензорезистора.

Диапазон рабочей температуры
−196°C — +200°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C — +100°C

Применимые типы клея

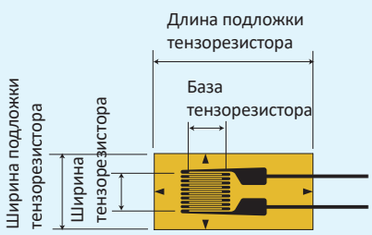
CN	–20 ~ +120ºC
NP-50B	–20 ~ +200ºC
C-1/EB-2	–20 ~ +200ºC

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ/ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА

Это фольговые тензорезисторы с полиимидной подложкой, демонстрирующие отличную работу при высокой температуре до 200°C. В этой серии имеются также тензорезисторы для измерения концентрации напряжений и деформации сдвига.

M металл C керамика

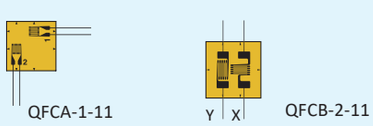
Одноэлементный : QFLG/QFLA/QFLK



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
Общего назначения	QFLG-02-11	0,2	1,4	3,5	2,5	120
	QFLA-1-11	1	1,3	5	2,5	120
	QFLA-2-11	2	1,5	6,5	3	120
	QFLA-3-11	3	1,7	8,8	3,5	120
	QFLA-5-11	5	1,5	10	3	120
	QFLA-6-11	6	2,2	12,5	4,3	120
Тип FLK с узкой подложкой тензорезистора	QFLK-1-11	1	0,7	4,5	1,4	120
	QFLK-2-11	2	0,9	5,5	1,5	120
для магния	QFLK-2-28	2	0,9	5,5	1,5	120
Высокое сопротивление тензорезистора	QFLA-1-350-11	1	2	5	4	350
	QFLA-2-350-11	2	1,9	6,1	3,5	350
	QFLA-3-350-11	3	3,2	8,5	5	350
	QFLA-6-350-11	6	2,6	12,5	4,5	350
	QFLA-6-1000-11	6	4,6	13,5	7	1000

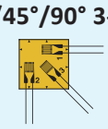
0°/90° 2-элементная плоская розетка QFCA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

QFCA-1-11	1	1,3	7,2	7,2	120
QFCA-3-11	3	1,7	11	11	120
QFCB-2-11	Оси X и Y 2	1.5	8,2	8	120

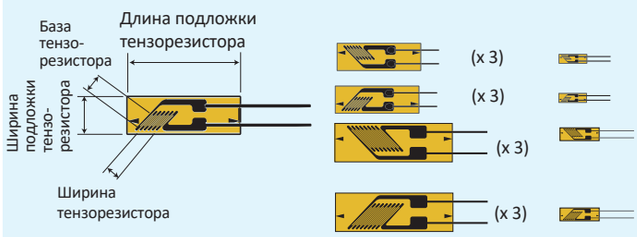
0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка QFRA



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

QFRA-1-11	1	1,3	7,2	7,2	120
QFRA-3-11	3	1,7	11	11	120

Одноэлементный
Измерение деформации сдвига



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

QFLT-05A-11-002LE	0,5	0,66	4	1,3	120
QFLT-05B-11-002LE	0,5	0,66	4	1,3	120
QFLT-1A-11-002LE	1,2	1,1	5,7	2	120
QFLT-1-350A-11-002LE	1	1,1	5,7	2	350
QFLT-1B-11-002LE	1,2	1,1	5,7	2	120
QFLT-1-350B-11-002LE	1	1,1	5,7	2	350

Примечание. -002LE: Предварительно подсоединенный полиимидный провод 2 см

Диапазон рабочей температуры
−196°C +200°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C +100°C

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия QF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий
Цвет подложки не зависит от материала При заказе
добавьте указанный выше кодовый суффикс к основному типутензорезистора.

Применимые типы клея

CN	−20 ~ +120ºC
NP-50B	−20 ~ +200ºC
C-1/EB-2	−20 ~ +200ºC

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

5-элементный одноосный: QFXV/QFYV/QFBXV/QFBYV

QFXV-1-11-002LE
Шаг тензорезистора
Ось X увеличено
QFYV-1-11-002LE
Ось Y увеличено

Шаг тензорезистора 2 мм

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
	QFXV-1-11-002LE	1	1,3	5	12	120
	QFYV-1-11-002LE	1	1,4	5	12	120

Примечание. -002LE: Предварительно подсоединенный вывод тензорезистора 2 см в полиимидной изоляции

QFBXV-04
увеличено
QFBYV-06
увеличено

Шаг тензорезистора 1 мм

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

	QFBXV-04-11-005LE	0.4	1,3	5,4	7.4	120
	QFBYV-06-11-005LE	0,6	0,8	5,3	7	120

Примечание. -005LE: Предварительно подсоединенный полиимидный провод 5 см

Одноэлементный : QFBX/QFBY/QFLX

Один элемент вырезан из указанного выше измерителя концентрации напряжений.

QFBX-04 (x 3)
QFBY-06
QFLX-1 (x 3) (x 3)

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

	QFBX-04-11-005LE	0.4	1,3	5,4	1	120
	QFBY-06-11-005LE	0,6	0,8	5,3	1	120
	QFLX-1-11-002LE	1	1,3	5	2	120

Примечание. -005LE: Предварительно подсоединенный полиимидный провод 5 см
Примечание. -002LE: Предварительно подсоединенный полиимидный провод 2 см

Измерение крутящего момента: QFCT

QFCT-2-11
QFCT-2-350-11

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

QFCT-2-11	2	1.5	8.7	6.5	120
QFCT-2-350-11	2	1.7	7.6	5.3	350

Для серии QF рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Высокотемпературные	3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FA_LT-F (Обработка поверхности раствором Tetra-Etch не требуется) 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера (ФЭП) 6FB_LT-F	-269~ +200	QFLA-1-11-6FA3LT-F QFLA-1-11-6FB3LT-F

Пример типового обозначения.

QFLA-5 -11 -3LJC-F/-3LJCT-F (2-жильный/3-жильный)

- Длина в метрах и тип встроенного провода(*1) Соответствует CE
- Номер температурной самокомпенсации (*2)
- Основной тип тензорезистора

*1: Не указывается для тензорезисторов без встроенного провода.

*2: Имеются тензорезисторы серии QF с температурной самокомпенсацией -11 (мягкая сталь с 11 млн-1/°C)

По поводу следующих номеров обращайтесь в TML или к местному представителю.
-17: Нержавеющая сталь, медный сплав (17 млн-1/°C)
-23: Алюминий (23 млн-1/°C)

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия ZF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий
Цвет подложки не зависит от материала При заказе
добавьте указанный выше кодовый суффикс к основному типу тензорезистора.

Диапазон рабочей температуры
−196°C — +300°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C — +100°C

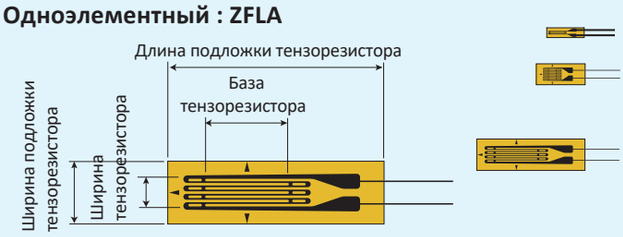
Применимые типы клея

NP-50B	−20 ~ +300ºC
C-1/EB-2	−20 ~ +200ºC
CN	−20 ~ +120ºC

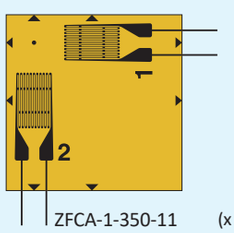
ДЛЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Эти тензорезисторы предназначены для измерений при высокой температуре до 300°C. Для решетки в них используется фольга из специального нихромового сплава, а для подложки - полиимидная смола. Благодаря своей конструкции эти тензорезисторы успешно применяются для измерения при высоких температурах.

Одноэлементный : ZFLA

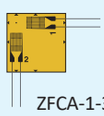


0°/90° 2-элементная розетка



ZFCA-1-350-11 (x 3)

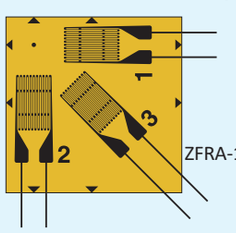
Плоская: ZFCA



ZFCA-1-350-11

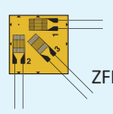
ZFCAL-1-11

0°/45°/90° 3-элементная розетка



ZFRA-1-350-11 (x 3)

Плоская: ZFRA



ZFRA-1-350-11

ZFRAL-1-11

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
	M металл / C керамика					
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.						
	ZFLK-2-11	2	0,5	5,4	1.4	120
	ZFLA-1-11	1	1,8	7	3	120
	ZFLA-3-11	3	1,8	10,5	3,5	120
	ZFLA-6-11	6	2,5	15,5	4,5	120
	ZFLA-3-60-11	3	0,7	7,7	2,6	60
	ZFLA-1-350-11	1	1,7	6,6	3,2	350
	ZFLA-3-350-11	3	3,2	10,2	5,2	350
	ZFLA-6-350-11	6	2,8	16	5,3	350
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.						
Плоского типа						
	ZFCA-1-350-11	1	1,7	8,5	8,5	350
	ZFCA-3-350-11	3	1,4	10,5	10,5	350
Стопочного типа						
	ZFCAL-1-11	1	1,1	ϕ 5.4		120
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.						
Плоского типа						
	ZFRA-1-350-11	1	1,7	8,5	8,5	350
	ZFRA-3-350-11	3	1,4	10,5	10,5	350
Стопочного типа						
	ZFRAL-1-11	1	1,1	ϕ 5,4		120

Для серии ZF рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Высокотемпературные	3-жильный скрученный ФЭП 6FA_LT-F (Обработка поверхности раствором Tetra-Etch не требуется) 3-жильный скрученный ФЭП 6FB_LT-F	-269~ +200	ZFLA-3-350-11-6FA3LT-F ZFLA-3-350-11-6FB3LT-F
	3-жильный скрученный фторопластовый 4FA_LT-F 3-жильный скрученный фторопластовый 4FB_LT-F	-269~ +260 Имеется краткосрочного применения, +300°C.	ZFLA-3-350-11-4FA3LT-F ZFLA-3-350-11-4FB3LT-F

Пример типового обозначения.

ZFLA-6 -11 4FA-3LT-F (3-жильный)

- 4FA-3LT-F: Длина в метрах и тип встроенного провода(*1) Соответствует CE
- -11: Номер температурной самокомпенсации (*2)
- ZFLA-6: Основной тип тензорезистора

*1: Не указывается для тензорезисторов без встроенного провода.

*2: Имеются тензорезисторы серии ZF с температурной самокомпенсацией -11 (мягкая сталь с 11 млн-1/°C)
По поводу следующих номеров обращайтесь в TML.
-17: Нержавеющая сталь,
медный сплав (17 млн-1/°C)

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия EF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь

M металл C керамика

Применимые типы клея

CN	–196 ~ +120ºC
EB-2	–60 ~ +200ºC
C-1	–196~ +200ºC
NP-50B	–20 ~ +300ºC

ДЛЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР, МИНИАТЮРНЫЕ

Форма тензорезистора

У этих тензорезисторов миниатюрная решетка, необходимая для измерения свойств печатных плат и монтажных деталей, которые становятся все меньше и меньше. Подложка тензорезисторов выполнена из полиимидной смолы. Максимальная рабочая температура +300°C для одноэлементных и +200°C для 2- и 3-элементных тензорезисторов. Минимальная рабочая температура для обоих типов равна -196°C.

Одноэлементный

EFLK-02-11 (x3)

EFLX-02-11 (x3)

Диапазон рабочей температуры
Диапазон термокомпенсации
Одноэлементный

0°/90° 2-элементная розетка
0°/45°/90° 3-элементная розетка

EFRA-05-11 (x3)

Диапазон рабочей температуры
Диапазон термокомпенсации
0°/90° 2-элементная розетка
0°/45°/90° 3-элементная розетка

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
–196°C … +300°C					
+10°C … +150°C					
EFLK-02-11	0.2	0.8	1.6	1.2	120
EFLX-02-11	0.2	0.8	1.8	1.2	120
–196°C … +200°C					
0°C … +150°C					
Stacked type					
EFCA-05-11-002LE	0.2	0.8	ϕ 3.8	1.2	120
EFRA-05-11-002LE	0.2	0.8	ϕ 3.8	1.2	120

Примечание. -002LE:
Предварительно подсоединенный полиимидный провод 2 см

ВЫСОКО И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия CEF

Кодовый суффикс с компенсируемым коэффициентом температурного расширения (КТР) материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий
Цвет подложки не зависит от материала. При заказе добавьте указанный выше кодовый суффикс к основному типу тензорезистора.

Диапазон рабочей температуры
–269°C … +200°C
Приблизительный диапазон термокомпенсации
–196°C … + 80°C

Применимые типы клея

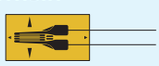
EA-2A	–269 ~ +50ºC
CN	–196 ~ +120ºC
C-1	–269 ~ +200ºC

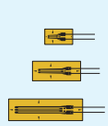
ДЛЯ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Форма тензорезистора

Это тензорезисторы, в которых для подложки используется полиимидная смола, а для решетки - специальный сплав. Для них характерен широкий диапазон рабочих температур от криогенных до +200°C. Эта серия доступна только в одноосной конфигурации с базой тензорезистора 1,3 и 6 мм

Одноэлементный


CEFLA-1 (x3)



M металл C керамика

L : база
W : ширина (единицы измерения: мм)

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
CEFLA-1	1	0,5	4	2,2	120
CEFLA-3	3	0,6	6,9	2,8	120
CEFLA-6	6	1	10,6	3,1	120

Для серии CEF рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Высокотемпературные	3-жильный скрученный ФЭП 6FA_LT-F (Обработка поверхности раствором Tetra-Etch не требуется) 3-жильный скрученный ФЭП 6FB_LT-F	-269~ +200	CEFLA-1-11-6FA3LT-F CEFLA-1-11-6FB3LT-F
	3-жильный скрученный фторопластовый 4FA_LT-F 3-жильный скрученный фторопластовый 4FB_LT-F	-269~ +260	CEFLA-1-11-4FA3LT-F CEFLA-1-11-4FB3LT-F

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ для криогенных температур серия CF

Диапазон рабочей температуры
–269°C + 80°C
Приблизительный диапазон термокомпенсации
–196°C + 80°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея

EA-2A	–269 ~ +50ºC
CN	–196 ~ +80ºC
C-1	–269 ~ +80ºC

ДЛЯ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

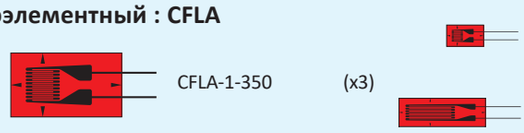
Форма тензорезистора | **Основной тип** | **Размер тензорезистора База Ширина** | **Подложка Длина Ширина** | Сопротив-ление, Ом

Это фольговые тензорезисторы с эпоксидной подложкой, предназначенные для измерений в криогенных условиях. Имеются в одноэлементной, прямоугольной 2-элементной и прямоугольной 3-элементной конфигурациях с сопротивлением 350 Ом. Специально подобранная и прошедшая тепловую обработку решетка этих тензорезисторов обладает очень малым дрейфом при криогенной температуре по сравнению с обычными тензорезисторами.

M металл C керамика

CE

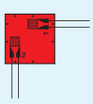
Одноэлементный : CFLA


CFLA-1-350 (x3)

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

CFLA-1-350	1	1,6	5,4	3,2	350
CFLA-3-350	3	1,7	8,8	3,5	350
CFLA-6-350	6	2,2	12,5	4,3	350

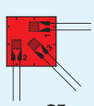
0°/90° 2-элементная плоская розетка CFCA


CFCA-1-350

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

CFCA-1-350	1	1,3	7,2	7,2	350
CFCA-3-350	3	1,7	11	11	350

0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка CFRA


CFRA-1-350

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

CFRA-1-350	1	1,3	7,2	7,2	350
CFRA-3-350	3	1,7	11	11	350

Для серии CF рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Высокотемпературные	3-жильный скрученный ФЭП 6FA_LT-F (Обработка поверхности раствором Tetra-Etch не требуется) 3-жильный скрученный ФЭП 6FB_LT-F	-269~ +200	CFLA-1-350-11-6FA3LT-F CFLA-1-350-11-6FB3LT-F
	3-жильный скрученный фторопластовый 4FA_LT-F 3-жильный скрученный фторопластовый 4FB_LT-F	-269~ +260	CFLA-1-350-11-4FA3LT-F CFLA-1-350-11-4FB3LT-F

Измерение деформации в условиях высокой или низкой температуры

В ситуациях, когда происходит нагрев или охлаждение, например, в двигателях, турбинах, атомных реакторах, химических установках и т.д., измеряют механические и тепловые напряжения в конструктивных материалах. Измерение деформации в условиях высокой или низкой температуры отличается от измерения при нормальной температуре (от комнатной до +80°C) тем, что проблему влияния температуры на чувствительность уже нельзя игнорировать, и ключевым фактором становится методика исключения или компенсации этого температурного влияния.

Измерение фактической деформации при высоких и низких температурах

Таблица сочетания материалов

Температура испытания	Высокотемпературная среда до 300°C	Высокотемпературная среда до 800°C	Криогенная температура среды до -269°C
Тензорезистор	ZF series	AWHU (привариваемый)	CF series
Связующий клей	NP-50B	Контактная сварка	EA-2A, C-1
Соединительные контакты	Не используется	-	TPF
Провод	С изоляцией из фторопласта	Кабель с минеральной изоляцией	С изоляцией ФЭП
Материалы покрытия	TSE3976-B	-	K-1

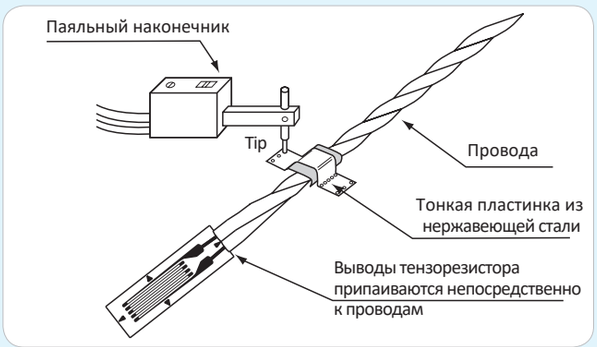
Фторопласт: политетрафторэтилен 4F
ФЭП: сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена

Соединение проводов

При температуре свыше 200°C невозможно использовать обычные соединительные контакты, приклеиваемые клеем. Выводы тензорезисторов и провода соединяют напрямую высокотемпературным припоем. В этом случае лучше всего приварить к испытуемому образцу тонкие стальные пластинки для крепления проводов. Этот же способ монтажа можно использовать и в условиях низкой температуры окружающей среды, а соединительные контакты можно использовать в качестве реле.

Приклеиваемый тензорезистор серии ZF и провода с изоляцией из фторопласта.

Измерение деформации в высокотемпературной и низкотемпературной средах



Покрытие

Материалы, гибкие при нормальной температуре, становятся жесткими и хрупкими при очень низкой температуре, и к толщине таких покрытий нужно подходить с осторожностью. K-1 - покрытие, обладающее отличной прочностью и сопротивлением отслаиванию при низкой температуре. Однако, если нанести покрытие толще, чем необходимо, оно будет сдерживать ту часть испытуемого образца, на которую установлен тензорезистор, и провести точные измерения будет невозможно. Следует заметить, что этот эффект сдерживания проявляется особенно сильно, если испытуемый образец - тонкая пластина.

Отверждение

Чтобы избежать колебания параметров в результате многократных температурных циклов, тензорезистор и клей необходимо стабилизировать. Воздействие на клей, застывающий при комнатной температуре, температурой чуть выше испытательной стабилизирует тензорезистор и клей, тем самым улучшая воспроизводимость температурного влияния на чувствительность. Для механических конструкций перед измерением деформации выполняют ряд обкаточных пробных прогонов, чтобы подвергнуть тензорезистор воздействию температуры и других нагрузок.

Корректировка измерений и причины ошибок

Влияние температуры провода

В четвертьмостовой схеме с 2-проводным подключением изменения температуры провода вызывают изменения сопротивления провода, что в свою очередь приводит к температурному влиянию на чувствительность. Для компенсации этого температурного влияния используют следующее уравнение.

$$\varepsilon = \frac{r \times L \times \alpha \times \Delta T}{K \times (R + r \times L)}$$

где
K - указанный коэффициент тензочувствительности;
R - сопротивление тензорезистора (Ом);
r - суммарное сопротивление провода на метр длины (Ом/м);
L - длина провода (м);
ε - температурное влияние провода;
α - температурный коэффициент сопротивления провода;
ΔT - изменение температуры провода (°C)

Температура провода не влияет на температурный эффект в четвертьмостовой схеме с 3-проводным подключением.

Температурный эффект (кажущаяся деформация в зависимости от температуры).

Если температура тензорезистора, установленного на испытуемый образец, изменилась, возникает температурный эффект, даже если деформация, вызванная внешней силой, отсутствует. В результате, если одновременно с изменением температуры была приложена внешняя сила, температурное влияние необходимо вычесть из показания измерительного устройства, как видно из следующего уравнения.

Уравнение $\varepsilon_C(\Delta T) = \varepsilon(\Delta T) - \varepsilon_{app}(\Delta T)$

где ΔT : изменение температуры тензорезистора;

$\varepsilon_C(\Delta T)$: показание минус температурный эффект (скорректированное значение);

$\varepsilon(\Delta T)$: показание тензометра;

$\varepsilon_{app}(\Delta T)$: температурный эффект при изменении температуры

Температурное влияние на чувствительность тензометра указывается в техническом паспорте, входящим в комплект поставки тензорезистора в виде графика и в виде квадратного уравнения (как функция темепературы). Этот температурный эффект равен значению для тензорезистора, установленного на опытный образец, указанному в техническом паспорте. Эти данные также формулируются на основании стандартной температуры 20°C и коэффициента тензочувствительности 2,00. Для проверки температурного эффекта считывают значение по графику или подставляют температуру в квадратное уравнение.

Изменение коэффициента тензочувствительности с изменением температуры

Поскольку коэффициент тензочувствительности тензорезистора также меняется с изменением температуры, его необходимо корректировать, когда это изменение велико. Изменение коэффициента тензочувствительности с изменением температуры указывается в техническом паспорте, входящем в комплект поставки тензорезистора в виде графика и в виде температурного коэффициента на 10°C. Коэффициент тензочувствительности, указанный на упаковке тензорезистора - это эталонное значение при комнатной температуре. Из уравнения для KT, представленного ниже, получают коэффициент тензочувствительности при изменении температуры, используя указанный коэффициент тензочувствительности и температурный коэффициент.

Уравнение $K_T = K \times \{ 1 + C_K \times (t - 20) / 10 \}$

Где K_T : коэффициент тензочувствительности при T°C;

K : коэффициент тензочувствительности при комнатной температуре;
Ск : температурный коэффициент коэффициента тензочувствительности (%/10 °C);
T : температура тензорезистора (°C)

Кроме того, в случае измерения при T°C с использованием нормального коэффициента тензочувствительности уравнение SG корректирует измеренное значение.

Уравнение $\varepsilon_G = \frac{K}{K_T} \times \varepsilon_T$

ε_T : показание деформации при T°C.

Если деформация измеряется, когда внешняя сила прикладывается одновременно с изменением температуры, выполняют коррекцию температурного влияния и коэффициента тензочувствительности, описанную выше. Используют следующее уравнение для коррекции показания деформации на измерительном устройстве и получают деформацию, вызванную внешней силой.

Из уравнений для $\varepsilon c(\Delta T)$ и ε_G

Уравнение $\varepsilon(\Delta T) = \{ \varepsilon_i(\Delta T) - \varepsilon_{app}(\Delta T) \} \times \frac{K}{K_T}$

где ΔT - изменение температуры тензорезистора;
ε(ΔT) - деформация, вызванная внешней силой;
εi(ΔT) - показание деформации на измерительном устройстве Sapp;
(ΔT) - температурное влияние, вызванное изменением температуры;
K - коэффициент тензочувствительности при комнатной температуре;
K_T - коэффициент тензочувствительности при T °C.

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

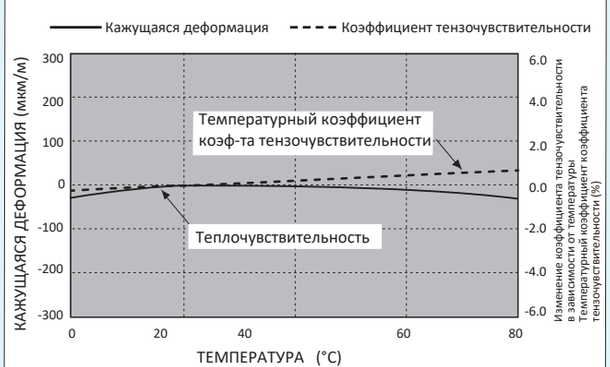
ТИП ТЕНЗОРЕЗИСТОРА	: FLA-3-11	ИСПЫТАН НА	: SS 400
№ ПАРТИИ.	: A502515	КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ	: 11,8 x10-6/°C
КОЭФ-Т ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	: 2.14	ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	:+0,1±0,05 %/10 °C
±1% КЛЕЙ	: P-2	№ ДАННЫХ	: A0312

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВЛИЯНИЕ (ε app: КАЖУЩАЯСЯ ДЕФОРМАЦИЯ))

ε app = $-2.94 \times 10^{1} + 2.32 \times T^{1} - 4.60 \times 10^{-2} \times T^{2} + 1.67 \times 10^{-4} \times T^{3} + 5.00 \times 10^{-7} \times T^{4}$ (μ мкм/м)

Допуск : ±0.85 [(μ m/m)/°C], T : Температура

(Установленный коэффициент тензочувствительности измерительного прибора: 2,00)



Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия AW

CE

AWM / AWMD / AWH / AWHU / AW / AWC / AWCH

Эти тензорезисторы оснащены чувствительными к деформации элементами, полностью заключенными в коррозионно-стойкие металлические трубки из нержавеющей стали или инконеля (кроме AW-6-350). Подложки этих тензорезисторов выполнены из того же материала, а сами тензорезисторы крепят точечной сваркой к металлическим образцам с помощью специального аппарата для точечной сварки.

Максимальная рабочая температура составляет 800°C для AWHU. Эти тензорезисторы пригодны для измерений при высокой температуре в неблагоприятных условиях, например, под водой или в газонаполненной атмосфере, или в течение продолжительного времени. AWC-2B и AWCH-2 имеются в 4-проводной конфигурации с 1 тензорезистором.

AWM -196 ~ +300°C Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

CE

AWM-8-1A Подложка тензорезистора: инконель 600
AWM-8-1B Подложка тензорезистора: SUS304

AWMD -196 ~ +800°C для динамической деформации. Полный мост

CE

AWMD-5 Подложка тензорезистора: Инконель 600
AWMD-8 Подложка тензорезистора: Инконель 600

AWH -196 ~ +600°C для статической деформации Полный мост
-196 ~ +650°C для динамической деформации Полный мост

CE

AWH-4-7A/AWH-8-7A Подложка тензорезистора: инконель 600
AWH-4-7B/AWH-8-7B Подложка тензорезистора: SUS321

AWHU -196 ~ +800°C Полный мост

CE

AWH-5 Подложка тензорезистора: Инконель 600
AWFIU-8 Подложка тензорезистора: Инконель 600

AW-6 -196 ~ +300°C Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

AW-6-350-11-4FB01LT

AWC −196 ~ +100°C

AWC-2B-11-3LQSA 4-проводная схема с 1 тензорезистором
AWC-8B-11-3LTSB Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

AWCH -196 ~ +200°C 4-проводная схема с 1 тензорезистором

AWCH-2-11-MI2L-05LQSA Подложка тензорезистора: SUS304

Система обозначений серии AW

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
AWM	-8-	1	B			-2		-17,0
AWMD	-5-		A	KM		-2	(6F)	-1,6 Гц*
AWMD	-8-		A			-2		-1,6 Гц*
AWH	-8-	7	A			-2		-11,0
AWHU	-5-	9	A	KM		-2	(6F)	-12,7

*: Фильтр ВЧ только для AWMD Любой из имеющихся 1,6, 7,2 или 16 Гц.

(1) Тип	(2) База тензорезистора	(3) Диапазон термокомпенсации	(4) Подложка тензорезистора*1	(5) Опция
AWM : статическая/ : динамическая 300°C	8: 8мм	0 : −196°C ~ RT 1 : RT ~ +300°C 2 : RT ~ +350°C 3 : RT ~ +400°C 4 : RT ~ +450°C 5 : RT ~ +500°C 6 : RT ~ +550°C 7 : RT ~ +600°C 8 : RT ~ +650°C 9 : RT ~ +800°C 10 : Прочие Прим. 2. RT комнатная тем-ра Прим. 2. RT комнатная тем-ра	A: инконель 600 Применимый коэффициент теплового расширения 11 млн-1/°C или меньше B: AWH SUS321 AWM SUS304 Применимый коэффициент теплового расширения 1 7 млн-1/° C или меньше	E: заземление F: Обжимные фитинги K: Тензорезистор малой ширины W=3 мм (стандарт - 5 мм) M: Трубчатый соединитель типа малого типа B <p 2,0 мм L=20 мм AWHU и AWMD-5 обычно поставляются с малым соединением P: Установленный разъем типа NDIS*2 R: Изгиб подложки тензорезистора или трубки Z: Без фильтра (AWMD)
AWMD : только динамическая 800°C	5: 5мм 8: 8мм			
AWH : статическая 600°C : динамическая 650°C	4: 4мм 8: 8мм			
AWHU : статическая/ динамическая 800°C	5: 5мм 8: 8мм			

*1 Код A соответствует коэффициенту теплового расширения 11 млн-1/°C или меньше, код B - коэффициенту 17 млн-1/°C
*2: Код опции P означает, что на концах кабелей после платы термокомпенсации или ВЧ фильтра устанавливается разъем NDIS.

M металл

Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия **AW**

AWM / AWMD / AWH / AWHU / AW / AWC / AWCH

(6) Кабель с минеральной изоляцией	(7) Длина поставляемого кабеля	(8) Термокомпенсированные материалы или ВЧ фильтр
2: диам. 1,6 мм 2 м Жила кабеля из жаропрочной меди	Без маркировки: экранированный кабель ПВХ диам. 4.1 мм 0,5 м За исключением стандартной длины необходимая длина указывается в скобках Пример: длина 4,5 м - (4.5)	Доступные материалы для термокомпенсации 10.9: SUS430 или эквивалент 11.0: Мягкая сталь (ферритная) или эквивалент 12.7: ИНКОНЕЛЬ 600 или эквивалент 17.0: SUS430 или эквивалент
	(6F) : Экранированный фторэтилен-пропиленовый (ФЭП) кабель диам. 1,6 мм 0,5 м для AWHU-5/-8, AWMD-5 За исключением стандартной длины необходимая длина указывается после суффикса 6F. Пример: длина 4,5 м - (6F4.5)	ВЧ фильтр только для AWMD 1,6: 1,6 Гц 7,2: 7,2 Гц 16 : 16 Гц

Примеры опции

F: Обжимные фитинги

R: Изгиб подложки тензорезистора или трубки

Привариваемый тензорезистор AWHU и кабель с минеральной изоляцией

Лента из нержавеющей стали
Предназначена для крепления кабелей

Размер 5 мм x 10 м x 0,08 мм
10 мм x 10 м x 0,08 мм

Поправка на высоту тензорезистора

В отличии от приклеиваемых тензорезисторов чувствительные элементы привариваемых тензорезисторов располагаются на определенной высоте над поверхностью испытуемого образца. В результате чувствительность к кручению и изгибу меняется. В частности, в испытаниях на изгиб тонких плат необходимо использовать следующее уравнение для коррекции чувствительности.

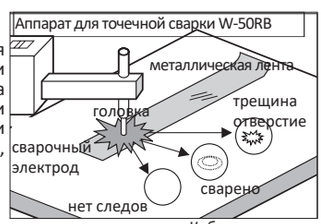
где
h - высота чувствительного элемента тензорезистора;
t - толщина испытуемого образца;
K_b - коэффициент тензочувствительности вследствие изгиба;
K - указанный коэффициент тензочувствительности.

Применение точечной сварки для установки привариваемых тензорезисторов

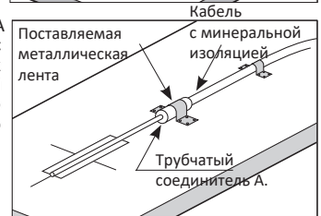
В комплект поставки привариваемых тензорезисторов входит металлическая лента из инконеля 600 или SUS304 для пробной сварки и крепления трубчатого соединителя А и кабеля с минеральной изоляцией. Для установки привариваемых тензорезисторов используют аппарат точечной сварки W-50RB и металлическую ленту.

Поставляемая металлическая лента:
Инконель 600 2 шт. 30~50 x 5 x 0,08 мм
SUS304 3 шт. 32 x 11 x 0,08 мм

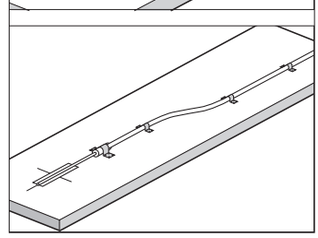
Пробная сварка
Металлическая лента используется для регулировки мощности сварки аппарата для точечной сварки. Если на ленте образуются трещины или отверстия, уменьшите мощность. Если на ленте не остается никаких следов, увеличьте мощность.



Закрепление трубчатого соединителя А
Совместите центр тензорезистора с метками и прижмите его вплотную к испытуемому образцу. Трубчатый соединитель А крепится с помощью металлической ленты, как показано на рисунках.



Крепление кабеля с минеральной изоляцией
Чтобы предотвратить нагрузку на трубчатый соединитель А, кабель с минеральной изоляцией крепят металлической лентой. Во избежание излишней деформации кабеля с минеральной изоляцией кабель между тензорезистором и соединительным контактом закрепляют в виде плавной кривой.



Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия AW

металл

Привариваемые тензорезисторы AWM / AWMD

AWM-8 Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

AWM можно использовать до 300°C для измерения как статической, так и динамической деформации. Доступны материалы подложки инконель 600 или SUS304, которые выбирают в зависимости от материала испытуемого образца.

Диапазон рабочей температуры

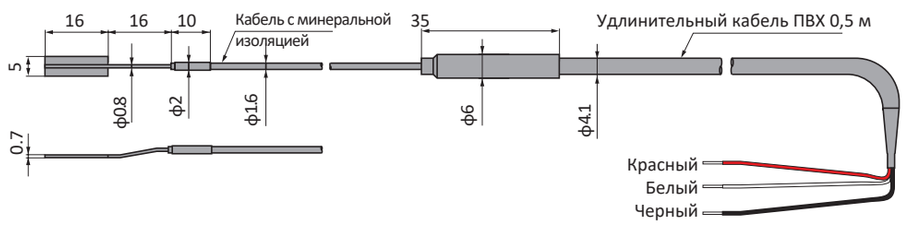
–196°C +300°C

Диапазон термокомпенсации

RT +300°C

Тип		База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
			Размер (мм)	Материалы			
Измерение статической/ динамической деформации	AWM-8-1A-2-11.0	8	L16xW5xT0.7	Инконель 600	Для статического/динамического применения -196~+300°C <Комнатная температура ~ +300°C>	Мягкая сталь или эквивалент	120
	AWM-8-1B-2-17.0			SUS304		SUS430 или эквивалент	

AWM-8



AWMD-5 / AWMD-8 для измерения только динамической деформации. **Полный мост** Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

AWMD можно применять до 800°C; он предназначен специально для измерения динамической деформации. Стандартная принадлежность - ВЧ фильтр. С помощью ВЧ фильтра из измерительных сигналов удаляют ненужную постоянную составляющую тока или низкочастотную составляющую (температурное влияние, дрейф и т.д.). Для измерения необходимо использовать динамический тензометр с возбуждением постоянным током (DC-96A/- 97A) или интеллектуальный регистратор динамической деформации DC-204R, мультирегистратор TMR-200.

Диапазон рабочей температуры

–196°C +800°C

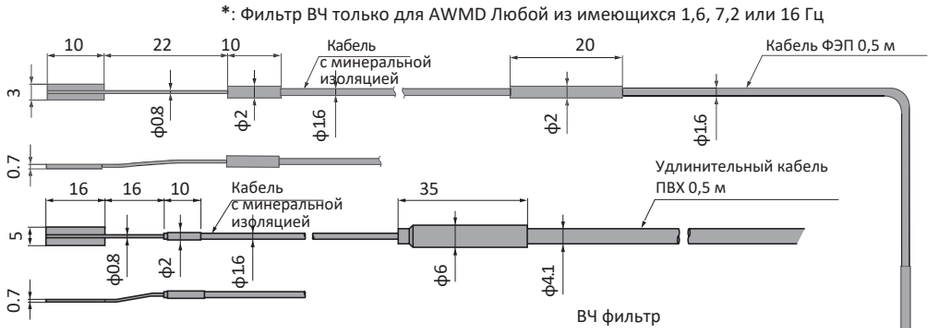
Диапазон термокомпенсации Отсутствуют

Тип		База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
			Размер (мм)	Материалы			
Измерение динамической деформации	AWMD-5-AKMS-2(6F)-1,6Гц*	5	L10xW3xT0.7	Инконель 600	–196~+800°C < неприменимо>	Инконель 600 или эквивалент	60
	AWMD-8-A-2-1,6Гц*	8	L16xW5xT0.7	Инконель 600			120

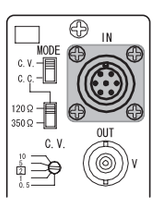
*: Фильтр ВЧ только для AWMD Любой из имеющихся 1,6, 7,2 или 16 Гц

AWMD-5

AWMD-8



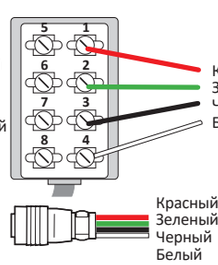
Штекерный разъем NDIS динамического тензометра TML



Блок мостовой схемы TML
Проводка полномостовой схемы

или

штекерный разъем NDIS



Имеется штекерный разъем NDIS с кодом опции P с подключением AWMD/AWH/AWHU к плате термокомпенсации или ВЧ фильтру

Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия AW

Привариваемые тензорезисторы AWH / AWHU

AWH-4 / AWH-8 Полный мост

Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

Доступны материалы подложки инконель 600 или SUS304, которые выбирают в зависимости от материала испытуемого образца. Хотя тензорезистор построен на полумостовой схеме и состоит из активных и пассивных тензорезисторов, измерения выполняются с помощью полномостовой схемы с использованием входящей в комплект печатной платы термокомпенсации.Максимальная рабочая температура 600°C для измерения статической деформации и 650°C - для динамической.

Диапазон рабочей температуры

Измерение статической деформации – 196°C … +600°C

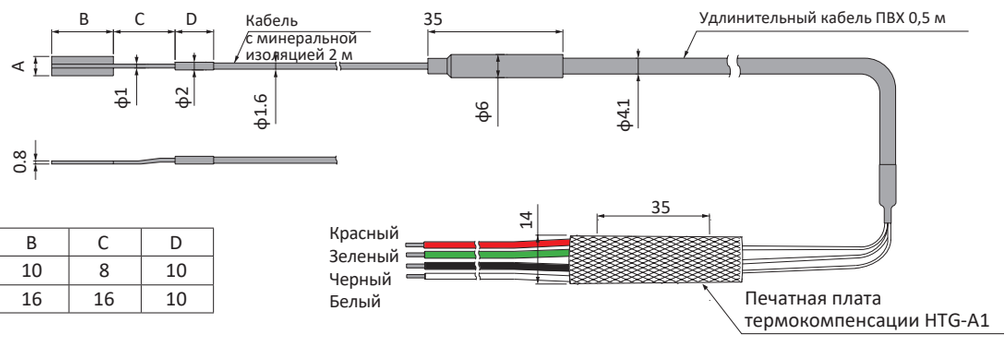
Измерение динамической деформации –196°C … +650°C

Диапазон термокомпенсации

Измерение статической деформации RT … +600°C

Измерение динамической деформации RT … +650°C

Тип	База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
		Размер (мм)	Материалы			
AWH-4-7A-2-11.0	4	L10xW3xT0.8	Инконель 600	Для статического применения -196~+600°C <комнатная температура ~ +600°C>	Мягкая сталь или эквивалент	60
AWH-4-7B-2-17.0			SUS321		SUS430 или эквивалент	
AWH-8-7A-2-11.0	8	L16xW5xT0.8	Инконель 600	Для динамического применения -196~+650°C <комнатная температура ~ +650°C>	Мягкая сталь или эквивалент	120
AWH-8-7B-2-17.0			SUS321		SUS430 или эквивалент	



Тип	A	B	C	D
AWH-4	3	10	8	10
AWH-8	5	16	16	10

AWHU-5 / AWHU-8 Полный мост

Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

Эти тензорезисторы можно использовать до 800°C для измерения как статической, так и динамической деформации. Хотя тензорезистор построен на полумостовой схеме и состоит из активных и пассивных тензорезисторов, измерения выполняются с помощью полномостовой схемы с использованием входящей в комплект печатной платы термокомпенсации. Подложка, соединение и кабель этих тензорезисторов имеют малые размеры согласно стандартной спецификации, а сами тензорезисторы пригодны для установки на узкие или искривленные детали.

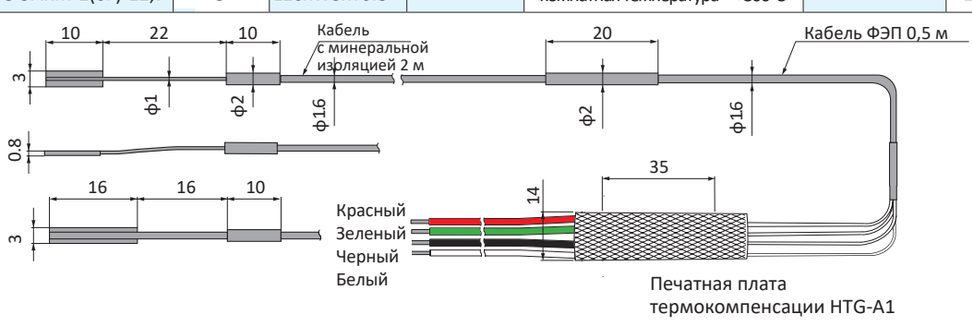
Диапазон рабочей температуры –196°C … +800°C

Диапазон термокомпенсации RT … +800°C

Тип		База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
			Размер (мм)	Материалы			
Статическое/ динамическое измерение	AWHU-5-9AKM-2(6F)-12,7	5	L10xW3xT0.8	Инконель 600	Для статического/динамического применения -196~+800°C <комнатная температура ~ +800°C>	Инконель 600 или эквивалент	60
	AWHU-8-9AKM-2(6F)-12,7	8	L16xW3xT0.8				120

AWHU-5

AWHU-8



Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия AW

М металл

Привариваемые тензорезисторы AW / AWC / AWCH

У этих тензорезисторов подложка выполнена из антикоррозионной нержавеющей стали толщиной 0,08 мм. Они легко устанавливаются с помощью специального аппарата точечной сварки W-50RB.

AW-6-350-11-4FB01LT Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Минимальный заказ - 5 тензорезисторов.

Эти тензорезисторы подходят для измерения деформации при высокой температуре до 300°C, для измерений на образцах, для которых неприменим клей, или для длительных измерений

Диапазон рабочей температуры

−196°C — +300°C

Диапазон термокомпенсации

+10°C — +100°C

Тип	База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
		Размер (мм)	Материалы			
AW-6-350-11-4FB01LT	6	L24xW5	SUS304	−196~+300°C < +10 ~ +100°C>	Мягкая сталь	350

Удлинительный провод: диам. 0,2 мм с изоляцией из фторированного полимера (фторопласт), стандартная длина 0,1 м

AWC-2B-11-3LQSA 4-проводная схема с 1 тензорезистором
AWC-8B-11-3LTSB Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением

Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

Эти тензорезисторы полностью заключены в трубку нержавеющей стали. Это позволяет использовать их для длительных измерений в жестких условиях.

Диапазон рабочей температуры

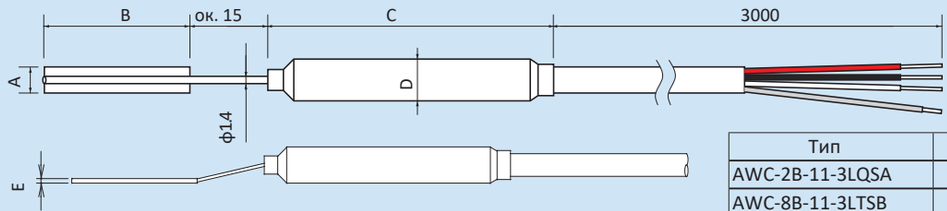
−196°C — +100°C

Диапазон термокомпенсации

0°C — +100°C AWC-2B-11-3LQ

+10°C — +100°C AWC-8B-11-3LT

Тип	База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
		Размер (мм)	Материалы			
AWC-2B-11-3LQSA	2	L16xW5xT0.5	SUS304	−20~+100°C <0 ~ +100°C >	Mild steel	120
AWC-8B-11-3LTSB	8	L28xW5xT1		−20~+100°C <+10 ~ +100°C >		



Тип	A	B	C	D	E
AWC-2B-11-3LQSA	5	16	35	ϕ5	0,5
AWC-8B-11-3LTSB	5	28	35	ϕ8	1

Удлинительный провод:

AWC-2B-11-3LQ 4-жильный экранированный хлоропреновый провод диам. 3 мм, 0,05 мм^2, стандартной длины 3 м

AWC-8B-11-3LT 3-жильный экранированный провод ПВХ диам. 5 мм, 0,03 мм2, стандартной длины 3 м.1 Ом/м)

AWCH-2-11-MI2L-05LQSA 4-проводная схема с 1 тензорезистором

Эти тензорезисторы полностью заключены в трубку нержавеющей стали компактного размера. Предназначены только для 4-проводной системы с 1 тензорезистором с нашим регистратором данных и могут выполнять измерения при температуре до 200°C.

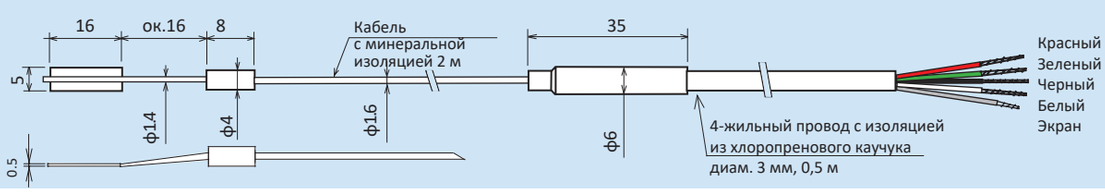
Диапазон рабочей температуры

−196°C — +200°C

Диапазон термокомпенсации

0°C — +150°C

Тип	База тензорезистора (мм)	Подложка тензорезистора		Рабочая температура <Диапазон термокомпенсации>	Испытуемый образец	Сопротивление, Ом
		Размер (мм)	Материалы			
AWCH-2-11-MI2L-05LQSA	2	L16xW5xT0.5	SUS304	−196~+200°C <0 ~ +150°C >	Mild steel	120



M металл

Высокотемпературные ПРИВАРИВАЕМЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия **AW**

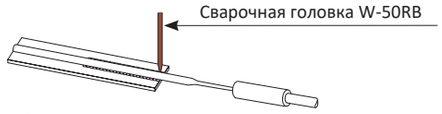
АППАРАТ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ W-50RB

Это аппарат точечной сварки с емкостным зарядом, используемый для установки привариваемых тензорезисторов и крепления проводов. Энергия сварки плавно регулируется в 2 диапазонах 1~10/5~50 ватт секунд, а стабилизирующая цепь устраняет влияние колебаний напряжения источника питания. Поскольку такие выступающие части, как электрические кабели, упаковываются внутрь аппарата, он чрезвычайно удобен для полевого применения.

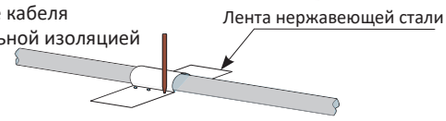
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Энергия сварки	1~10 Вт с/5~50 Вт с непрерывно 60 Вт с. Макс. (110 В перем. тока 50 Гц)
Выходное напряжение	ок. 32 В макс.
Ширина выходного импульса	ок. 5 мс
Многократная сварка	2 шва/с при энергии 50 Вт с
Номинальная производительность	20 мин./1,5 шва/с при 50 Вт с
Плавящийся электрод	Электрод III типа
Сварочное усилие	4,9~19,8 Н
Сварочная головка	плечо диам. 3 мм, сопло диам. 1 мм
Длина кабеля	2 м
Рабочие условия окружающей среды	0~+50°C отн. влажность 85% и ниже (без конденсации)
Источник питания	90~110 В перем. тока, 50/60 Гц 550 ВА пик. (160 мс), 210 ВА/2 шва/с
Размеры	300(ширина) x 195(высота) x 195(глубина) мм
Масса	13 кг.
Стандартные принадлежности	
Руководство по эксплуатации.....	1
Кабель питания переменного тока (CR-01).....	1
Сварочная головка.....	3
Защитный колпачок.....	2
Наждачная бумага (№400).....	5
Ремень для переноски.....	1
Гаечный ключ шестигранный.....	1

Примеры установки

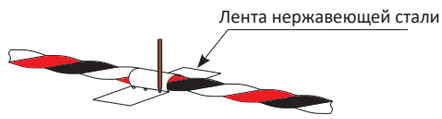
Установка привариваемого тензорезистора



Крепление кабеля с минеральной изоляцией

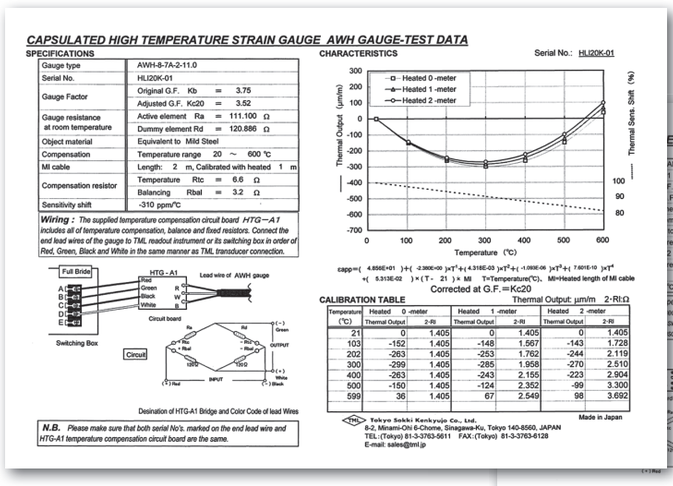


Крепление кабеля с фторированной изоляцией



ДАННЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

AWM, AWH и AWHU в обязательном порядке проходят испытания и поставляются с данными индивидуальных испытаний с указанием серийного номера, коэффициента тензочувствительности, кривой температурного влияния на чувствительность, конфигурации мостовой схемы и т.д.



CAPSULATED HIGH TEMPERATURE STRAIN GAUGE AWH GAUGE-TEST DATA

SPECIFICATIONS

Gauge type	AWH-8-7A-2-11.0			
Serial No.	HLI20K-01			
Gauge Factor	Original G.F.	Kb	=	3.75
	Adjusted G.F.	Kc20	=	3.52
Gauge resistance at room temperature	Active element	Ra	=	111.100 Ω
	Dummy element	Rd	=	120.886 Ω
Object material	Equivalent to Mild Steel			
Compensation	Temperature range	20 ~ 600 ℃		
MI cable	Length: 2 m, Calibrated with heated 1 m			
Compensation resistor	Temperature	Rtc	=	6.6 Ω
	Balancing	Rbal	=	3.2 Ω
Sensitivity shift	-310 ppm/℃			

Wiring : The supplied temperature compensation circuit board HTG—A1 includes all of temperature compensation, balance and fixed resistors. Connect the end lead wires of the gauge to TML readout instrument or its switching box in order of Red, Green, Black and White in the same manner as TML transducer connection.

N.B. Please make sure that both serial No's. marked on the end lead wire and HTG-A1 temperature compensation circuit board are the same.

CHARACTERISTICS

Serial No.: HLI20K-01

$$capp=\{\ 4.856E+01\ \}+\{\ -2.380E+00\ \}\times T^1+\{\ 4.316E-03\ \}\times T^2+\{\ -1.093E-06\ \}\times T^3+\{\ 7.601E-10\ \}\times T^4$$
$$+\{\ 5.313E-02\ \}\times(T-\ 21\ )\times MI \quad T=\text{Temperature(℃)},\ MI=\text{Heated length of MI cable}$$

Corrected at G.F.=Kc20

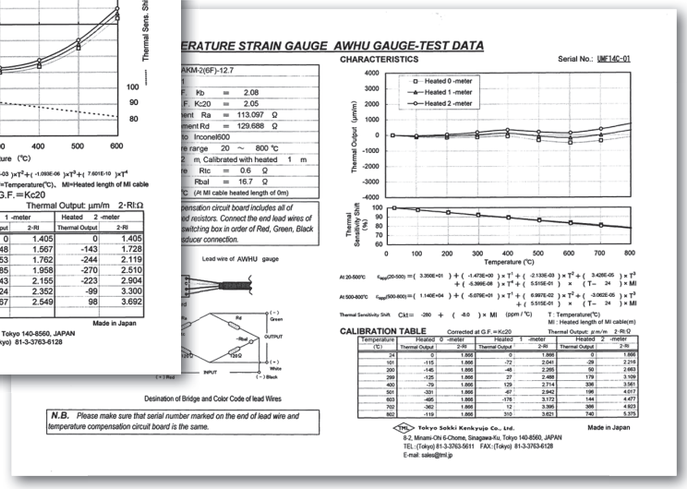
CALIBRATION TABLE

Thermal Output: μm/m 2-Rt:Ω

Temperature (℃)	Heated 0 -meter Thermal Output	2-Rt	Heated 1 -meter Thermal Output	2-Rt	Heated 2 -meter Thermal Output	2-Rt
21	0	1.405	0	1.405	0	1.405
103	-152	1.405	-148	1.567	-143	1.728
202	-263	1.405	-253	1.762	-244	2.119
300	-299	1.405	-285	1.958	-270	2.510
400	-263	1.405	-243	2.155	-223	2.904
500	-150	1.405	-124	2.352	-99	3.300
599	36	1.405	67	2.549	98	3.692

TML Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd.
8-2, Minami-Ohi 6-Chome, Singawa-Ku, Tokyo 140-8560, JAPAN
TEL: (Tokyo) 81-3-3763-5611 FAX: (Tokyo) 81-3-3763-6128
E-mail: sales@tml.jp

Made in Japan



ERATURE STRAIN GAUGE AWHU GAUGE-TEST DATA

AKM-2(6F)-12.7

F. Kb	=	2.08	
F. Kc20	=	2.05	
ent Ra	=	113.097	Ω
ment Rd	=	129.688	Ω
to Inconel600			
e range 20 ~		800	℃
2 m, Calibrated with heated		1	m
e Rtc	=	0.6	Ω
Rbal	=	16.7	Ω
C (At MI cable heated length of 0m)			

ensation circuit board includes all of ed resistors. Connect the end lead wires of witching box in order of Red, Green, Black ducer connection.

Lead wire of AWHU gauge

Desination of Bridge and Color Code of lead Wires

N.B. Please make sure that serial number marked on the end of lead wire and temperature compensation circuit board is the same.

CHARACTERISTICS

Serial No.: UMF14C-01

At 20-500℃ $\varepsilon_{app(20\text{-}500)}=\{\ 3.350E+01\ \}+\{\ -1.473E+00\ \}\times T^1+\{\ -2.133E-03\ \}\times T^2+\{\ 3.426E-05\ \}\times T^3$
$+\{\ -5.399E-08\ \}\times T^4+\{\ 5.515E-01\ \}\times\{\ T-\ 24\ \}\times MI$

At 500-800℃ $\varepsilon_{app(500\text{-}800)}=\{\ 1.140E+04\ \}+\{\ -5.079E+01\ \}\times T^1+\{\ 6.997E-02\ \}\times T^2+\{\ -3.062E-05\ \}\times T^3$
$+\{\ 5.515E-01\ \}\times\{\ T-\ 24\ \}\times MI$

Thermal Sensitivity Shift $Ckt=\ -280\ +\ \{\ -8.0\ \}\times MI$ (ppm / ℃)

T: Temperature(℃)
MI : Heated length of MI cable(m)

CALIBRATION TABLE

Corrected at G.F.=Kc20

Thermal Output: μm/m 2-Rt:Ω

Temperature (℃)	Heated 0 -meter Thermal Output	2-Rt	Heated 1 -meter Thermal Output	2-Rt	Heated 2 -meter Thermal Output	2-Rt
24	0	1.866	0	1.866	0	1.866
101	-115	1.866	-72	2.040	-29	2.214
200	-145	1.866	-48	2.285	50	2.663
299	-125	1.866	27	2.488	179	3.109
400	-79	1.866	129	2.714	338	3.561
501	-331	1.866	-67	2.942	195	4.017
603	-466	1.866	-176	3.172	144	4.477
702	-362	1.866	12	3.395	388	4.923
802	-119	1.866	310	3.621	740	5.375

TML Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd.
8-2, Minami-Ohi 6-Chome, Singawa-Ku, Tokyo 140-8560, JAPAN
TEL: (Tokyo) 81-3-3763-5611 FAX: (Tokyo) 81-3-3763-6128
E-mail: sales@tml.jp

Made in Japan

ПОЛИЭФИРНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

Серия P/PF

Диапазон рабочей температуры
−70°C +80°C

Диапазон термокомпенсации
+10°C +80°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

C бетон **M** строительный раствор **R** камень

Применимые типы клея

CN-E	−20 ~ +80ºC
RP-2	−20 ~ +80ºC
PS	−20 ~ +80ºC

ДЛЯ СТАЛИ, БЕТОНА, СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Серия P

Это проволочные тензорезисторы с прозрачной пластиковой подложкой, пропитанной полиэфирной смолой. Имеется 3 варианта базы тензорезисторов, 60, 90 и 120 мм, поэтому они подходят для измерения деформации бетона. Поскольку подложка прозрачная, при установке легко определить место приклеивания.

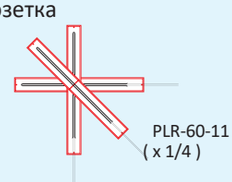
Одноэлементный

PL-60-11

0°/90° 2-элементная розетка

PLC-60-11
(x 1/4)

0°/45°/90° 3-элементная розетка



PLR-60-11
(x 1/4)

Пример типового обозначения.

PL-60 -11 -3LJC-F

- Встроенный провод, соответствующий CE
- Температурная самокомпенсация для мягкой стали
- Основной тип тензорезистора

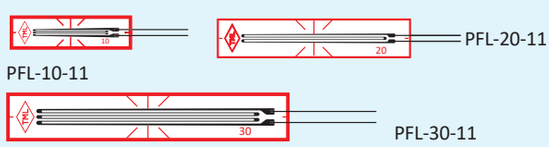
Встроенный провод есть только у одноэлементного PL, а у 2-элементного PLC и 3-элементного PLR он отсутствует.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
Одноэлементный	В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
	PL-60-11	60	1	74	8	120
	PL-90-11	90	1	104	8	120
	PL-120-11	120	1	134	8	120
	В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
0°/90° 2-элементная розетка	PLC-60-11	60	1	74	74	120
0°/45°/90° 3-элементная розетка	PLR-60-11	60	1	74	74	120

Серия PF

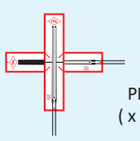
Это фольговые тензорезисторы с подложкой из полиэфирной смолы, как у серии P. Имеется 3 варианта базы тензорезисторов, 10, 20 и 30 мм, поэтому они подходят, в основном, для измерения деформации бетона и строительного раствора. Подложка прозрачная, и это облегчает монтаж.

Одноэлементный



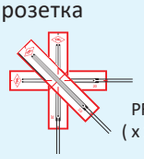
PFL-10-11
PFL-20-11
PFL-30-11

0°/90° 2-элементная розетка



PFLC-20-11
(x 1/2)

0°/45°/90° 3-элементная розетка



PFLR-20-11
(x 1/2)

Одноэлементный	В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
	PFL-10-11	10	0,9	17,5	5	120
	PFL-20-11	20	1,2	28	6	120
	PFL-30-11	30	2,3	40	7	120
	В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
0°/90° 2-элементная розетка	PFLC-20-11	20	1,2	28	28	120
	PFLC-30-11	30	2,3	40	40	120
0°/45°/90° 3-элементная розетка	PFLR-20-11	20	1,2	28	28	120
	PFLR-30-11	30	2,3	40	40	120

Встроенный провод рекомендуется для одноэлементных тензорезисторов серий P/PF.
У розеток PLC, PLR, PFLC и PFLR встроенный провод отсутствует.

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Общего назначения (температура в течение времени измерения не меняется)	ПВХ с параллельными жилами -LJB-F/ -LJC-F	-20~ +80	PL-60-11-3LJB-F PFL-10-11-3LJC-F
Общего назначения	3-жильный ПВХ с параллельными жилами -LJBT-F/- LJCT-F	-20~ +80	PL-60-11-3LJBT-F PFL-10-11-3LJCT-F
4-проводная схема с 1 тензорезистором	4-жильный полипропиленовый провод 0,08 мм^2 с параллельным расположением жил -LQM-F	-20~ +100	PL-60-11-3LQM-F

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ металлической подложкой

серия FLM/WFLM

Диапазон рабочей температуры
−70°C +80°C

Диапазон термокомпенсации
+10°C +80°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: Мягкая сталь
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

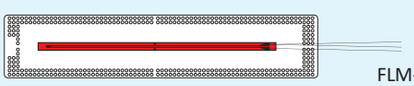
C бетон M строительный раствор

Применимые типы клея | PS | −20 ~ +80ºC

ДЛЯ БЕТОНА, СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

У этих тензорезисторов тонкие подложки из нержавеющей стали, которые препятствуют проникновению влаги с задней стороны. Такая конструкция обеспечивает успешное измерение деформации на бетонной поверхности. Тензорезисторы WFLM кроме подложки из нержавеющей стали имеют влагонепроницаемое покрытие и встроенный провод. Они предназначены для долговременных измерений в застывающем под водой бетоне.

Одиночный элемент



FLM-60-11 (x 1/2)

Применимые встроенные провода см. на стр. 19-20.

Пример типового обозначения.
FLM-30 -11 -2LJCT
- Длина в метрах и тип встроенного провода
- Основной тип тензорезистора
- Температурная самокомпенсация для мягкой стали

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
Одноэлементный — В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
FLM-30-11	30	0.5	60	18	0,12	120
FLM-60-11	60	0,7	90	18	0,12	120

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЙ ТИП

Одноэлементные

3-жильный скрученный встроенный провод из сшитого полиэтилена 0,09 мм² длиной 2м -2LJQTA
Общее сопротивление провода на метр длины: 0,4 Ом

WFLM-60-11-2LJQTA (x 1/2)

Имеется встроенный провод длиной больше 2 м.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
Одноэлементный — В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.					
WFLM-30-11-2LJQTA	30	0,5	60	18	4	120
WFLM-60-11-2LJQTA	60	0,7	90	18	4	120

ЛИТЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

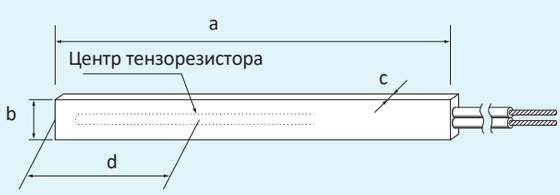
Серия PM

Диапазон рабочей температуры
−20°C +60°C

C бетон M строительный раствор

ДЛЯ БЕТОНА, СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Эти тензорезисторы предназначены исключительно для измерения внутренней деформации бетона и строительного раствора во время испытания под нагрузкой. Их устанавливают в положение измерения во время укладки бетона или строительного раствора. У этих тензорезисторов чувствительный элемент для водонепроницаемости заделан в подложку, выполненную из акрилового пластика.



Имеется встроенный провод длиной больше 2 м.

Пример типового обозначения.
PML-60 -11 -2LJD
- Длина в метрах и тип встроенного провода
Провод ПВХ 0,12 мм с параллельными жилами длиной 2 метра
- Температурная самокомпенсация для мягкой стали
- Основной тип тензорезистора

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	a	b	c	d	Сопротивление, Ом
Одноэлементный — В каждой упаковке содержится 5 тензорезисторов.									
PML-60 -2LJD	60	1	125	13	5	40	120
PML-120 -2LJDT	120	1	180	13	5	65	120

Для продолжительных измерений бетонных конструкций используют тензометрический датчик KM (см. стр. 69).

Установка тензорезистора на бетон, строительный раствор

Представлены три способа установки тензорезисторов на бетон и строительный раствор.

Условия испытаний и применимые тензорезисторы

Условия испытаний	Тензорезистор	Клей для тензорезистора
Немедленное испытание вне помещения	Серия PF или P	CN, CN-E, P-2
Несколько продленное испытание вне помещения	Серия PF или P	RP-2
Долговременное испытание вне помещения	Серия WFLM	PS

Если тензорезистор используется только для краткосрочного испытания вне помещения, покрытие тензорезистора не требуется. В этом случае, если поверхность строительного раствора или бетона гладкая и совершенно сухая, предварительного покрытия тоже не требуется.

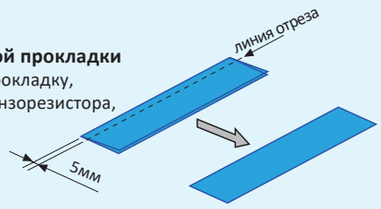
Подготовка поверхности бетона или строительного раствора

1. **Подготовка**
   С области установки тензорезистора на испытуемый образец удаляют цементное молоко, краску и любые другие загрязнения, чтобы обеспечить чистую контактную поверхность.
   Поскольку клей может не пристать, если область установки тензорезистора на испытуемом образце будет влажная, для удаления влаги используют средство TML для подготовки поверхности AC-1.
2. **Зачистка**
   Равномерно зачищают область на испытуемом образце, на 20-30 мм большую, чем площадь устанавливаемого тензорезистора, наждачной бумагой. В зависимости от материала испытуемого образца для чистовой обработки поверхности следует использовать наждачную бумагу с зернистостью от 80 до 120.
3. **Очистка**
   Зачищенную поверхность очищают технической салфеткой или тканью, смоченной небольшим количеством растворителя, например, ацетона.

Предварительное покрытие клеем PS

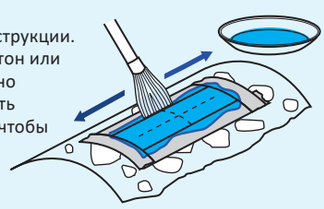
Целью предварительного покрытия является, во-первых, сделать поверхность строительного раствора или бетона плоской и обеспечить поверхность, на которую хорошо приклеится тензорезистор, а во-вторых, создать преграду для проникновения влаги с поверхности бетона или строительного раствора, тем самым предотвращая поглощение влаги нижней стороной тензорезистора. В качестве предварительного покрытия используют клей PS специального назначения.

1. Вырезание временной прокладки
Вырежьте временную прокладку, входящую в комплект тензорезистора, отступив примерно 5 мм от линии сгиба.

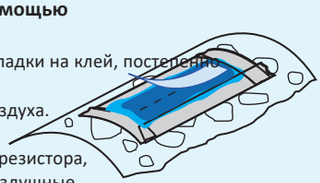


2. Нанесение маски
С помощью малярной ленты закройте область, которая больше вырезанной временной прокладки для тензорезистора примерно на 10 мм с каждой стороны.

3. Нанесение клея PS
Смешайте клей PS согласно инструкции. Кистью нанесите клей на на бетон или строительный раствор. Повторно нанесите клей PS на поверхность установки тензорезистора так, чтобы образовался слой толщиной от 0,5 до 1 мм.



4. Обработка поверхности с помощью временной прокладки
Уложите отрезанный кусок прокладки на клей, постепенно прижимая ее с одной стороны, чтобы выдавить все пузырьки воздуха. Слегка надавите сверху на кусок временной прокладки для тензорезистора, чтобы удалить лишний клей и воздушные пузырьки.



Снятие временной прокладки:
Когда клей застынет, отделите кусок временной прокладки и установите тензорезистор.

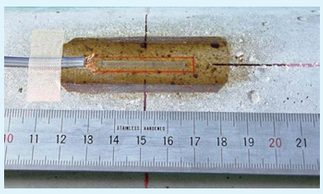
Для лабораторного испытания под нагрузкой на образце строительного раствора

Пример установки на клей CN-E

Испытуемый образец	Строительный раствор, выдержанный 2 месяца (диам. 100x200 мм)
Тензорезистор	PFL-30-11-3LT
Клей для тензорезистора	CN-E
Провод	10-жильный диам. 0,12 мм с покрытием ПВХ, четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением, 3 м

С помощью клея CN-E прикрепите тензорезистор к поверхности образца строительного раствора, предварительно покрытой клеем PS. Закрепите провода лентой ПВХ.

При наклейке тензорезистора с длинной подложкой клеем CN-E разместите тензорезистор на месте измерения и закрепите его верхнюю сторону (противоположную выводам тензорезистора) липкой лентой.



Затем приподнимите его со стороны выводов, нанесите клей на заднюю сторону и установите на исходное место измерения. Накройте тензорезистор листом полиэтилена и придавите пальцем, двигаясь от центра к краям, чтобы выдавить воздушные пузырьки.

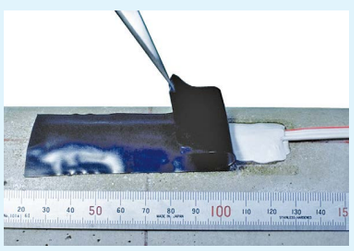
Для испытания вне помещения с 2-недельной длительностью измерений

Пример установки на клей RP-2

Тензорезистор	PL-60-11
Клей для тензорезистора	RP-2
Соединительные контакты	TFY-2M
Провод	3-жильный экранированный кабель ПВХ 0,5 мм
Материалы покрытия	W-1 + лента SB + лента VM

Смешайте клей RP-2 согласно инструкции. Равномерно нанесите тонкий слой клея на заднюю сторону тензорезистора и на место его установки на поверхности с предварительным покрытием. Положите тензорезистор на место установки и прикладывайте к нему давление 0,05~0,3 МПа, пока не застынет клей. Когда клей застынет, с помощью клея CN-E установите соединительные контакты. Покройте тензорезистор и соединительные контакты материалом W-1. Припаяйте провода к соединительным контактам, а затем закрепите их лентой SB.

Если какие-либо части проводов или соединительных контактов остались непокрытыми, наклейте еще раз ленту W-1 и SB. Отрежьте кусок ленты VM, чуть больший, чем слой ленты SB, и прижмите ее к нужному месту.



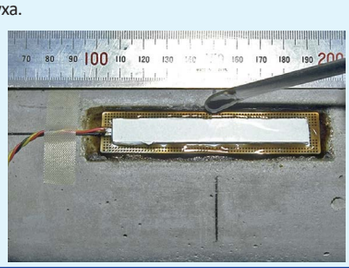
Для долговременного измерения вне помещения

Пример установки на клей PS

Тензорезистор	WFLM-60-11-2LT
Клей для тензорезистора	PS

Разместите тензорезистор WFLM-60-11-2LT на области, предварительно покрытой клеем PS, и временно закрепите провод целлофановой лентой. Переверните тензорезистор WFLM и нанесите большое количество смешанного клея PS на нижнюю сторону подложки тензорезистора и на поверхность с предварительным покрытием. Установите тензорезистор в его прежнее установочное положение. Слегка надавливая сверху на тензорезистор WFLM, двигайтесь от центра к краям, чтобы выдавить лишний клей PS и пузырьки воздуха.

Для крепкого сцепления металлическая подложка тензорезистора WFLM должна быть полностью покрыта сверху и снизу клеем PS.



ЛИТЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия PMF

Диапазон рабочей температуры – 20°C +60°C

C бетон M строительный раствор

ДЛЯ БЕТОНА, СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

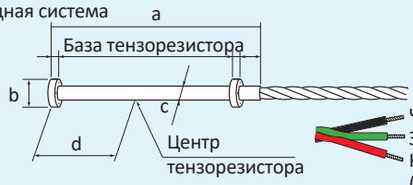
Форма тензорезистора

Эти тензорезисторы предназначены для измерения внутренней деформации бетона и строительного раствора во время испытания под нагрузкой. Их можно также использовать для кратковременного измерения поведения бетона. Их устанавливают в положение измерения во время укладки бетона или строительного раствора. В этих тензорезисторах для герметизации чувствительного элемента в качестве подложки используются первоклассные конструкционные пластмассы, обеспечивающие отличную водонепроницаемость. Имеется тип PMFL-T со встроенной функцией измерения температуры, который измеряет и деформацию, и температуру с помощью наших регистраторов данных.

Одноэлементный

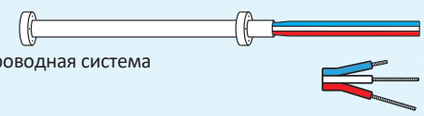
3-жильный провод из сшитого ПВХ 0,09 мм² длиной 2 м
-2LJRTA Общее сопротивление провода на метр длины : 0,4 Ом

3-проводная система



Встроенный датчик температуры

Встроенный провод из сшитого ПВХ 0,08 мм² длиной 3 м
-3TLJBT Общее сопротивление провода на метр длины : 0,44 Ом



Основной тип | **База тензорезистора, мм** | **Подложка** | **Сопротивление, Ом**

Пример типового обозначения.
PMFL-50 -2LJRTA
Длина в метрах и тип встроенного провода
3-жильный скрученный провод с изоляцией из сшитого ПВХ
Основной тип тензорезистора

Для долговременных измерений бетонных конструкций используют тензометрический датчик KM (см. стр. 69).

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	База тензорезистора, мм	a	b	c	d	Подложка	Сопротивление, Ом
PMFL-50 -2LJRTA	50	60	ф8	ф4	27		120
PMFL-60 -2LJRTA	60	70	ф8	ф4	32		120

Имеется встроенный провод длиной, отличной от 2 м.

Основной тип	База тензорезистора, мм	a	b	c	d	Подложка	Сопротивление, Ом
PMFL-50T -3TLJBT	50	60	ф8	ф4	27		120
PMFL-60T -3TLJBT	60	70	ф8	ф4	32		120

Литые ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ для асфальта Серия PMFLS

Диапазон рабочей температуры –20°C +60°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-50: Асфальт
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

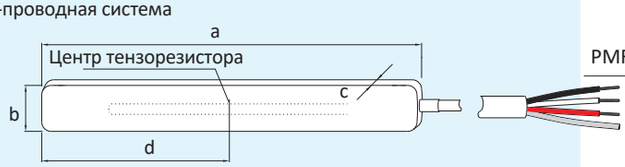
A асфальт

ДЛЯ АСФАЛЬТОВОГО ПОКРЫТИЯ

Форма тензорезистора

Тензорезисторы закладываются в асфальт и используются для измерения деформации во время испытания под нагружением, например, уплотнения катком. Материалом подложки служат первоклассные конструкционные пластмассы, отличающиеся высокой термоустойчивостью и водонепроницаемостью. Эти тензорезисторы выдерживают высокую температуру до 200°C во время укладки асфальта, а их диапазон рабочей температуры составляет от -20 до +60°C.

3-проводная система



4-жильный экранированный хлоропреновый кабель диам. 6 мм длиной 2 м -2LTSC Общее сопротивление провода на метр длины : 0,11 Ом

Основной тип | **База тензорезистора, мм** | **Подложка** | **Сопротивление, Ом**

Пример типового обозначения.
PMFLS-60 -50 -2LTSC
Длина в метрах и тип встроенного провода
4-жильный экранированный хлоропреновый кабель длиной 2 метра
Коэффициент температурной самокомпенсации
Основной тип тензорезистора

Минимальный заказ - 1 тензорезистор.

Основной тип	База тензорезистора, мм	a	b	c	d	Подложка	Сопротивление, Ом
PMFLS-60-50-2LTSC	60	120	13	7	60		120

ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ для гражданского строительства Серия KM/KM-HAS

C бетон A асфальт

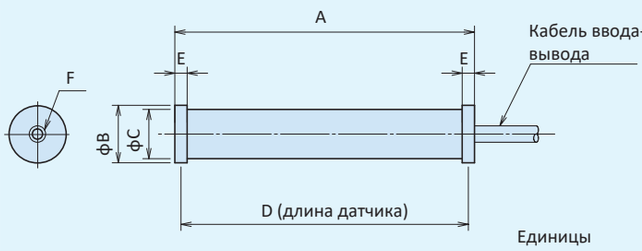
CE

Диапазон рабочей температуры
–20°C +180°C

ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК KM

Датчики серии KM относятся к закладному типу и предназначены для измерения внутренней деформации материалов, таких как бетон и синтетическая пластмасса не только в твердом состоянии, но и в процессе отверждения . Прозрачные гибкие модули рассчитаны на минимальный параметр около 40 Н/мм2, и идеально подходят для измерения деформации на самых ранних этапах отверждения (кроме KM-A и KM-AT). Они полностью непроницаемы для влаги и обеспечивают исключительную стабильность при долговременных измерениях деформации. KM-100B и KM-100BT также пригодны для измерения поверхностной деформации стальных и бетонных конструкций при использовании дополнительных манжет для поверхностного монтажа.

Серия KM соответствует маркировке CE, кроме KM-30 и KM-50F.



Единицы измерения: мм

ТИП	Размер (мм)						Масса (г)
	A	B	C	D	E	F	
KM-30	34	12	10	31	3	M3 Глубина 4	12
KM-50F	54	20	17	50	4	M3 Глубина 6	45
KM-100A KM-100B	104	20	17	100	4	M3 Глубина 6	75
KM-100HB	104	20	17	100	4	M3 Глубина 6	80
KM-200A	205	28	23	200	5	M5 Глубина 8	220
KM-100AT KM-100BT	104	20	17	100	4	M3 Глубина 6	75
KM-200AT	205	28	23	200	5	M5 Глубина 8	220

■ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип	KM-30	KM-50F	KM-100A	KM-100B	KM-100HB	KM-200A	KM-100AT	KM-100BT	KM-200AT
Допустимые пределы	деформация ±5000 x 10^{-6}								
База тензорезистора	31 мм	50 мм	100 мм			200 мм	100 мм		200 мм
Номинальный выходной сигнал (приблизительно)	2,5 мВ/В (5000 x10^{-6})	4 мВ/В (8000 x10^{-6})	2,5 мВ/В (5000 x10^{-6})			5 мВ/В (10000 x10^{-6})	2,5 мВ/В (5000 x10^{-6})		5 мВ/В (10000 x10^{-6})
Нелинейность	1%RO								
Кажущийся модуль упругости	40Н/мм^2		1000Н/мм^2	40Н/мм^2		1000Н/мм^2		40Н/мм^2	1000Н/мм^2
Средняя температура	Неприменимо		*1Тензорезистор (350 Ом Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением :деформация 50x 10-6/°C)			*2 Термопара T			
Диапазон температуры	–20~+60°C	–20~+80°C			–20~+180°C	–20~+80°C			
Вход/выход	120 Ом Полумост	350 Ом Полный мост							

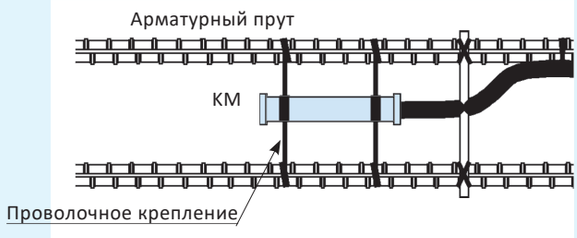
*1 Возможно измерение относительной температуры
*2 Возможно измерение фактической температуры

Кабель ввода-вывода

KM-30	диам. 2,4 мм	0,04 мм^2	3-жильный экранированный кабель ПВХ	2 м кабеля со свободным концом
KM-50F	диам. 6 мм	0,35 мм^2	4-жильный экранированный хлоропреновый кабель	2 м кабеля со свободным концом
KM-100A/-100B	диам. 9 мм	0,3 мм^2	5-жильный экранированный хлоропреновый кабель	2 м кабеля со свободным концом
KM-100HB	диам. 6 мм	0,3 мм^2	5-жильный экранированный фторопластовый кабель	2 м кабеля со свободным концом
KM-200A	диам. 11,5 мм	0,5 мм^2	5-жильный экранированный хлоропреновый кабель	2 м кабеля со свободным концом
KM-100AT/-100BT	диам. 9 мм	0,3 мм^2	4-жильный экранированный компаундовый кабель с термопарой T	2 м кабеля со свободным концом
KM-200AT	диам. 11,5 мм	0,5 мм^2	4-жильный экранированный компаундовый кабель с термопарой T	2 м кабеля со свободным концом

Для измерения внутренней деформации

Тензометрические датчики KM позволяют измерять деформацию в таких материалах, как бетон, претерпевающий переход из эластичного в твердое состояние. Датчик KM предназначен для измерения различных деформаций, вызванных внешней силой, температурой окружающей среды, усыханием, ползучестью материала и пр. Длина применимого датчика должна быть в три раза больше диаметра заполнителя, чтобы можно было получить усредненную оценку бетона.
Как показано на рисунке справа, конец датчика KM крепится проволокой между арматурными прутьями, после чего датчик KM располагается на предварительно размеченных точках на арматурном пруте.



ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ для гражданского строительства Серия KM/ KM-HAS

Диапазон рабочей температуры
–20°C +180°C

Для измерения поверхностной деформации

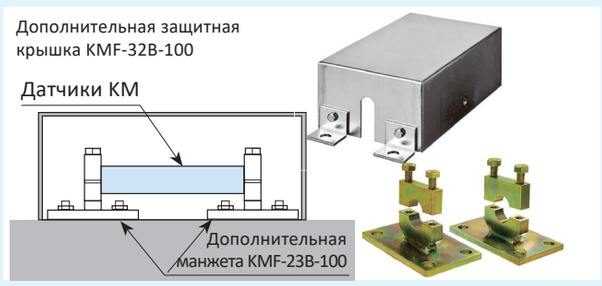
Поверхностную деформацию стальных и бетонных конструкций можно измерять с помощью KM-100B или KM-100BT. (Имеются дополнительные фитинги, например, распорные детали и манжеты для крепления модели и размещения датчика по длине.)

Установка на поверхность стальной конструкции

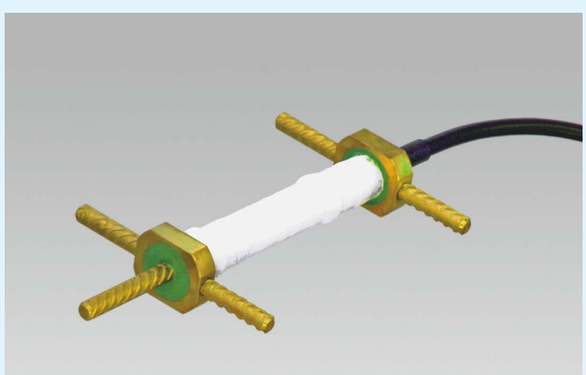
Модель KM устанавливают на стальную поверхность вместе с дополнительной манжетой KMF-22-100 методом сварки.

Установка на поверхность бетонной конструкции

Модель KM устанавливают на поверхность бетонной конструкции вместе с дополни-тельной манжетой KMF-23B-100 с помощью анкерных болтов.

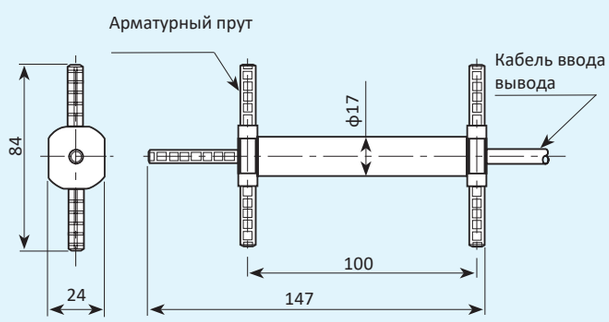


ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК KM-HAS для асфальтового покрытия



Эти датчики закладываются в асфальт для измерения внутренней деформации. Они оснащены фланцами с арматурными стержнями с обоих концов для лучшего сцепления с материалами асфальтового покрытия. Диапазон рабочей температуры датчика - от -20 до +180° C, а его конструкция полностью водонепроницаемая.

CE



Единицы измерения: мм

■ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип	KM-100HAS
Допустимые пределы	деформация ±5000 x 10^{-6}
База тензорезистора	100 мм
Номинальная производительность	Прибл. 2,5 мВ/В (деформация 5000 x10^{-6})
Нелинейность	1%RO
Кажущийся модуль упругости	Прибл. 40 Н/мм^2
Средняя температура	250 Ом Полный мост: измерение деформации Четвертьмостовая схема с 3-проводным подключением
Диапазон температуры	–20~+180°C
Возбуждение моста	Рекомендуется 1~2 В, Допустимо 10 В
Кабель ввода-вывода	5-жильный экранированный фторопластовый кабель диам. 6 мм, 0,3 мм^2, 2 м

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ Серия UBF

Эти тензорезисторы не обладают температурной самокомпенсацией.
Это необходимо для измерения температурного влияния с использованием макетного образца перед измерением.

C композит

Диапазон рабочей температуры
−70°C +150°C

Статическое измерение : −30 ~ +120°C
Динамическое измерение : −30 ~ +150°C

Применимые типы клея

CN	−20 ~ +120ºC
EB-2	−30 ~ +150ºC

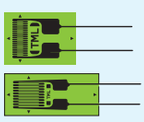
ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Форма тензорезистора

Это фольговые тензорезисторы, предназначенные для измерений на композитных материалах. Их решетка имеет специальную форму, ослабляющую эффект повышения жесткости материала образца тензорезистором. Кроме того, благодаря разработке более упругой подложки были значительно улучшены количество повторений в циклическом испытании на воздействие температуры и характеристики ползучести по сравнению с обычными тензорезисторами.

CE

Одноэлементный



UBFLA-03 (x 3)

UBFLA-1 (x 3)

Пример типового обозначения

UBFLA-1 -3LJB -F

- -F: Опция F: Безсвинцовая пайка провода
- -3LJB: Длина в метрах и тип встроенного провода
- UBFLA-1: Основной тип тензорезистора, база

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
UBFLA-03	0.3	1,9	3,4	2,5	120
UBFLA-1	1	1,3	4,5	2	120

Важно

Композитные материалы, состоящие из пластической матрицы и волокна, такого как стекловолокно (GFRP), углеродное волокно (CFRP) или арамидное волокно (AFRP), имеют разные модули упругости и коэффициенты линейного теплового расширения в зависимости от ориентации волокна. При измерении деформации необходимо учитывать свойства материалов и ориентацию волокна.

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ Серия BF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-3, -5 или -8 : композитные материалы
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

C композит

Диапазон рабочей температуры
−70°C +200°C

Диапазон термокомпенсации
+10°C +80°C

Применимые типы клея

CN	−20 ~ +120ºC
NP-50B	−20 ~ +200ºC
EB-2	−30 ~ +150ºC

ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Форма тензорезистора

Это фольговые тензорезисторы, предназначенные для измерений на композитных материалах. Они имеют решетку специальной формы, допускающую небольшой эффект повышения жесткости тензорезистором, с отличными параметрами при измерении деформации при температуре до 200°C. Серия доступна с температурной самокомпенсацией для материала с коэффициентом теплового расширения 3,5 или 8*10-6/°C. Эту серию рекомендуется использовать для керамики, углерода и композитных материалов.

CE

Одноэлементный

BFLA-2

Одноэлементный

0°/90° 2-элементная плоская розетка

BFCA-2-3

0°/90° 2-элементная плоская розетка

0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка

BFRA-2-3

0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка

Пример типового обозначения

BFLA-2 -3 -3LJC -F

- -F: Опция F: Безсвинцовая пайка провода
- -3LJC: Длина в метрах и тип провода
- -3: Коэффициент температурной самокомпенсации
- BFLA-2: Основной тип тензорезистора, база

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
BFLA-2	2	0,9	7,6	2,5	120
BFLA-5	5	1,5	12,3	3,3	120
BFCA-2	2	1,3	8	8	120
BFCA-5	5	1,5	11,5	11,5	120
BFRA-2	2	1,3	8	8	120
BFRA-5	5	1,5	11,5	11,5	120

Важно

Композитные материалы, состоящие из пластической матрицы и волокна, такого как стекловолокно (GFRP), углеродное волокно (CFRP) или арамидное волокно (AFRP), имеют разные модули упругости и коэффициенты линейного теплового расширения в зависимости от ориентации волокна. При измерении деформации необходимо учитывать свойства материалов и ориентацию волокна.

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ НИЗКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ

Серия GF

Диапазон рабочей температуры
–20°C + 80°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C +80°C

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-50 или -70: Пластик
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

P пластик

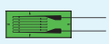
Применимые типы клея | CN | –20 ~ +80ºC

ДЛЯ ПЛАСТМАСС

Форма тензорезистора

Эти тензорезисторы пригодны для измерений на таких материалах как пластмассы, имеющие низкий модуль упругости по сравнению с металлом. Специальная решетка ослабляет эффект повышения жесткости материала образца тензорезистором, а также ослабляет воздействие джоулева тепла на тензорезисторы. Эта серия доступна с температурной самокомпенсацией для материала с коэффициентом теплового расширения 50 или 70*10-6/°C.

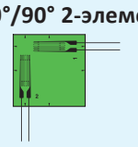
Одноэлементный



GFLA-3

Одноэлементный

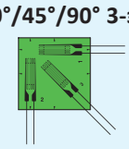
0°/90° 2-элементная плоская розетка



GFCA-3

0°/90°
2-элементная
плоская розетка

0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка



GFRA-3

0°/45°/90°
3-элементная
плоская розетка

Пример типового обозначения
GFLA-3 -350 -50 -3LJC
- Длина в метрах и тип провода
- Коэффициент температурной самокомпенсации
- Сопротивление тензорезистора (остается пустым для 120 Ом)
- Основной тип тензорезистора, база

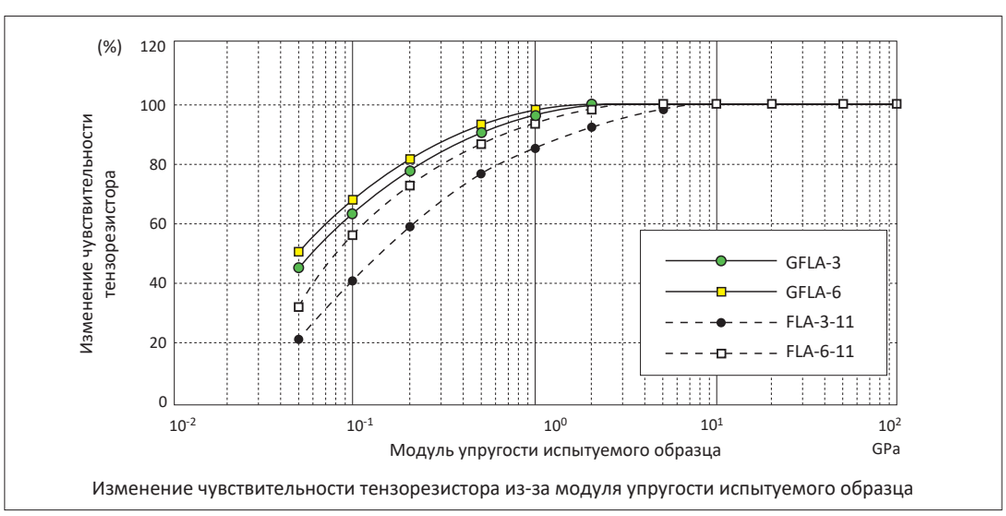
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
GFLA-3	3	2,3	9,5	4	120
GFLA-6	6	2,5	14	5	120
GFLA-3-350	3	2,9	10	5	350
GFLA-6-350	6	2,7	15	5	350
GFCA-3	3	1,4	10,5	10,5	120
GFCA-3-350	3	2,9	15	15	350
GFRA-3	3	1,4	10,5	10,5	120
GFRA-3-350	3	2,9	15	15	350

Важно

Влияние низкого модуля упругости образца

Когда тензорезистор устанавливается на материалах с низким модулем упругости, например, на пластике, жесткость тензорезистора нарушает распределение напряжений вокруг него, тем самым снижая чувствительность к деформации. Это явление называют эффектом повышения жесткости тензорезистором, и оно усиливается по мере снижения модуля упругости образца. Для материалов с модулем упругости 2,9 ГПа (ок. 300 кгс/мм2) и ниже необходимо проводить подготовительное испытание для коррекции коэффициента тензочувствительности.



Изменение чувствительности тензорезистора из-за модуля упругости испытуемого образца

Эффект джоулева тепла

Тензорезисторы серии GF имеют специальную решетку, ослабляющую эффект джоулева тепла. Хотя в общем случае для металлических образцов допустимый ток равен 30 мА и менее, для пластмассовых образцов рекомендуемое значение тока равно 10 мА и меньше.

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ НИЗКОЙ УПРУГОСТИ

Серия LF

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала -11:
Дерево, гипс
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

W дерево G гипс

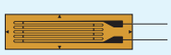
Диапазон рабочей температуры
−20°C — +80°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C — +80°C

Применимые типы клея | CN-E | -20 ~ +80ºC

ДЛЯ ДЕРЕВА, ГИПСА

Форма тензорезистора

Это фольговые тензорезисторы для измерения на таких материалах с низким модулем упругости, как дерево или гипс. Специальная решетка ослабляет эффект повышения жесткости материала образца из-за тензорезистора. Их подложка выполнена из эпоксидной смолы. Эти тензорезисторы термокомпенсированы для материала с коэффициентом теплового расширения 11 *10-6/°C.



Пример типового обозначения
LFLA-10 -11 -3LJC
- LFLA-10 — Основной тип тензорезистора, база
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJC — Длина в метрах и тип провода

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
Одноэлементный					
LFLA-10-11	10	3,1	18,5	5,3	120

ДОЛГОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ МАТЕРИАЛОВ МАТЕРИАЛОВ НИЗКОЙ УПРУГОСТИ

Серия PFLW/PLW

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала
-11: дерево

W дерево

Диапазон рабочей температуры
−20°C — + 80°C
Диапазон термокомпенсации
+10°C — +80°C

Применимые типы клея | PS | -20 ~ +80ºC

ДЛЯ ДЕРЕВА

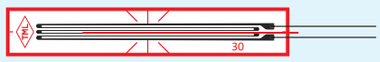
Форма тензорезистора

Эти тензорезисторы специально предназначены для долговременных измерений на дереве. Это тензорезисторы PFL или PL, задняя сторона которых выложена металлической фольгой. Металлическая фольга эффективно защищает тензорезистор от воздействия влаги, содержащейся в дереве. Для наилучших результатов эти тензорезисторы следуют приклеивать клеем PS.

L: длина W: ширина (ед. изм.: мм)

Пример типового обозначения
PFLW-30 -11 -3LJC
- PFLW-30 — Основной тип тензорезистора, база
- -11 — Коэффициент температурной самокомпенсации
- -3LJC — Длина в метрах и тип провода

Одноэлементный



PFLW-30-11

PLW-60-11

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Основной тип	Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
Одноэлементный					
PFLW-30-11	30	2,3	40	7	120
PLW-60-11	60	1	74	8	120

Имеются тензорезисторы серий PFLW и PLW с 2- или 3-жильными проводами ПВХ с параллельными жилами длиной 1,3 и 5 м.

Для серии PFLW/PLW рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Общего назначения (температура в течение времени измерения не меняется)	ПВХ с параллельными жилами -LJB -LJC	-20~ +80	PFLW-30-11-3LJB/PLW-60-11-3LJB PFLW-30-11-3LJC/PLW-60-11-3LJC
Общего назначения	3-жильный ПВХ с параллельными жилами -LJBT -LJCT	-20~ +80	PFLW-30-11-3LJBT/PLW-60-11-3LJBT PFLW-30-11-3LJCT/PLW-60-11-3LJCT
4-проводная схема с 1 тензорезистором	4-жильный полипропиленовый провод 0,08 мм^2 с параллельным расположением жил -LQM	-20~ +100	PFLW-30-11-3LQM/PLW-60-11-3LQM

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ Серия MF

Применимые типы клея для одного элемента

CN/CN-E	–20 ~ +80ºC
RP-2	–20 ~ +80ºC

Кодовый суффикс компенсируемого КТР материала

-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий

При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

Применимые типы клея для 2-/3-элементных стопочных розеток

CN/CN-E	–20 ~ +120ºC
NP-50B/EB-2/C-1	–20 ~ +200ºC

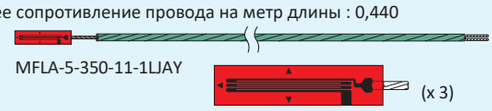
ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Форма тензорезистора

Эти тензорезисторы предназначены для измерения деформации в магнитном поле. В их чувствительных элементах используется материал с низким магнитосопротивлением. Кроме того, чувствительный элемент состоит из двух идентичных решеток, одна из которых отогнута на другую. Такая конструкция делает тензорезистор менее чувствительным к воздействию переменного поля. Эти тензорезисторы оснащены скрученным предварительно подключенным проводом, который также эффективно противодействует влиянию переменного поля. 2- и 3-элементные тензорезисторные розетки этой серии можно использовать при высоких температурах до 200°C.

Один элемент

Встроенный скрученный провод ПВХ 0,08 мм² длиной 1 м -LJAY
Общее сопротивление провода на метр длины : 0,440

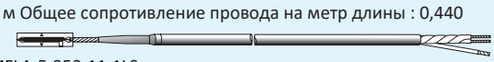


MFLA-5-350-11-1LJAY

(x 3)

Экранированный провод

2-жильный экранированный скрученный провод ПВХ диам. 3,2 мм длиной 1 м Общее сопротивление провода на метр длины : 0,440

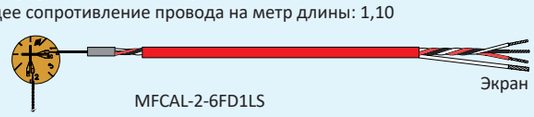


MFLA-5-350-11-1LS

Экран

0°/90° 2-элементная розетка

диам. 1,5 мм 0,04 мм2 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера длиной 1 м
Общее сопротивление провода на метр длины: 1,10

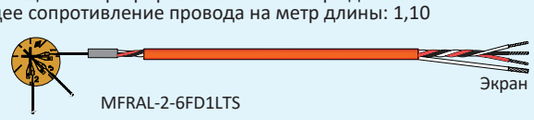


Экран

MFCAL-2-6FD1LS

0°/45°/90° 3-элементная розетка

диам. 1,5 мм 0,04 мм2 3-жильный скрученный провод с изоляцией из фторированного полимера длиной 1 м
Общее сопротивление провода на метр длины: 1,10



Экран

MFRAL-2-6FD1LTS

Для бетонных конструкций Термокомпенсация отсутствует.

Встроенный скрученный провод ПВХ 0,08 мм² длиной 1 м
Общее сопротивление провода на метр длины : 0,440

MFLA-60-350-11-1LJAY

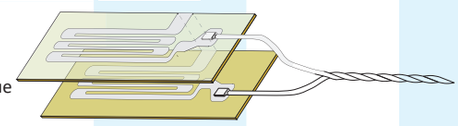
Экранированный провод

2-жильный экранированный скрученный провод ПВХ диам. 3,2 мм длиной 1 м Общее сопротивление провода на метр длины: 0,440

MFLA-60-350-11-1LS

Экран

Основной тип



Две наложенные друг на друга идентичные решетки

Один элемент
Диапазон рабочих температур –196°C +80°C

Один элемент Минимальный заказ - от 10 тензорезисторов.

Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
MFLA-2-350-11	2	0,5	4,7	1,9	350
MFLA-5-350-11	5	0,5	7,9	1,9	350

Имеется встроенный провод для одноэлементных тензорезисторов длиной больше 1 м. Для 2- и 3-элементных тензорезисторных розеток нет проводов другой длины, кроме 1 м.

2-элементная розетка/3-элементная розетка
Диапазон рабочих температур
–196°C +200°C

Минимальный заказ - от 10 тензорезисторов.

0°/90° 2-элементная розетка					
MFCAL-2-6FD-1LTS	2	0,1	ϕ7		120
MFCAL-2-350-6FD1LTS	2	0,2	ϕ7		350
0°/45°/90° 3-элементная розетка					
MFRAL-2-6FD-1LTS	2	0,1	ϕ7		120
MFRAL-2-350-6FD1LTS	2	0,2	ϕ7		350

–196°C +80°C

Один элемент Минимальный заказ - от 10 тензорезисторов.

MFLA- 60-350	60	0.1	64	5	350

Важно

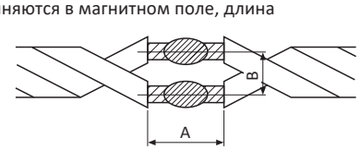
Противодействие шумовым помехам в магнитном поле

Если вы не используете тензорезистор для магнитного поля, выбирайте тензорезистор малой ширины. На выводах такого тензорезистора индуцируется меньшее напряжение, поэтому он предпочтительнее, чем широкий тензорезистор.

На параллельные провода, обычно использующиеся при измерении деформации, воздействует индукция. Обязательно используйте скрученные жилы. Переплетение скрученных жил взаимно уничтожает возникающее индуцированное напряжение. Использование экранированных проводов также предотвращает шумовые помехи.

Подключение

При удлинении проводов соединение нужно располагать как можно дальше от магнитного поля. Блоки мостовых схем нужно также располагать как можно дальше от магнитного поля. Если все-таки провода соединяются в магнитном поле, длина проводного соединения (A) должна быть короткой, а расстояние между выводами (B) маленьким.



ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ Серия YEF/YF/YHF

Температурная самокомпенсация: Отсутствует

ИЗМЕРЕНИЕ БОЛЬШОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Серия YEF

Эти тензорезисторы пригодны для измерения большой деформации до 10~15%. Кроме того, они выдерживают многократную деформацию в области упругости (при уровне деформации ±1500*10-6) как обычные тензорезисторы. Но они не подходят для измерения многократной деформации в большом диапазоне.

Диапазон рабочей температуры

–20°C +80°C

Применимые типы клея	CN	–20 ~ +80ºC
	CN-Y	–20 ~ +80ºC
Предел измеряемой деформации при комнатной температуре	10 ~ 15%	

Пример типового обозначения

YEFLA-2 -3LJC-F

- -3LJC-F: Длина в метрах и тип встроенного провода Соответствует CE
- YEFLA-2: Основной тип тензорезистора, база

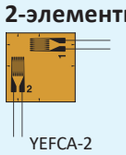
В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Один элемент

YEFLA-2

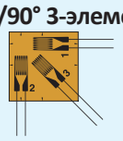
YEFLA-5

0°/90° 2-элементная плоская розетка


YEFCA-2

YEFCA-5

0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка


YEFRA-2

YEFRA-5

Один элемент					
YEFLA-2	2	1,8	7,5	4	120
YEFLA-5	5	1,9	12	4	120
0°/90° 2-элементная плоская розетка					
YEFCA-2	2	1,8	10	10	120
YEFCA-5	5	2	14,5	14,5	120
0°/45°/90° 3-элементная плоская розетка					
YEFRA-2	2	1,8	10	10	120
YEFRA-5	5	2	14,5	14,5	120

Серия YF

Эти тензорезисторы пригодны для измерения большой деформации до 15~20%.

Диапазон рабочей температуры

–20°C +80°C

Применимые типы клея	CN	–20 ~ +80ºC
	CN-Y	–20 ~ +80ºC
Предел измеряемой деформации при комнатной температуре	15 ~ 20%	

Пример типового обозначения

YFLA-2 -3LJC-F

- -3LJC-F: Провод, соответствующий CE Длина в метрах и тип встроенного провода
- YFLA-2: Основной тип тензорезистора, база

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Один элемент

YFLA-2

YFLA-5

YFLA-10

YFLA-20

YFLA-2	2	1.8	7.5	4	120
YFLA-5	5	1.9	12	4	120
YFLA-10	10	2.6	16.6	4.9	120
YFLA-20	20	1.8	26	3.7	120

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЙ Серия YEF/YF/YHF

ИЗМЕРЕНИЕ БОЛЬШОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База Ширина	Подложка Длина Ширина	Сопротивление, Ом

Серия YHF

Эти тензорезисторы предназначены для измерения очень большой деформации до 30~40%. Они неприменимы для измерения многократной деформации в диапазоне модуля упругости, а также в большом диапазоне.

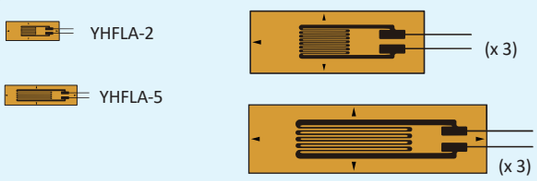
CE

Диапазон рабочей температуры
–30°C +80°C

Применимые типы клея		
	CN	–30 ~ +80ºC
	CN-Y	–30 ~ +80ºC
Предел измеряемой деформации при комнатной температуре		30 ~ 40%

Пример типового обозначения
YHFLA-2 -3LJC-F
- Длина в метрах и тип встроенного провода Соответствует CE
- Основной тип тензорезистора, база

Один элемент



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

YHFLA-2	2	1.5	8	2.7	120
YHFLA-5	5	1.7	11	3	120

Для серий YEF/YF/YHF рекомендуется встроенный провод

Применение	Провода, соответствующие CE	Рабочая температура (°C)	Пример кода провода
Общего назначения (температура в течение времени измерения не меняется)	ПВХ с параллельными жилами LJC-F	-20~ +80	YEFLA-2-3LJC-F YFLA-2-3LJC-F
		-20~ +80	YHFLA-2-3LJC-F
Общего назначения	3-жильный ПВХ с параллельными жилами LJCT-F	-20~ +80	YEFLA-2-3LJCT-F YFLA-2-3LJCT-F
		-20~ +80	YHFLA-2-3LJCT-F

Важно

Показатели YEF/YF/YHF

Серия	Измерение деформации	Предельная наработка до усталостного разрушения при комнатной температуре*1	Температурная самокомпенсация	Изменение кажущейся деформации вследствие циклического нагружения большими деформациями*2	Применение
YEF	10~15%	5 x 10^5 циклов	Отсутствует	деформация 2000 x 10^{-6} / 10 циклов	Измерение повторяющейся деформации в области упругости.
YF	15~20%	1 x 10^2 циклов	Отсутствует	деформация 2000 x 10^{-6} / 10 циклов	
YHF	30~40%	2 x 10^4 циклов	Отсутствует	Отсутствует	
F	5%	1 x 10^6 циклов	Эффективная	деформация 400 x 10^{-6} / 10 циклов	Измерение повторяющейся деформации в области упругости.

*1 : Число повторений, при котором показания значения деформации меняются на 100x10^{-6} и больше при воздействии повторяющейся деформации, приблизительно равной ±1500x10^{-6}, с частотой 15Гц

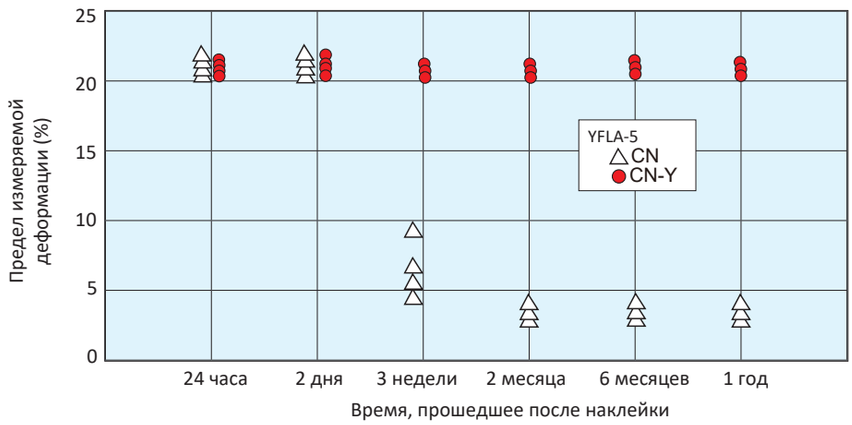
*2 : Изменение показаний деформации при воздействии повторяющейся деформации, равной приблизительно ±10000x10^{-6} со скоростью 4 минуты на цикл.

Клей для тензорезисторов серий YEF/YF/YHF

Эти тензорезисторы необходимо устанавливать на клей CN или CN-Y. Если измерение проводится через несколько дней и больше после наклейки тензорезистора, следует использовать CN-Y. Измерение больших деформаций возможно даже через один год после наклейки тензорезистора клеем CN-Y при условии хранения образцов при комнатной температуре в отсутсвии каких-либо нежелательных условий (влаги, прямых солнечных лучей и т.д.).

Изменение клея CN с течением времени

Хотя клей CN обычно используется для продолжительных измерений деформации, предел измеряемой деформации постепенно снижается со времени, прошедшим после установки тензорезистора. Такое изменение с течением времени происходит вследствие воздействия прямого солнечного света (УФ), температуры и влажности, а также времени после установки. Ниже представлен пример результатов испытаний, проведенных TML для изучения влияния изменения адгезии со временем. Эти результаты показывают не только явные различия из-за условий, воздействующих на испытуемые образцы (температура и влажность), но и снижение пределов измеряемой деформации у тензорезисторов с течением времени после установки. В то время как для обычного измерения деформации это не составляет проблемы, в случае измерения большой деформации растяжения TML рекомендует завершать измерения через 1 или 2 дня после установки. Если тензорезистор должен оставаться в течение длительного периода после установки, пользуйтесь клеем CN-Y.



Контрмеры в случае интервала между установкой тензорезистора и началом измерения

Храните испытуемый образец с прикрепленным тензорезистором в прохладном, темном и сухом месте. Используйте клей CN-Y. (См. приложенную инструкцию).

Воспроизводимость у тензорезисторов для измерения больших деформаций

Тензорезисторы для измерения больших деформаций можно использовать однократно для измерения большой деформации растяжения, но нельзя использовать для измерения повторяющейся большой деформации растяжения. Если повторное испытание проводится в диапазоне деформации, превышающей 5000x 10-6, у тензорезистора наблюдается дрейф нуля. Следует отметить, что величина дрейфа меняется в зависимости от таких факторов, как тип тензорезистора, а также уровень и частота деформаций.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ серия DSF

Диапазон рабочей температуры

–60°C +200°C

Эти тензорезисторы не обладают температурной самокомпенсацией. Это необходимо для измерения температурного влияния с использованием макетного образца перед измерением.

M металл **C** композит

Применимые типы клея

CN	–60 ~ +120ºC
C-1	–60 ~ +200ºC
EB-2	–60 ~ +200ºC

ИСПЫТАНИЕ НА УСТАЛОСТЬ ПРИ ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ

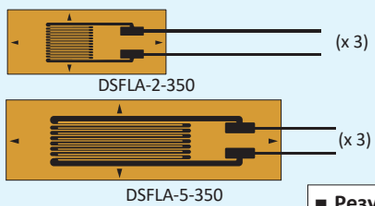
Эти тензорезисторы предназначены для испытания на усталость при высоком механическом напряжении. Тензорезисторы имеют наработку до усталостного разрушения 10 миллионов раз при уровне деформации ±3000x10~6. Имеются тензорезисторы для испытания на циклическое нагружение

CE

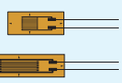
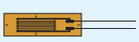
Пример типового обозначения

DSFLA-2 -350 -3LJB-F

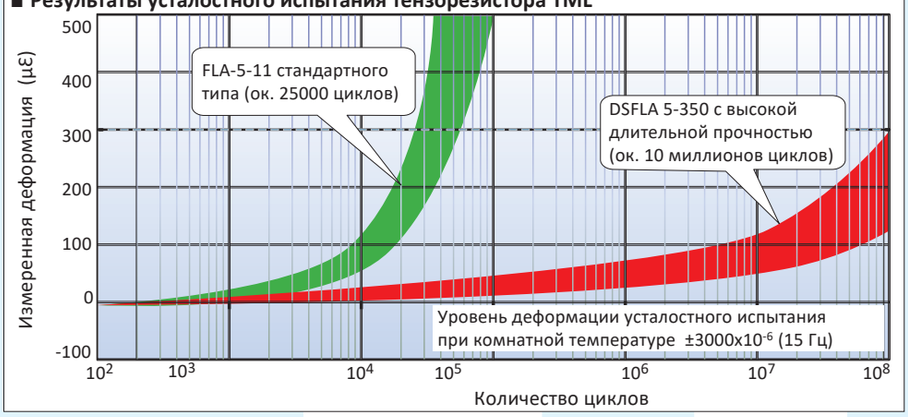
- DSFLA-2: Основной тип тензорезистора и база
- -350: Сопротивление тензорезистора
- -3LJB-F: Длина в метрах и тип встроенного провода. Соответствует CE



В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
	DSFLA-2-350	2	2	8	3,3	350
	DSFLA-5-350	5	2	11	3,2	350

■ **Результаты усталостного испытания тензорезистора TML**



Предельная наработка до усталостного разрушения

Определяется как количество циклов в случае воздействия механически повторяющейся деформации величиной ±3000x10^{-6} на тензорезистор до того, как показания деформации изменятся на величину ±300x10^{6}.

ОДНОСТОРОННИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия DD

Диапазон рабочей температуры

–10°C +70°C

Эти тензорезисторы не обладают температурной самокомпенсацией. Это необходимо для измерения температурного влияния с использованием макетного образца перед измерением.

M металл

Применимые типы клея

CN	–10 ~ +70ºC
P-2	–10 ~ +70ºC

ОДНОСТОРОННИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ

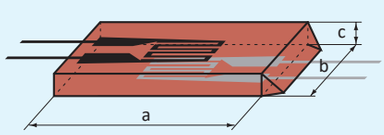
Эти тензорезисторы предназначены для раздельного измерения деформаций изгиба и натяжения, для чего тензорезисторы просто приклеивают на одну сторону плиты или балки. При этом предполагается, что деформация на участке образца имеет линейное распределение по высоте участка, когда участок подвергается одновременному воздействию напряжений натяжения и изгиба. Эти тензорезисторы успешно используют для измерения коробчатых конструкций таких структур как мосты или сосуды, работающие под давлением, у которых невозможно установить тензорезистор на обратной стороне объекта измерений.

Пример типового обозначения

DD-1-15 -350 -3LJB

- DD-1-15: Основной тип тензорезистора
- -350: Сопротивление тензорезистора
- -3LJB: Длина в метрах и тип провода

В каждой упаковке содержится 5 тензорезисторов.



Форма тензорезистора	Толщина применимого образца (мм)	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка a	Подложка b	Подложка c	Сопротивление, Ом
Ок. 5 и меньше		DD-1-15	3	2,9	15	7	1	350
Ок. 5~10		DD-2-30			30	7	2	

ДАТЧИКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕЩИН Серия FAC

Диапазон рабочей температуры
–30°C +80°C

Применимые типы клея

CN	–30 ~ +80ºC
RP-2	–30 ~ +80ºC

M металл

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИН

Эти датчики предназначены для измерения скорости распространения усталостных трещин в металлическом образце. Датчики прикрепляют клеем в том месте, где сделалась трещина, или где ожидается ее появление. Решетки датчиков, расположенные в ряд с интервалом 0,1 мм или 0,5 мм, по мере распространения трещины одна за другой отсоединяются. Датчики используют совместно с адаптером датчика трещин CGA-120B, а отсоединение одной решетки обнаруживается тензометром как изменение деформации приблизительно на 45 или 40*10-6.

CE

ДАТЧИКИ ТРЕЩИН

Тип тензорезистора	FAC-5	FAC-20
Диапазон измерений	4,5мм	20мм
Сопротивление тензорезистора	ок. 1 Ом	
Интервал решеток	0,1мм	0,5мм
Количество решеток	46	41
Выходное значение на одну решетку	ок. 45 με	ок. 40 με
Рабочая температура	-30 ~ +80°C	
Размер подложки	28 x 5мм	43 x 25мм

Адаптер датчика трещин CGA-120B

Точка измерения	1
Допустимая температура	-30 ~ +80°C
Подключенный мост	3-проводная четвертьмостовая схема 120 Ом
Размер	20(ширина) x 15(высота) x 15(глубина) мм (кроме выступающих частей)
Масса	5г

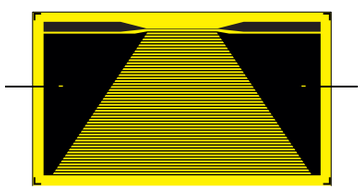
Форма тензорезистора

Датчики трещин

FAC-5

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

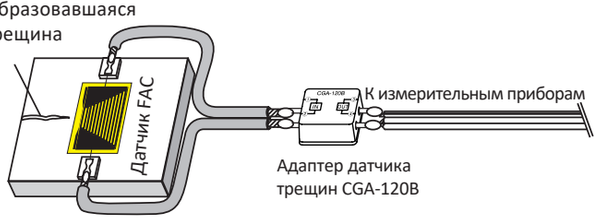
FAC-20



Минимальный заказ - от 1 датчика.

Адаптер датчика трещин CGA-120B

Образовавшаяся трещина



ДАТЧИКИ НАПРЯЖЕНИЙ Серия SF

Диапазон рабочей температуры
–70°C +200°C

Диапазон термокомпенсации
+10°C +100°C

Применимые типы клея

NP-50B	–20 ~ +200ºC
C-1	–20 ~ +200ºC
CN	–20 ~ +120ºC

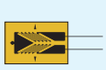
Кодовый суффикс с компенсируемым коэффициентом температурного расширения (КТР) материала
-11: Мягкая сталь -17: Нержавеющая сталь -23: Алюминий
При заказе этот кодовый суффикс необходимо добавить к наименованию основного типа тензорезистора.

M металл

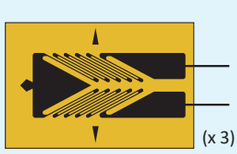
ИЗМЕРЕНИЕ ОСЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Эти датчики предназначены для измерения механического напряжения в образце в произвольном направлении в поле плоских напряжений. Датчики чувствительны не только в своем осевом направлении, но и в поперечном направлении, и отношение чувствительности в поперечном и осевом направлениях равно коэффициенту Пуассона материала образца. Кроме того, датчики не чувствительны к деформации сдвига. Соответственно, выходной сигнал датчика пропорционален напряжению в осевом направлении. Имеются в наличии датчики трех типов в зависимости от коэффициента Пуассона материала образца.

CE



SFA-285



(x 3)

Пример типового обозначения

SFA -285 -11 -3LJC-F

- Основной тип тензорезистора
- коэффициент Пуассона образца.
- Коэффициент температурной самокомпенсации
- Соответствует CE
- Длина в метрах и тип провода

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Коэффициент Пуассона образца.	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
	0,285	SFA-285-11	4	3	9	6	120
	0,305	SFA-305-17					
	0,330	SFA-330-23					

ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ Серия TF

Диапазон рабочей температуры
–20°C +200°C

общего назначения

Применимые типы клея

NP-50B	–20 ~ +200ºC
C-1	–20 ~ +200ºC
CN	–20 ~ +120ºC

ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Эти датчики приклеивают на поверхность образца как обычные тензорезисторы и измеряют температуру поверхности. Если использовать специальный адаптер датчика температуры (TGA-1A или TGA-1B), можно легко измерить фактическую температуру с помощью тензометра.

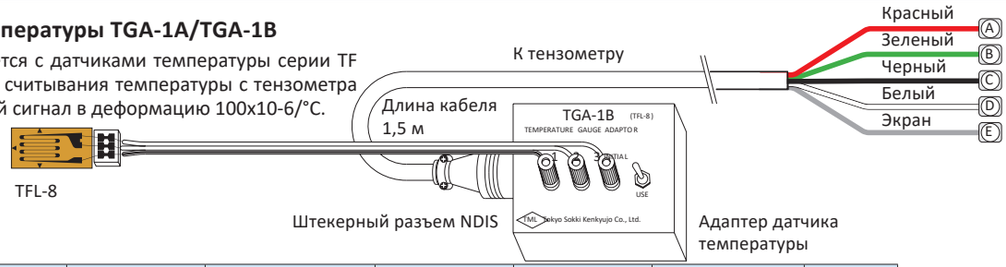
TFL-2-60

TFL-8

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
TFL-2-60	прибл. 0,34	2	1,9	6,1	3,5	60
TFL-3-60	прибл. 0,34	3	3,2	8,5	5	60
TFL-6-60	прибл. 0,34	6	2,6	13	4,5	60
TFL-8	прибл. 0,68	8	3,5	14	5,4	120

Адаптер датчика температуры TGA-1A/TGA-1B

Этот адаптер используется с датчиками температуры серии TF для непосредственного считывания температуры с тензометра и преобразует выходной сигнал в деформацию 100x10-6/°C.



Тип адаптера	Применимый тензорезистор	Температура °C	Чувствительность (деформация x10^{-6}/°C)	Точность (°C)	Мостовая схема	Размеры ширина x высота x глубина (мм)	Масса
TGA-1A	TFL-2-60	-20~+200	100	±1 и меньше	Полный мост	100 x40 x 70	370г
	TFL-3-60						
	TFL-6-60						
TGA-1B	TFL-8	-20~+200	100	±1 и меньше	Полный мост	100 x40 x 70	370г

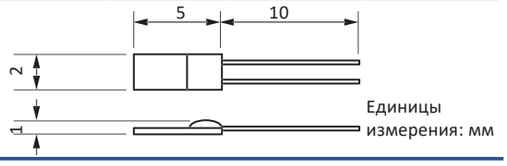
ПЛАТИНОВЫЙ RTD

общего назначения

ПЛАТИНОВЫЙ РТД (Pt 100)

Для измерения температуры платиновый РТД устанавливается на образец и подключается к регистратору данных. Удобное измерение температуры путем наклейки на образец клеем для тензорезисторов. Устройства, оснащенные проводом, доступны по запросу.

Тип	Номинальный ток	Размер подложки (мм)	Контактная	Рабочая температура
CRZ-2005	1 мА и меньше	5x2x1,1	100 Ом (при 0°C)	-40 ~ +400ºC



ТЕРМОПАРА

общего назначения

Термопара представляет собой замкнутую цепь, в которой слабый электрический ток протекает через пару разных проводников. Температура измеряется благодаря термоэлектрическому эффекту, возникающему на обоих концах проводников с разными температурами.

Тип	Термо пара	Диаметр жилы (мм)	Наружный размер (мм)	Материалы оболочки	Цвет оболочки Изоляция +	Цвет оболочки Изоляция –	Цвет оболочки Наружная оболочка	Выдерживаемая температура (ºC)	Длина в рулоне (м)	Примечания
T-G-0.32	T	0.32	2.1x3.2	Жаропрочный ПВХ	Красный	Белый	Коричневый	ок. 100	100	
T-G0.65	T	0.65	2.6x4.0	Жаропрочный ПВХ	Красный	Белый	Коричневый	ок. 100	100	
T-6F-0.32	T	0.32	1.0x1.6	Фторэтилен-пропилен	Красный	Белый	Коричневый	ок. 200	100	
T-6F-0.65	T	0.65	1.5x2.5	Фторэтилен-пропилен	Красный	Белый	Коричневый	ок. 200	100	
T-GS-0.65	T	0.65	ф7.2	Жаропрочный ПВХ	Красный	Белый	Коричневый	ок. 100	100	Экранированный
K-H-0.32	K	0.32	1.4x2.3	Стекловолокно	Красный	Белый	Синий	ок. 350	100	
K-H-0.65	K	0.65	2.0x3.4	Стекловолокно	Красный	Белый	Синий	ок. 350	100	

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ

Тензорезисторы TML используются не только для определения деформации/напряжений, но и в качестве датчиков для датчиков тензорезисторного типа. Датчик тензорезисторного типа преобразует физическую величину, например, нагрузку, давление или смещение в механическую деформацию на теле, генерирующем деформацию (упругом теле), а механическая деформация с помощью установленных на упругом теле тензорезисторов преобразуется в электрический сигнал. Мы предлагаем для датчиков тензорезисторы различных типов, обладающие высокой надежностью и стабильностью.

- Датчики силы (весы)
- Датчики давления
- Датчики ускорения
- Датчики смещения
- Датчики крутящего момента

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ TML ДЛЯ ДАТЧИКОВ

ФОРМА И БАЗА ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Одиночные, прямоугольные 2-элементные, измерение деформации крутящего момент (сдвига).

Форма	База тензорезистора, мм
Одноэлементный	2, 3
0°/90° 2-элементный	2, 3, 6
Для крутящего момента (деформации сдвига)	2

Форма

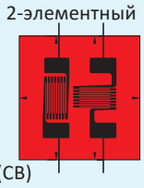
Одноэлементный

(LA)

Усилие затяжки

(CT)

0°/90° 2-элементный



(CB)

0°/90°
2-элементная

(CM)

Показаны 2 типа 2-элементных тензорезисторов 0°/90° с разным расположением элементов. У типа CM полумостовая схема..

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

Форма	Сопротивление тензорезистора (Ом)
Одноэлементный	350, 1000
0°/90° 2-элементный	120, 350
Для крутящего момента (деформации сдвига)	350

Обратите внимание на то, что тензорезистор 1000 Ом потребляет в мостовой схеме меньшую мощность, чем тензорезистор 350 Ом, и ограничивает выделение джоулева тепла.

МАТЕРИАЛЫ ПОДЛОЖКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

В отличие от тензорезисторов для измерения напряжений материалы подложки тензорезисторов для датчиков нельзя выбирать, исходя только из рабочей температуры и способа наклейки. Чтобы обеспечить максимальную эффективность датчика, необходимо испытать различные комбинации с помощью генерирующих деформацию тел (упругих тел), чтобы выбрать наиболее подходящие материалы подложки.

РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Диапазон рабочих температур зависит от предельной выдерживаемой температуры. Имеется также датчик серии F (с эпоксидной подложкой) для использования с клеями теплового отверждения. Подробнее см. на стр. 87 и 88.

Серия тензорезисторов	Материалы подложки тензорезистора	Рабочая температура
F	Специальный пластичный полимер	-20 ~ +150°C
QF	Полиимидная смола	-20 ~ +200°C
EF	Полиимидная смола	-20 ~ +200°C

ТЕРМОКОМПЕНСАЦИЯ

Аналогично тензорезисторам общего назначения тензорезисторы с температурной самокомпенсацией имеются трех типов - для мягкой стали, нержавеющей стали и алюминия. Лучшая температурная компенсация достигается при использовании в мостовой схеме тензорезисторов с температурной самокомпенсацией. Более точная термокомпенсация достигается при добавлении в мостовую схему резистора для компенсации нулевой точки. Примечание. Тензорезисторы серии EF обладают температурной самокомпенсацией только для мягкой стали.

Серия тензорезисторов	Самотермокомпенсируемые материалы (коэффициент линейного теплового расширения в млн-1/°C)	
F	-11: Мягкая сталь	
	-17: Нержавеющая сталь	
	-23: Алюминий	

РЕГУЛИРОВКА ПОЛЗУЧЕСТИ

Характеристика ползучести особенно важна для датчиков силы. Чаще всего в системе компенсации используется ползучесть материала (+) тела, создающего деформацию (упругого тела), и ползучесть тензорезистора (-), которые взаимно уничтожаются. Имеются различные тензорезисторы TML для регулировки ползучести, которые можно выбирать по коду ползучести.

Код ползучести

Ползучесть тензорезистора	Большая ←————> Малая
Код ползучести	C2>C4>C6>C8

ТЕРМОКОМПЕНСАЦИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Модуль упругости тела, генерирующего деформацию (упругого тела), зависит от температуры. При каждом изменении окружающей температуры тела, генерирующего деформацию, меняется измеренная деформация под нагрузкой. Чтобы ослабить это влияние температуры, в мостовую схему вводится резистор компенсации чувствительности.

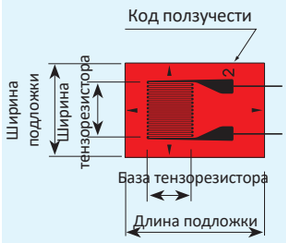
Система обозначений тензорезисторов для датчиков

FLA -2-350 -C2-11

- -2: База тензорезистора
- -C2: Код ползучести
- -11: Коэффициент температурной самокомпенсации
  - 11: Мягкая сталь
  - 17: Нержавеющая сталь
  - 23: Алюминий

Форма тензорезистора

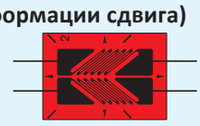
●Один элемент



Размер отличается от реального

FLA-2-350-C2

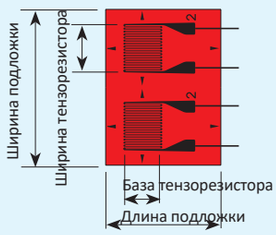
●Измерение крутящего момента (деформации сдвига)



Размер отличается от реального

FCT-2-350-C2

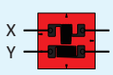
●Одноосный 2-элементный



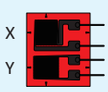
Размер отличается от реального

FLA-2-350-C2-2H

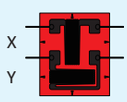
● 0°/90° 2-элементный



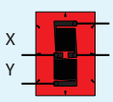
FCB-2



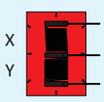
FCB-3-350



FCB-6-350



FCB-2.8-350



FCM-2.8-350

EFCM-2-350

EFCMX-3-350

EFCMY-3-350

Основной тип		Размер тензорезистора База	Ширина	Подложка Длина	Ширина	Сопротивление, Ом
FLA-2-350-(QF)	C2 C4 C6 C8	2	2,9	6,8	4,6	350
FLA-3-350-(QF)	C2 C4 C6 C8	3	3,2	8,5	5	350
FLA-3-1000-(QF)	C2 C4 C6 C8	3	4,2	8,4	5,8	1000
FCT-2-350-(QF)	C2 C4 C6 C8	2	1,5	7,6	5,3	350
FLA-2-350-(QF)	C2-2H C4-2H C6-2H C8-2H	2	2,9	6,8	9,2	350
FLA-3-350-(QF)	C2-2H C4-2H C6-2H C8-2H	3	3,2	8,5	10	350
FCB (QF)	-2	Оси X и Y 2	1,5	8,2	8	120
	-3-350	Оси X и Y 3	3,2	10,5	9,1	350
	-6-350	Оси X и Y 6	2	10	12	350
	-2.8-350	Оси X и Y 2.8	2.8	12	8,5	350
FCM-2.8-350		Оси X и Y 2.8	2,8	12	8,5	350
EFCM-2-350-11		Ось X 2,5 Ось Y 1,4	1,9 3,3	3	12	350
EFCMX-3-350-11		Оси X и Y 3	1,6	8	7,5	350
EFCMY-3-350-11		Оси X и Y 3	1,6	10	6,5	350

ТЕНЗОРЕЗИСТОРЫ Серия BTM/BTMC ДЛЯ БОЛТОВ

Эти тензорезисторы используются для измерения деформации натяжения болта. Они просто вставляются в предварительно просверленное отверстие в болте на эксклюзивных типах клея. Этот метод рекомендуется использовать, если обычный тензорезистор невозможно установить на поверхности болта. Для точного измерения силы натяжения проводят калибровку болта после установкитензорезисторов.

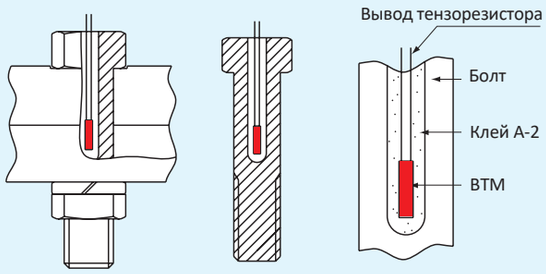
Диапазон рабочей температуры
−10°C +80°C
Диапазон термокомпенсации
Отсутствует

ИЗМЕРЕНИЕ ОСЕВОЙ ДЕФОРМАЦИИ БОЛТА

Серия BTM

CE

Для установки тензорезисторов для болтов BTM используют клей с тепловым отверждением A-2, обеспечивающий лучшую долговременную стабильность.



B болт

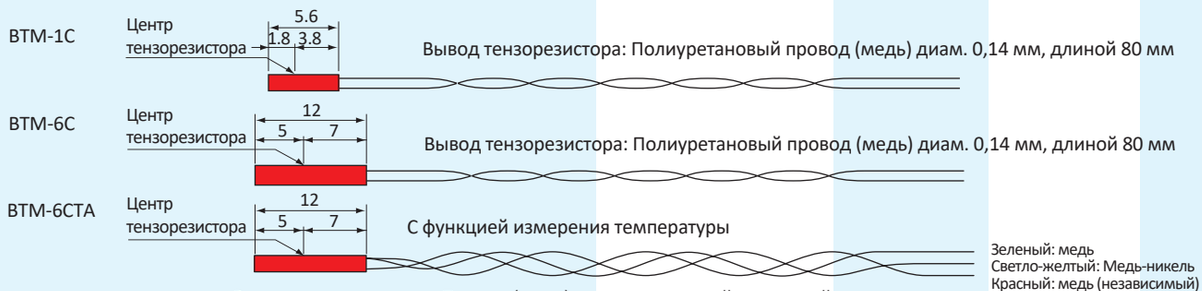
Применимые типы клея: A-2 | −10 ~ +80ºC

В каждой упаковке содержится 10 тензорезисторов.

Форма тензорезистора	Основной тип	Размер тензорезистора База	Размер тензорезистора Ширина	Подложка Длина	Подложка Ширина	Сопротивление, Ом
BTM-1C Просверленное отверстие: диам. 1,6 мм		1	0.7	5.6	1.4	120
BTM-6C Просверленное отверстие: диам. 2,0 мм		6	1	12	1.7	120
BTM-6CTA Просверленное отверстие: диам. 2,0 мм		6	1	12	1.7	120

Со встроенной функцией измерения температуры, применимый при -10~+80 °C

Примечание. Полиуретановая изоляция выводов тензорезистора легко снимается нагретым паяльником, а полиэфирная оболочка - химическим растворителем.



Вывод тензорезистора: Провод (медь) с полиуретановой изоляцией диам. 0,14 мм длиной 80 мм
Полиэфирный провод (медь-никель) диам. 0,12 мм длиной 80 мм

Единицы измерения: мм

Дополнительные шприц и игла

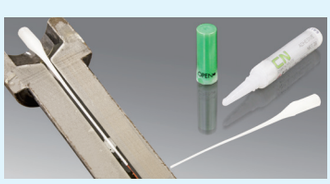
Применимы для	Диаметр иглы	Длина иглы
BTM-1C	1,5 мм	60мм
BTM-6C	1,8 мм	100мм

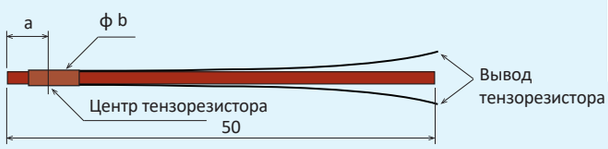
Эксклюзивный шприц для впрыскивания клея A-2 в предварительно просверленное отверстие перед закладкой тензорезистора BTM-1C или -6C.

Серия BTMC

CE

Тензорезисторы BTMC имеют чувствительный элемент в форме трубки и устанавливаются на быстросохнущий клей CN. Установка простая и производится при комнатной температуре.





Единицы измерения: мм

B болт

Применимые типы клея: CN | −10 ~ +80ºC

Основной тип	База тензорезистора (мм)	Центр тензорезистора a (мм)	Диаметр подложки b (мм)	Сопротивление, Ом
BTMC-05-D10-003LE Просверленное отверстие: диам. 1,0 мм	0,5	5	ϕ0,9	120
BTMC-1-D16-003LE Просверленное отверстие: диам. 1,6 мм	1	5	ϕ1,5	120
BTMC-3-D20-006LE Просверленное отверстие: диам. 2,0 мм	3	10	ϕ1,9	120

Вывод тензорезистора: С полиимидной изоляцией диам. 0,1 мм, длина 30 мм для BTMC-05 и BTMC-1, 60 мм для BTMC-3

Услуга установки/калибровки тензорезистора для болта

В настоящее время болты применяют для соединения элементов конструкций в разных областях. Проверять и поддерживать качество крепления можно путем измерения осевой силы, действующей на болт в конструкциях машин, автомобилей, самолетов, скоростных автомагистралей, мостов, креплениях сегментов и т.д. Измерение осевой силы также полезно для определенияи прочности болта и расчета болтового соединения.

TML предоставляет услугу по установке тензорезистора для измерения осевой силы, действующей на болт. Эта услуга заключается в сверлении отверстия, креплении тензорезистора, подсоединении кабеля и выполнения калибровки болта, предоставляемого заказчиком, под нагрузкой. Доступна также услуга установки тензорезистора для высоких температур.

Способ обработки

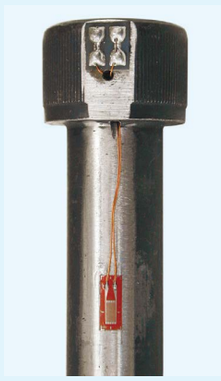
Существует два варианта услуги установки тензорезистора. Один заключается в закладке, другой - в наклейке.

Закладка тензорезисторов серий BTM/BTMC

В центре болта сверлится отверстие диаметром 1,0, 1,6 или 2 мм. Тензорезистор вставляется в это отверстие и заливается эксклюзивным клеем. Этот метод обладает тем преимуществом, что тензорезистор не повреждается шайбой и т.п. при затягивании болта.

Приклеивание серий F, QF, ZF, CF

Два тензорезистора приклеивают по обе стороны стержня болта в положениях, симметричных относительно оси, чтобы исключить влияние изгиба. Необходимо слегка зачистить поверхность стержня болта в местах, где приклеены тензорезисторы, чтобы они не повредились при затягивании болта или при контакте с шайбой. Тензорезисторы выбирают в зависимости от условий применения, в том числе температуры.



Услуга калибровки

Для достижения точности измерений мы предоставляем услугу калибровки, при которой болт калибруется с определенной нагрузкой. Приборы и калибровочные установки, используемые для услуги калибровки, периодически калибруются и проверяются государственными организациями, которые руководствуются национальными стандартами.

■TENSILE TEST OF BOLT

M10×50

Date		2015.3.1		Temperature	23 ˚C		Humidity	30 %	
No.	Serial No.	Strain output (×10^{-6})						Non-linearity	Calibration coefficient
		0 kN	4 kN	8 kN	12 kN	16 kN	20 kN	(%RO)	(kN/×10^{-6})
1	KNE000001	0	550	1105	1649	2207	2773	0.5	0.007212
2	KNE000002	0	593	1200	1809	2421	3032	0.4	0.006596
3	KNE000003	0	571	1140	1710	2287	2860	0.3	0.006993
4	KNE000004	0	578	1156	1748	2339	2935	0.6	0.006814
5	KNE000005	0	579	1173	1778	2377	2986	0.7	0.006698
		0	554			2239	2806		

※ Instrument K=1.000(G.F.=2.00)

TML Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd.
8-2, Minami-Ohi 6-Chome Shinagawa-ku,
Tokyo 140-8560 Japan
TEL(03)3763-5611

Supervised by	Tested by
2015.3.1	2015.3.1

ПОДПАЯЧНЫЕ (КОНТАКТНЫЕ) ПЛОЩАДКИ

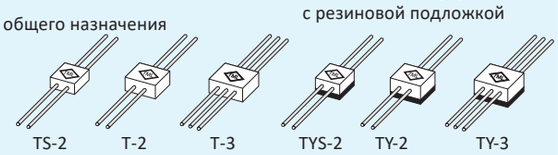
Подпаячные (контактные) площадки TML обеспечивают удобные точки соединения тензорезисторов с проводами измерительной аппаратуры.

Серия T выполнена в виде пластикового кубика с двумя или тремя выводами диаметром около 0,8 мм, прикрепленными к кубику. Серия TY покрыта листовой резиной и подходит для измерения больших деформаций. TP-2 - это самоклеящийся контакт с двумя выводами. TF изготовлен из медной фольги толщиной 0,03 мм и изолирующей подложки их эпоксидного стеклопластика толщиной около 0,15 мм. TFY изготовлен на основе контакта TF, задняя сторона которого покрыта листовой резиной толщиной около 0,8 мм.

Кубические

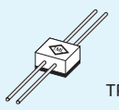
общего назначения

для больших деформаций с резиновой подложкой



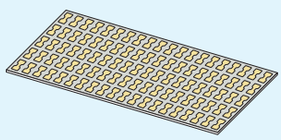
TS-2 T-2 T-3 TYS-2 TY-2 TY-3

Самоклеящийся тип (клей не нужен)



TP-2

Фольговые

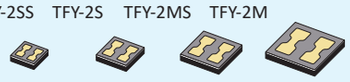


общего назначения

TF-2SS TF-2S TF-2MS TF-2M

для больших деформаций с резиновой подложкой

TFY-2SS TFY-2S TFY-2MS TFY-2M



Для высоких температур с подложкой из полиимидной смолы

TPF-2SS TPF-2S TPF-2MS TPF-2M
TPFH-2SS TPFH-2S TPFH-2MS –

Кубический тип

Тип	Размеры (мм)	Рабочая температура (°C)	Количество (шт. в коробке)
T-2	10x10x5	–20~+90	100
T-3 (3-проводная схема)	10x10x5	–20~+90	100
TS-2	7.5x7.5x5	–20~+90	100
TYS-2	7.5x7.5x7	–20~+90	100
TY-2	10x10x7	–20~+90	80
TY-3 (3-проводная схема)	10x10x7	–20~+90	80
TP-2	10x10x6	–20~+60	100

Фольговый тип

Тип	Размеры (мм)	Рабочая температура (°C)	Количество (пар на листе)
TF-2SS	4.6x3.8x0.2	–196~+180	50
TF-2S	6 x5.3x0.2	–196~+180	50
TF-2MS	8 x7.2x0.2	–196~+180	50
TF-2M	10x9.2x0.2	–196~+180	50
TFY-2SS	4.6x3.8x0.8	–20~+120	50
TFY-2S	6 x5.3x0.8	–20~+120	50
TFY-2MS	8 x7.2x0.8	–20~+120	50
TFY-2M	10x9.2x0.8	–20~+120	50
TPF-2SS	4.6x3.8x0.2	–196~+200	50
TPF-2S	6 x5.3x0.2	–196~+200	50
TPF-2MS	8 x7.2x0.2	–196~+200	50
TPF-2M	10x9.2x0.2	–196~+200	50
TPFH-2SS	4.6x3.8x0.1	–269~+350	50
TPFH-2S	6 x5.3x0.1	–269~+350	50
TPFH-2MS	8 x7.2x0.1	–269~+350	50

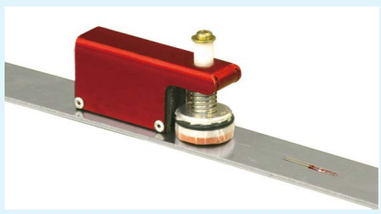
Примечание. Серия TPFH - это жаропрочные соединительные контакты TPF с подложкой из полиимидной смолы. Они пригодны для высокотемпературных измерений с тензорезисторами серий QF/ZF и для многоразовой наклейки на контакты.

ЗАЖИМ ДЛЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

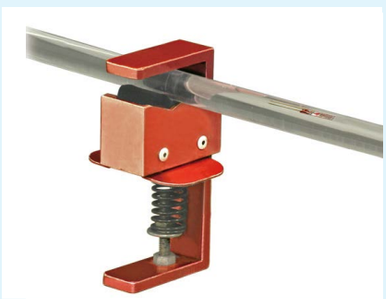
Gauge Mate GMR-S/GMA-S

При наклейке тензорезистора к нему необходимо прикладывать давление до окончания отверждения клея. Это удобно делать с помощью Gauge Mate от компании TML, который представляет собой прижимное устройство для тензорезисторов, состоящее из витой пружины и постоянного магнита. Имеются два типа для образцов разной формы. Модель GMA-S предназначена для плоских образцов, а модель GMR-S - для круглых. Обе модели можно использовать с клеями, отверждающимися при комнатной температуре.

GMA-S
для плоских образцов толщиной 1 мм и больше



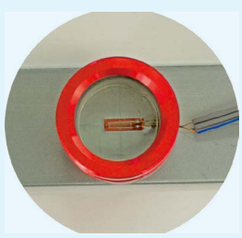
GMR-S
для круглых образцов диаметром 6~32 мм



Прижимная головка PRESSEE PM-19

PRESSEE - это прижимная головка, способная не только прижимать тензорезистор, но и визуально проверять, приклеилась ли прижимаемая деталь. Использование PRESSEE экономит время на прижимание тензорезистора рукой при наклейке. Кроме того, поскольку PRESSEE способна оказывать постоянное давление на тензорезистор, качество склеивания лучше, чем при прижимании рукой.

Прижимаемая площадь диаметром 19 мм для плоского образца.



Применимый тензорезистор	База тензорезистора 6 мм и меньше, диаметр подложки 15 мм и меньше
Применимые типы клея	CN/CN-R/CN-Y, P-2, NP-50B, EA-2A, EB-2
Способ сжатия	Магнитный с помощью постоянного магнита
Приклеиваемый объект	Плоская поверхность магнитного тела
Размеры	Диам. 29 мм x высота ок. 30 мм

КЛЕИ ДЛЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

КЛЕИ ДЛЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Тип		Содержимое	Компонент	Применимый образец	Рабочая температура	Температура и время отверждения	
CN	Однокомпонентный Отверждение при комнатной температуре	Одно 2г x 5	Цианоакрилат	Металл, пластик, композит	–196~+120°C	Комнатная температура 20 секунд ~1 минута (прижать большим пальцем)	
CN-E	Однокомпонентный Отверждение при комнатной температуре	Одно 2г x 5	Цианоакрилат	Бетон, строительный раствор, дерево	–30~+120°C	Комнатная температура 40 сек~2 мин. (прижать большим пальцем)	
CN-R	Однокомпонентный Отверждение при комнатной температуре	Одно 2г x 5	Цианоакрилат	Металл, пластик, композит	–30~+120°C	Комнатная температура 10~30 сек (прижать большим пальцем)	
CN-Y	Однокомпонентный Отверждение при комнатной температуре	Одно 2г x 5	Цианоакрилат	Металл, пластик, композит	–30~+80°C	Комнатная температура 60 сек ~2 мин. (прижать большим пальцем)	
P-2	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 2~6%	A: 25г * B: 3г *	Полиэфир	Металл	–30~+180°C	Комнатная температура Давление 50~300 кПа 2~3 часа	
RP-2	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 2~4%	A: 25г * B: 3г *	Полиэфир	Бетон, строительный раствор	–30~+180°C	Комнатная температура Давление 50~300 кПа 2~3 часа	
PS	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 2~4%	A: 25г * B: 3г *	Полиэфир	Бетон, строительный раствор, дерево	–30~+100°C	Комнатная температура, 2-3 часа	
NP-50B	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 3~4%	A: 25г * B: 3г *	Полиэфир	Металл Композит	–30~+300°C	Комнатная температура Давление 50~300 кПа 16 часов	
C-1	Однокомпонентный Тепловое отверждение	Одно 25г *	Фенол	Металл	–269~+200°C	Предварительное отверждение при 130°C 1 час, давление 200~300 кПа. Окончательное отверждение при 200°C 1 час без давления	
EA-2A	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 2:1	A: 25г * B: 15г *	Эпоксидная смола	Металл, бетон, композит	–269~+50°C	Давление 50~300 кПа. Комнатная температура 1 день или при 50°C 2 часа	
EB-2	Двухкомпонентный Отверждение при комнатной температуре Соотношение смеси: 10: 3	A: 10г x3 B: 3г x3	Эпоксидная смола	Металл Композит	–60~+200°C	Комнатная температура 1 день Давление 50~200 кПа	
A-2	Двухкомпонентный Тепловое отверждение Соотношение смеси: 10: 1	A: 25г * B: 5г *	Эпоксидная смола	Болт	–30~+100°C	Комнатная температура, 12 часов и 140°C 3 часа	

Примечание. Срок хранения

Эффективный срок хранения при условии, что клей хранится должным образом в прохладном, сухом и темном месте, например, в холодильнике (+5~+10°C, не хранить в морозилке).

Надавливание большим пальцем 100~300 кПа

Для двухкомпонентных клеев используйте входящие в комплект емкости для смешивания.

Емкости для смешивания: Полиэтиленовая емкость диаметр 75 мм, глубина 10 мм

*: Содержимое для территорий за пределами Японии.

Важно

- В целом время отверждения клея, который называется "отверждающийся при комнатной температуре", сильно зависит от таких окружающих условий, как температура и влажность. Исходя из условий отверждения, описанных в прилагаемой инструкции, рекомендуется выполнить "пробное отверждение" на месте.
- Для отверждения клея CN (цианоакрилат) необходимо наличие влаги в воздухе. Поэтому на время отверждения влияет не столько температура, сколько влажность.

	Срок хранения	Применение
	6 месяцев	Однокомпонентный клей для тензорезисторов. Время, необходимое для наклейки тензорезистора, чрезвычайно мало, а способ наклейки очень простой. Тонкий слой клея позволяет клеить на пластик и на металл. В нормальных условиях отверждение происходит за 20~60 секунд.
	6 месяцев	Однокомпонентный клей высокой вязкости для наклейки тензорезисторов на пористые материалы, такие как бетон и строительный раствор. В нормальных условиях отверждение происходит за 40~120 секунд.
	3 месяца	Однокомпонентный клей для ускоренного отверждения при более низкой температуре окружающей среды или более низкой относительной влажности. В нормальных условиях отверждение происходит за 10~30 секунд.
	6 месяцев	Однокомпонентный клей, предназначенный исключительно для тензорезисторов, измеряющих большие деформации. Обеспечивает минимальное ухудшение адгезии (прочность на отрыв) вследствие старения. Подходит для измерений больших деформаций через несколько и более дней после наклейки тензорезистора. В нормальных условиях отверждение происходит за 60~120 секунд.
	6 месяцев	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре полиэфирный клей для наклейки тензорезисторов серий PF, P и F. Поместите нужное количество компонента A в прилагаемую емкость для смешивания, затем добавьте такое количество капель компонента B, чтобы он составлял 2~6% веса компонента A. Используйте смесь в течение 5~15 минут.
	3 месяца	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре полиэфирный клей для наклейки тензорезисторов серий PF и P. Порядок смешивания тот же, что и для клея P-2. Поместите нужное количество компонента A в прилагаемую емкость для смешивания, затем добавьте такое количество капель компонента B, чтобы он составлял 2~4% веса компонента A. Используйте смесь в течение 10~20 минут.
	3 месяца	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре полиэфирный клей. Используется для предварительного покрытия поверхности перед наклейкой тензорезисторов серий P и PF на бетон, а также как клей для тензорезисторов серии WFLM. Содержащийся в нем специальный наполнитель устойчив к воздействию щелочей и эффективно препятствует проникновению внутрь бетона влаги и газа. Высокая вязкость позволяет применять его на вертикальных стенках и потолках. Поместите нужное количество компонента A в прилагаемую емкость для смешивания, затем добавьте такое количество капель компонента B, чтобы он составлял 2~4% веса компонента A.
	6 месяцев	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре полиэфирный клей для наклейки тензорезисторов серий QF, ZF и BF. Поместите нужное количество компонента A в прилагаемую емкость для смешивания, затем добавьте такое количество капель компонента B, чтобы он составлял 3~4% веса компонента A. Используйте смесь в течение 5~20 минут.
	3 месяца	Однокомпонентный клей с тепловым отверждением. Применяется для тензорезисторов, выдерживающих тепловое отверждение. Обеспечивает надежные измерения на протяжении длительных периодов и при высокой температуре до 200°C.
	3 месяца	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре эпоксидный клей для наклейки тензорезисторов серии CF, использующихся при температуре от криогенной (-269°C) до 50°C. Смешайте необходимое количество компонентов A и B в весовом соотношении 2 к 1.
	3 месяца	Двухкомпонентный отверждающийся при комнатной температуре эпоксидный клей для наклейки тензорезисторов, использующихся при температуре от -60 до +200°C. Обеспечивает стабильные измерения в течение длительного периода. Смешайте необходимое количество компонентов A и B в весовом соотношении 10 к 3.
	3 месяца	Двухкомпонентный эпоксидный клей с тепловым отверждением для наклейки тензорезисторов BTM. Смешайте необходимое количество компонентов A и B в весовом соотношении 10 к 1, после чего залейте полученную смесь в отверстие, просверленное в болте, в которое вставляется тензорезистор. Выдержите при комнатной температуре в течение 12 часов, затем отверждайте в печи при 140°C в течение 3 часов.

SDS : Паспорт безопасности

TML предоставляет SDS на все свои клеи и покрытия для тензорезисторов. За дополнительной информацией обращайтесь к своему поставщику TML.

МАТЕРИАЛЫ ПОКРЫТИЯ

МАТЕРИАЛЫ ПОКРЫТИЯ

Тип	Материалы	Цвет	Содержание	Рабочая температура	Условия отверждения	
W-1	Твердый микрокристаллический воск	Светло-желтый	500г	0~+50°C	Нанесение расплава при +100~+120°C Застывает при комнатной температуре	
N-1	На основе хлоропренового каучука, разбавленного растворителем	Светло-желтый	25г *	–30~+80°C	Сушка на воздухе Полдня при комнатной температуре	
K-1	На основе специального каучука, разбавленного растворителем	Белый	25г *	–269~+60°C	Сушка на воздухе Полдня при комнатной температуре	
UE-1	На основе специального каучука, разбавленного растворителем	Коричневый	25г *	–40~+150°C	Сушка на воздухе Полдня при комнатной температуре	
Лента SB	Бутилкаучук	Белый	10 мм (ширина) x3 мм (толщина) 5 м длина/рулон	–30~+80°C	Чувствительный к давлению	
Лента VM	Бутилкаучук	Черный	38 мм (ширина) x1 мм (толщина) 6 м длина/рулон	–20~+80°C	Чувствительный к давлению	
KE-348W	Силиконовый каучук	Белый	100г	–50~+200°C	Сушка на воздухе Полдня при комнатной температуре	
KE-348T		Прозрачный	100г			
TSE3976-B	Силиконовый каучук	Черный	100г	–50~+250°C	Сушка на воздухе Один день при комнатной температуре	

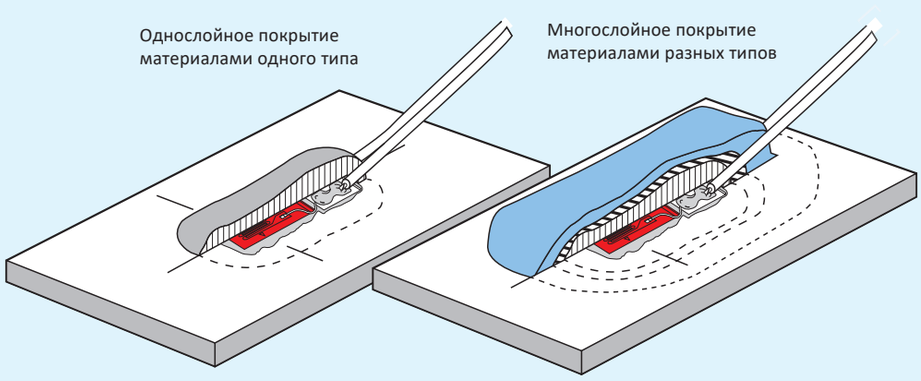
SDS : Паспорт безопасности

TML предоставляет SDS на все свои клеи и покрытия для тензорезисторов. За дополнительной информацией обращайтесь к своему поставщику TML.

Покрытие для особых сред

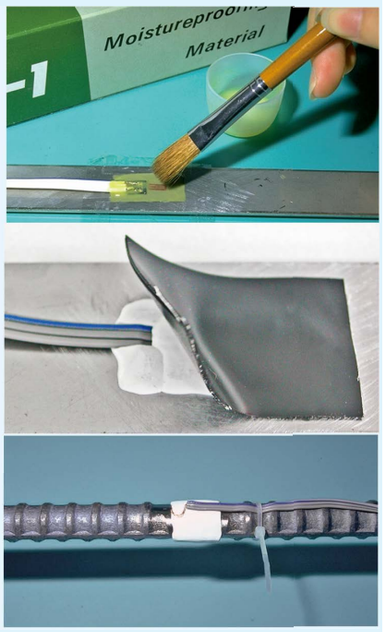
О применении в особых веществах, таких как кислоты, щелочи и спирты, узнавайте в TML или у местных представителей.

* : Содержимое для территорий за пределами Японии.

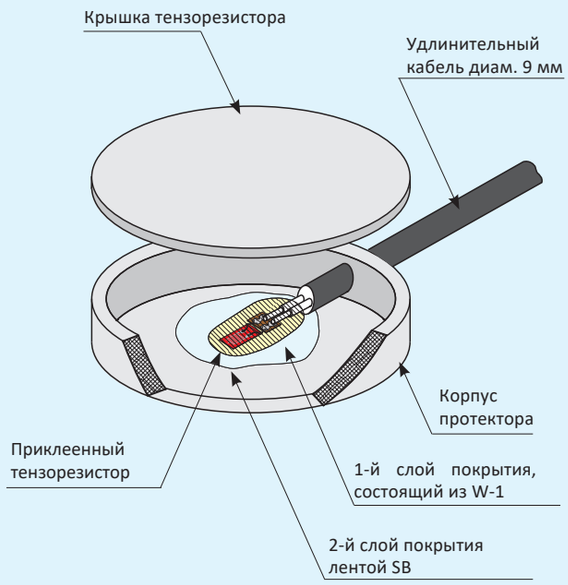


Тип необходимого покрытия и способ применения зависят от среды, в которой используется тензорезистор. В целом, если покрытия одного типа недостаточно, для защиты тенхорезисторов можно применять несколько покрытий. В TML покрытие, наносимое непосредственно на поверхность тензорезистора, называется первым покрытием, на которое накладываются следующие слои покрытия, называющиеся соответственно вторым покрытием, третьим покрытием и т.д. Многослойные покрытия обеспечивают более надежную защиту тензорезистора.

	Назначение	Применение
	Влаго- и водонепроницаемое покрытие для лабораторных и полевых условий, когда механической защиты не требуется, или первое покрытие при многослойном покрытии.	Твердый W-1 помещают в нагревательный аппарат (рекомендуется использовать масляную ванну с регулируемой температурой) и полностью расплавляют при температуре 100 - 120°C. Расплав W-1 наносят на область покрытия кистью. Остывая, W-1 немедленно становится твердым. Обычно наносят многократно, пока остывший W-1 не будет иметь нужную толщину.
	Влаго- и водонепроницаемое покрытие, соответствующее лабораторным и менее жестким полевым условиям, когда механической защиты не требуется.	Слой N-1 наносится на соответствующую область непосредственно из тюбика или кистью. Время отверждения составляет около полудня при комнатной температуре, но зависит от таких условий, как материал образца, температура и т.д. Если слой покрытия слишком тонкий, наносят еще один слой для получения нужной толщины.
	Влагонепроницаемое покрытие для лабораторных условий с температурой от криогенной до комнатной. Не обеспечивает механической защиты высокой степени.	Слой K-1 наносится на соответствующую область непосредственно из тюбика или кистью. Время отверждения составляет около полудня при комнатной температуре, но зависит от таких условий, как материал образца, температура и т.д. Если слой покрытия слишком тонкий, наносят еще один слой для получения нужной толщины.
	Маслостойкое покрытие для лабораторных и полевых условий. Не обеспечивает механической защиты высокой степени.	Слой UE-1 наносится на соответствующую область непосредственно из тюбика или кистью. Время отверждения составляет около полудня при комнатной температуре, но зависит от таких условий, как материал образца, температура и т.д. Если слой покрытия слишком тонкий, наносят еще один слой для получения нужной толщины.
	Влаго- и водонепроницаемое покрытие для лабораторных и полевых условий, когда механической защиты не требуется, или первое покрытие при многослойном покрытии. Обеспечивает отличную защиту от влаги и воды и очень удобна в использовании.	Отрезают ленту SB нужной длины и накладывают на соответствующую область. В заключение крепко прижимают ленту SB шпателем или пальцем, обернутым прокладочной бумагой. Ее также проклеивают под проводом перед нанесением покрытия.
	Используется в качестве второго покрытия или позже, в ходе многослойного покрытия. Обеспечивает отличную защиту от влаги и воды. Очень удобна в использовании.	Отрезают ленту SB нужной длины и накладывают на соответствующую область, прижимая рукой. Ленту VM не следует наклеивать непосредственно на тензорезистор в качестве первого покрытия.
	Подходит для лабораторных условий с высокой температурой, когда не требуется механической защиты высокой степени.	KE-348 наносится на соответствующую область прямо из тюбика. Время отверждения составляет около одного дня при комнатной температуре, но зависит от таких условий, как температура, влажность и т.д.
	Подходит для лабораторных условий с высокой температурой, когда не требуется механической защиты высокой степени.	TSE3976-B наносится на соответствующую область прямо из тюбика. Время отверждения составляет около одного дня при комнатной температуре, но зависит от таких условий, как температура, влажность и т.д.



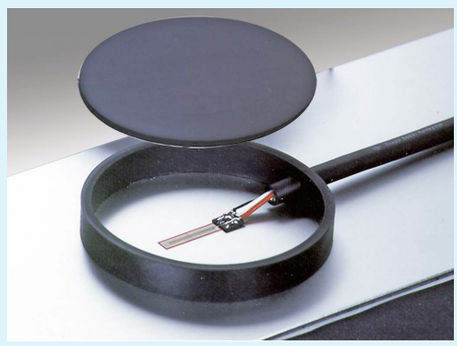
ПРОТЕКТОР ТЕНЗОРЕЗИСТОРА



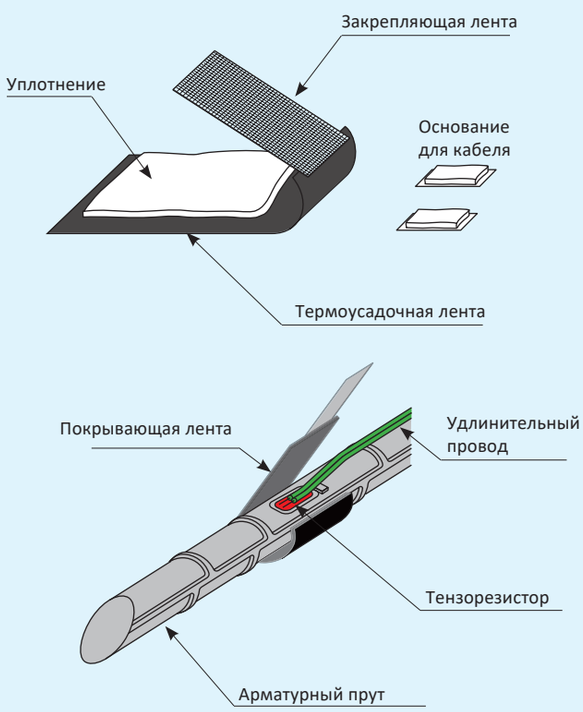
Этот резиновый протектор предназначен для защиты тензорезистора, наклеенного на металлическую поверхность, от воздействий окружающей среды при долговременных измерениях. Тензорезистор запаковывается в протектор вместе с нанесенным клеем и материалами покрытия. Протектор оснащен отверстием для кабельного ввода. Он позволяет изолировать область от воздействий окружающей среды, способных влиять на надежность измерений, и повышает эффективность покрытия.

Технические характеристики

Размеры	Корпус: диам. 100 мм (внутр. диам. 92 мм) x 15 мм (высота) Крышка: диам. 100 мм x 3 мм (толщина)
Рабочая температура	–20 ~ +80°C
Удлинительный кабель	Рекомендуемый диам. кабеля 9 мм



ПОКРЫВАЮЩАЯ ЛЕНТА для арматурных прутьев



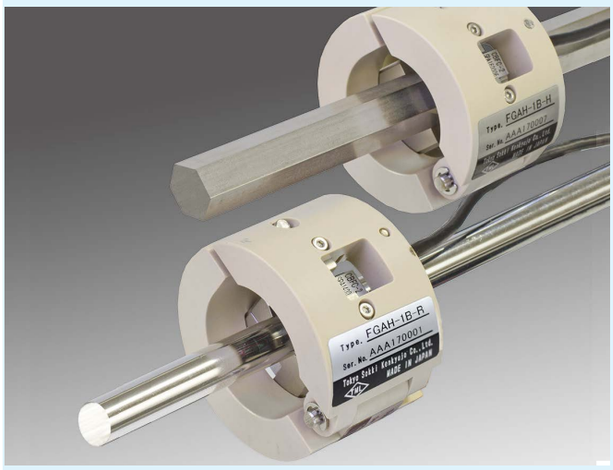
Данная лента специально разработана в качестве водонепроницаемого покрытия для тензорезисторов, наклеиваемых на арматурные пруты или иные цилиндрические поверхности. Ее достаточно просто нанести на поверхность. За счет этого экономится значительное время по сравнению с традиционными процедурами. (Для нанесения требуется технический фен.)

Технические характеристики

Рабочая температура: –20 ~ +80 °C

Тип	Подходящие арматурные пруты	Кол-во в коробке	Тензорезисторы	Окончательный размер (пример)	
				Арматурный прут	Диам. x ширина (мм)
CT-D04	D4	10	FLK-2-11	D4	ϕ10x21
CT-D06	D6	10	FLK-2-11	D6	ϕ12x21
CT-D10	D10	10	FLK-2-11	D10	ϕ15x21
CT-D13	D13	10	FLA-3-11	D13	ϕ19x26
CT-D16	D16	10	FLA-3-11	D16	ϕ21x26
CT-D25	D19~D25	10	FLA-3-11	D25	ϕ31x31
CT-D35	D29~D35	10	FLA-3-11	D32	ϕ37x35

Фрикционный осевой тензометрический датчик FGAH-1B



Этот датчик измеряет осевую деформацию поперечной рулевой тяги автомобиля и имеется двух типов - FGAH-1B-R и FGAH-1B-H для круглого и шестигранного сечения тяги соответственно. Он также подходит для измерения осевой деформации натяжных стержней, используемых в сейсмостойких армированных конструкциях и стальных рамных конструкциях. Поскольку в этом датчике используются фрикционные тензорезисторы, монтаж уже выполнен, и чтобы начать измерение, нужно просто сжать тягу датчиком, не отсоединяя ее. Для прикрепления тензорезисторов к поперечной рулевой тяге не требуется ни технических навыков, ни сложных работ.

Примечание.:
- Фрикционные тензорезисторы являются расходными деталями. Применимый тип фрикционных тензорезисторов - CBFC-2 (опция)..

Применим не только для поперечной рулевой тяги автомобилей, но и для натяжных стержней архитектурных конструкций

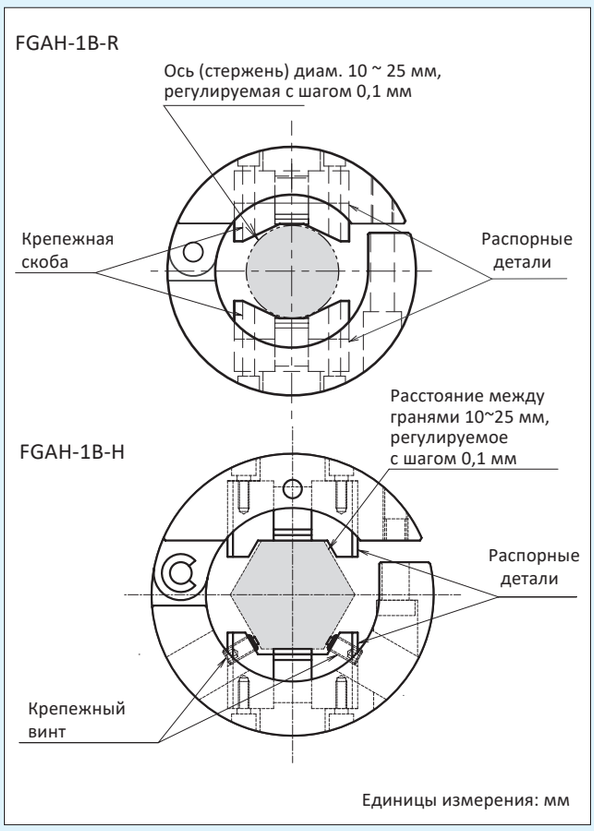
- Легко устанавливается простым зажатием без отсоединения имеющейся рулевой тяги
- Легко достигается поддержанием силы натяжения стержня между металлическими шпунтами или в архитектурных конструкциях - Датчик можно использовать многократно
- Применимый стержень:
  FGAH-1B-R : Диаметр от 10 до 25 мм FGAH-1B-H : Расстояние между гранями от 10 до 25 мм (требуются дополнительные распорные детали)
- Компактная и легкая конструкция, которую можно установить в узком пространстве

■ Технические характеристики

Тип	FGAH-1B-R	FGAH-1B-H
Применимая ось	Круглой формы диам. 10 ~ 25 мм	Шестигранной формы Расстояние между гранями 10~ 25 мм
Допустимые пределы	деформация ±1000x10^{-6}	
Номинальная производительность	Деформация ок. 2600*10^{-6}	
Нелинейность	1%RO	
Допустимый диапазон температуры	-30 ~ +60°C (no dew condensation)	
Частотная характеристика	Ок. 6,5 кГц	
Сопротивление вход-выход	1000Ω±3%	
Размеры	Прибл. диам. 52x35 мм	
Масса	Ок. 55 г (без распорных деталей и кабеля)	
Класс защиты	Эквивалентен IP51	
Рекомендуемое напряжение возбуждения	2В	
Допустимое напряжение возбуждения	5В	
Кабель ввода-вывода	4-жильный экранированный кабель ПВХ диам. 3,2 мм, 0,08 мм2, 5 м	

A авто M металл

■Размеры



■Изображение установки

Установка на натяжной стержень сейсмостойкой армированной конструкции

Стяжная поворотная деталь

Установка на поперечную рулевую тягу автомобиля

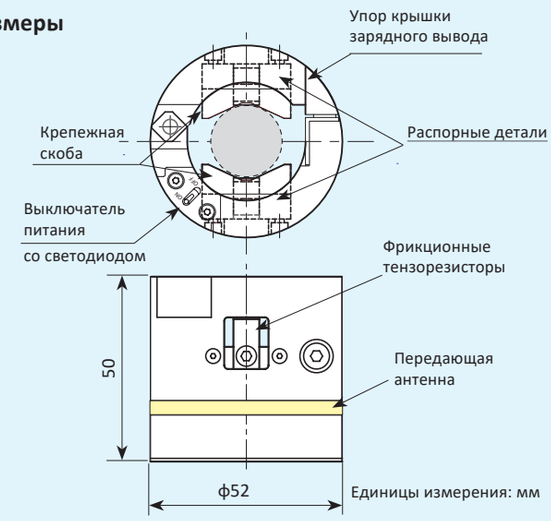
Система фрикционных датчиков крутящего момента FGDH-2A

Особенности

- Легко устанавливается простым зажатием без отсоединения ведущего вала
- Не требуется наклейки, потому что используются фрикционные тензорезисторы
- Беспроводная передача измеренных данных - проводка не требуется
- Помехоустойчивое измерение с помощью цифровой телеметрической системы
- Применимый диаметр вала от 20 до 30 мм (требуются распорные детали)
- Перезаряжаемая батарея с датчиком, установленным на валу

Система датчиков измеряет крутящий момент ведущего вала автомобиля. Фрикционные тензорезисторы используются как чувствительные элементы, и для их установки достаточно надеть систему датчиков крутящего момента на имеющийся вал и зафиксировать ее винтом. Для установки не нужно отсоединять вал, клеить и разводить провода тензорезисторов. Система применима для валов с диаметром от 20 до 30 мм с использованием распорных деталей, доступных в виде опции. В систему встроен телеметрический передатчик, и измеренные данные передаются в эксклюзивный приемник DT-041R-1 беспроводным способом и выводятся в виде аналоговых сигналов. Для беспроводной передачи используется радиосигнал чрезвычайно низкой мощности на частоте 315 МГц.

■ Размеры



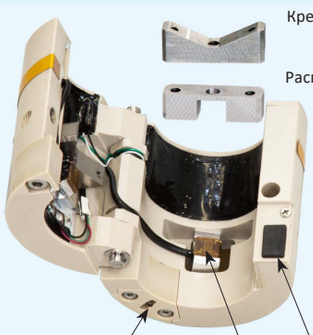
■Технические характеристики

Тип	FGDH-2A
Применимый диаметр вала	20,0 ~ 30,0 мм
Пределы измерения	Зависят от диаметра (внешнего/внутреннего) и материала вала
Выходной сигнал	Зависит от диаметра (внешнего/внутреннего) и материала вала Но в пределах деформации ±16000x10^{-6}, включая начальный дисбаланс ±2000x10^{-6} деформации
Нелинейность	1%RO
Допустимая температура	-20 ~ +60°C (без конденсации)
Частота выборки	10 кГц
Частотная характеристика	ок. 1,1 кГц
Несущая частота	315 ~ 321 МГц
Кол-во беспроводных каналов	4
Размеры	диам. 52 x 50 мм
Масса	ок. 85 г (без распорных деталей)
Класс защиты	Эквивалентен IP51
Время непрерывной работы	Ок. 8 часов (23±5°C)
Источник питания	Перезаряжаемая литиевая батарея
Принадлежности	Зарядное устройство USB

Примечание.

- Для беспроводной передачи FGDH-2A использует радиосигнал чрезвычайно низкой мощности с полосой 315 МГц.
- Эта система не одобрена для применения за пределами Японии.
- Фрикционные тензорезисторы являются расходными деталями.
- Применимый тип фрикционных тензорезисторов - CBFTC-2 (опция).
- Для установки FGDH-2A требуется динамометрическая отвертка.

■Название отдельных деталей



Распорные детали FGDHF-41-X (X указывает толщину распорной детали)
FGDH-2A применим для диаметра вала 20,0 ~30,0 мм со сменой распорных деталей.
Распорные детали доступны с шагом 0,1 мм.

■Измерительная система

Система датчиков крутящего момента FGDH-2A (со встроенным телеметрическим передатчиком)

Телеметрический приемник DT-041R-1

Мультирегистратор TMR-200 Регистратор динамической деформации DC-204R Регистратор имеется в свободной продаже

Для DT-041R-1 требуется внешняя антенна.

Система фрикционных датчиков крутящего момента FGDH-3A

авто

Система датчиков измеряет крутящий момент ведущего вала автомобиля. Фрикционные тензорезисторы используются как чувствительные элементы, и для их установки достаточно надеть систему датчиков крутящего момента на имеющийся вал и зафиксировать ее винтом. Для установки не нужно отсоединять вал, клеить и разводить провода тензорезисторов. Система применима для валов с диаметром от 20 до 30 мм с использованием распорных деталей, доступных в виде опции. В систему встроен телеметрический передатчик, и измеренные данные передаются в эксклюзивный приемник DT-182R беспроводным способом и выводятся в виде аналоговых сигналов. Для беспроводной передачи используется радиосигнал чрезвычайно низкой мощности на частоте 2,4 ГГц.

Особенности

- Легко устанавливается простым зажатием без отсоединения ведущего вала
- Не требуется наклейки, потому что используются фрикционные тензорезисторы
- Беспроводная передача измеренных данных - проводка не требуется
- Для помехоустойчивой цифровой передачи используется всемирно стандартизированная система передачи данных в полосе 2,4 ГГц.
- Применимый диаметр вала от 20 до 30 мм (требуются распорные детали)
- Батарея перезаряжаемая, с установленным на валу FGDH
- Предусмотрена функция энергосбережения

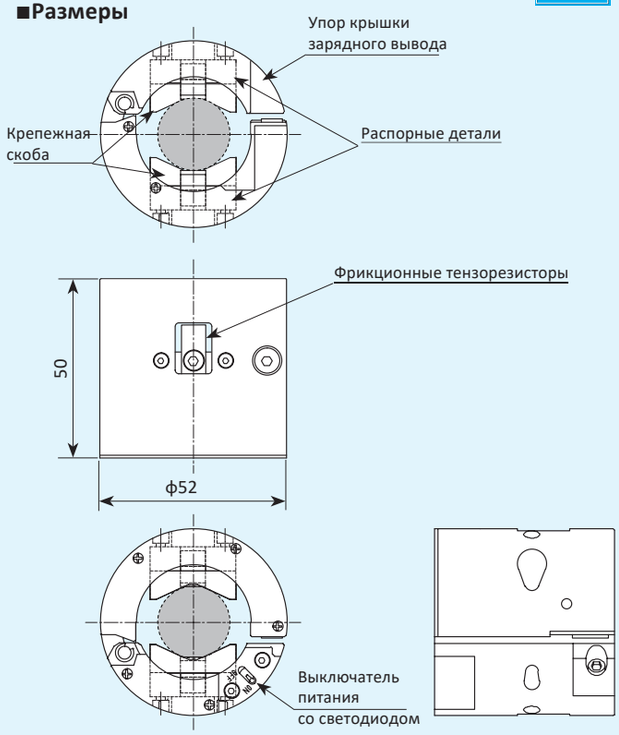
■Технические характеристики (датчик крутящего момента)

Тип	FGDH-3A
Применимый диаметр вала	20,0 ~ 30,0 мм
Пределы измерения	Зависят от диаметра (внешнего/внутреннего) и материала вала
Выходной сигнал	Зависит от диаметра (внешнего/внутреннего) и материала вала Но в пределах деформации ±16000x10^{-6}, включая начальный дисбаланс ±2000x10^{-6} деформации
Нелинейность	1%RO
Допустимая температура	-20 ~ +60°C (без конденсации)
Частота выборки	5кГц
Частотная характеристика	1кГц
Беспроводные технические характеристики	Соответствуют улучшенной системе передачи данных низкой мощности в полосе 2,4 ГГц
Кол-во беспроводных каналов	16
Размеры	диам. 52 x 50 мм
Масса	ок. 85 г (без распорных деталей)
Класс защиты	Эквивалентен IP51
Время непрерывной работы	Ок. 6 часов (23±5°C)
Источник питания	Перезаряжаемая литиевая батарея
Принадлежности	Зарядное устройство USB

Примечание:

- Эта система одобрена для применения в Японии, Народной Республике Китай и ЕС. По поводу других обращайтесь к нам за справкой.
- Фрикционные тензорезисторы являются расходными деталями. Применимый тип фрикционных тензорезисторов - CBFTC-2-005CT. (опция).
- Для установки FGDH-3A требуется динамометрическая отвертка.

■Размеры



Единицы измерения: мм

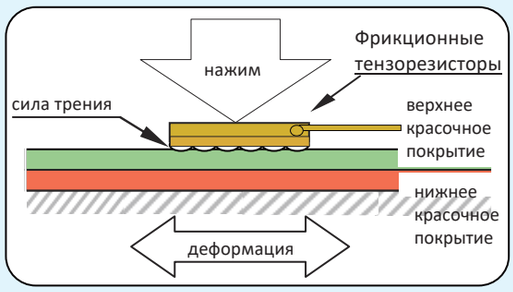
■Технические характеристики (приемник)

Тип	DT-182R
[Беспроводная часть]	
Количество приемных каналов	1
Беспроводные технические характеристики	Соответствуют улучшенной системе передачи данных низкой мощности в полосе 2,4 ГГц
Количество беспроводных каналов	16 (устанавливаются переключателем волновых каналов)
Соединительный контакт антенны	Разъем SMA
[Часть выходного напряжения]	
Количество выходов напряжения	1 или для принятого значения деформации, или для напряжения батареи передатчика (BNC)
Измерение деформации	Полная шкала ±5 В (при входной деформации ±16000x10^{-6} и нагрузке 5 кОм)
Измерение напряжения батареи передатчика	+1,3 ~ +3,9 В (нагрузка 5 кОм)
Точность выходного напряжения	±0,5% полной шкалы (система в целом)
Стабильность по нулю	±0,55 мВ/°C (система в целом)
Стабильность по чувствительности	±0,05 % полной шкалы/°C (система в целом)
Отношение сигнал-шум	47 дБ
Выходной калибровочный уровень	±5 В
НЧ фильтр	100 Гц, 500 Гц, PASS(1 кГц)(-3±1 (дБ))
Диапазон балансировки	деформация ±6000x10^{-6}
Точность балансировки	±5 мВ
Отображение/управление	Светодиод выходного уровня, переключатель НЧ фильтра, переключатель калибровочного выхода, выключатель балансировки
[Общие технические характеристики]	
Напряжение источника питания	9~16 В постоянного тока
Потребляемый ток	80 мА макс. (при подаче 12 В постоянного тока при +23°C ±5°C)
Разъем	HOSHIDEN HEC3800 (Совместимая вилка: диам. 5,5x3,3 ШТЫРЬ диам. 1 мм)
Рабочие условия окружающей среды	0~ +50°C, отн. влажность 85% и ниже (без конденсации)
Наружные размеры	48(ширина) x 23,5(высота) x 100(глубина) мм (кроме выступающих частей)
Масса	Ок. 140 г
Стандартные принадлежности	Коаксильный кабель BNC (CR-31) кабель питания постоянного тока (CR-062) Приемная антенна (AA2402RSPU)

Примечание:

- Требуется удлинительный коаксиальный кабель для приемной антенны. C3RSPJ-EXT-1M (длиной 1 м), C3RSPJ-EXT-3M (длиной 3 м), C3RSPJ-EXT- 5M(длиной 5 м)

Фрикционное устройство контроля деформации Серия FGMH



Устройство контроля деформации серии FGMH измеряет деформацию с помощью силы трения, воздействующей на контактную поверхность фрикционного тензорезистора путем прижатия датчика к конструкции магнитной силой. В отличие от приклеиваемых тензорезисторов подготовки поверхности и наклейки для этого датчика не требуется, поэтому необходимый объем работ значительно сокращается. При использовании совместно с тензометром ручного типа устройство контроля деформации может легко измерять деформации стальных материалов, например, мостов путем последовательной смены точек измерения. Устройство лучше всего подходит для подготовительных измерений перед началом долговременного измерения. В серии FGMH имеется три типа. Это FGMH-1B и FGMH-2A для одноосных измерений и FGMH-3A для трехосных измерений 0°/45°/90°.

Для измерения деформации на стали наклейка не нужна

M металл

- Простой монтаж и демонтаж с помощью рычага
- Удаление краски, шлифование, наклейка и отверждение не требуются
- Многоразового применения
- Измерение деформации в трех направлениях (FGMH-3A)

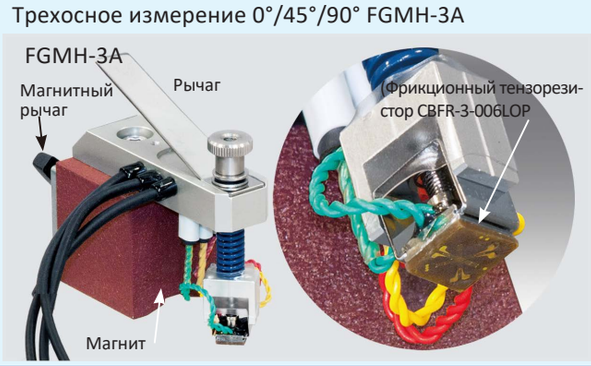
Ручной регистратор данных TC-32K

Одноосное измерение FGMH-1B/FGMH-2A

FGMH-1B - компактное и легкое устройство контроля деформации. Оно включается, выключается и меняет положение с помощью рычага, таким образом обеспечивая удобство в управлении. Фрикционный тензорезистор - расходная деталь. Если он деформирован, поврежден или ухудшил характеристики, его заменяют новым.
Опция: Применимый фрикционный тензорезистор CBF-6-01LOP

FGMH-2A - устройство контроля деформации, специально предназначенное для измерения на малых участках, например, вблизи приваренной детали. Оно легко крепится к объекту измерения и легко снимается с него с помощью магнитного рычага. Кроме того, рычаг установлен в верхней части, чтобы слегка приподнимать фрикционный тензорезистор над измеряемой поверхностью нажатием рычага вниз. Можно легко регулировать направление тензорезистора. Фрикционный тензорезистор - расходная деталь. Если он деформирован, поврежден или ухудшил характеристики, его заменяют новым.
Опция: Применимый фрикционный тензорезистор CBF-3-00FGMH-3A - устройство контроля деформации для трехосного измерения 0°/45°/90°.

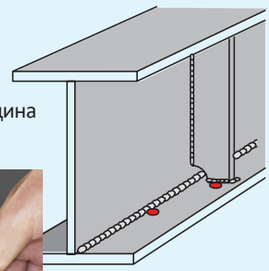
Трехосное измерение 0°/45°/90° FGMH-3A



Главное напряжение (главную деформацию) и соответствующее направление можно определить, выполнив расчет анализа розетки с измеренными значениями деформации в трех направлениях. Устройство применимо для измерений вблизи сварного валика аналогично FGMH-2A. Так же аналогично FGMH-2A оно легко крепится к объекту измерения и легко снимается с него с помощью магнитного рычага. Для легкой регулировки направления тензорезистора предусмотрен другой рычаг. Фрикционный тензорезистор - расходная деталь.
Если он деформирован, поврежден или ухудшил характеристики, его заменяют новым. Опция: Применимый фрикционный тензорезистор CBF-3-006LOP4LOP

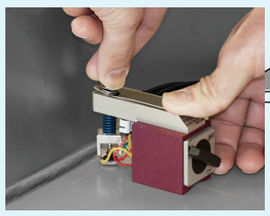
Примеры применения

- Подготовительное измерение моста перед долговременным измерением
- Исследование нейтрального осевого положения сталежелезобетонного моста
- Направление напряжения конструктивного элемента моста, на котором образовалась усталостная трещина
- Измерение напряжения на нововыстроенном мосте, где невозможно снять краску.



Измерение деформации в узкой области

Концентрация напряжений создается вблизи сварного валика, являющегося отложением сварочных материалов вдоль сварочного прохода. Устройство контроля деформации FGMH-2A/FGMH-3A способно измерять деформацию в узкой области, например, вблизи сварного валика, потому что оно легко крепится и снимается с помощью включения/выключения магнитного рычага. С помощью FGMH-3A можно одновременно измерять деформацию в трех направлениях.



■Технические характеристики

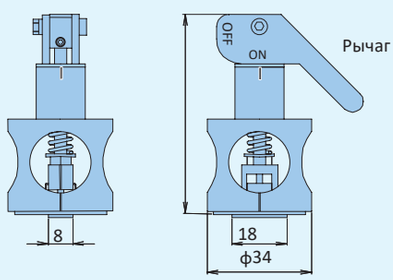
Тип	FGMH-1B	FGMH-2A	FGMH-3A
Количество осей	Одноосный		Трехосный
База тензорезистора	6мм	3мм	
Рабочая температура	0 ~+60ºC		
Диапазон термокомпенсации	0 ~+60ºC		
Целевой материал	Металл, сталь (коэффициент теплового расширения 11 млн-1/°C)		
Сопротивление вход-выход	120 Ом		
Коэф-т тензочувствительности	ок. 2		
Режим измерения	Полный мост		
Кабель ввода-вывода	–	4-жильный экранированный хлоропреновый кабель диам. 3 мм, 0,05mm^2, длиной 2 м с прикрепленным 7-контактным разъемом NDIS	
Поставляемый кабель	Провод длиной 2 м с печатной платой мостовой схемы и прикрепленным 7-контактным разъемом NDIS	–	
Масса (без кабеля)	Ок. 60 г	Ок. 260 г	

Примечание.

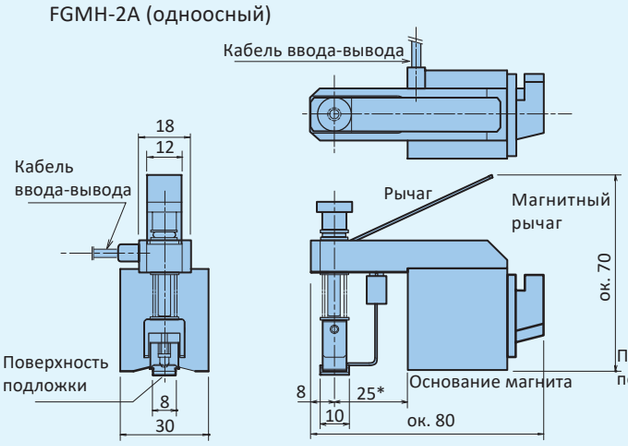
- Устройство контроля деформации крепится на объекте измерения с помощью магнитной силы. Оно неприменимо для измерения немагнитных материалов.
- Устройство контроля деформации неприменимо для искривленных или неровных поверхностей.
- Если вблизи устройства контроля деформации производятся удары молотком или подобным инструментом, возможен сдвиг измеренных значений.
- На машине или конструкции, испытывающей сильную вибрацию может оказаться невозможной коррекция измерений.
- Для более точных измерений рекомендуется снять краску и наклеить обычный тензорезистор на основную металлическую поверхность.

■Размеры

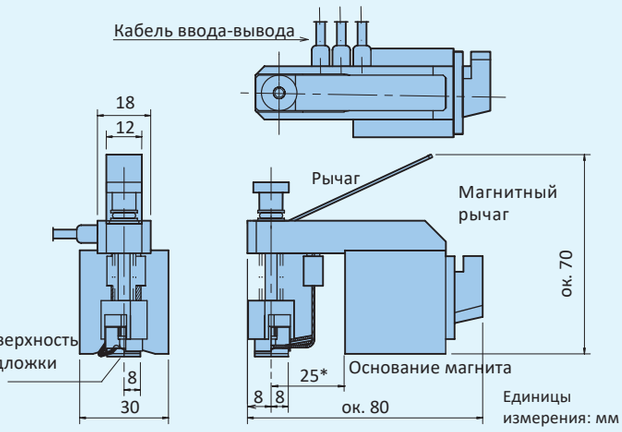
FGMH-1B (одноосный)



FGMH-2A (одноосный)



FGMH-3A (0°/45°/90° трехосный)



*: Если поверхность подложки тензорезистора параллельна основанию магнита. (FGMH-2A, FGMH-3A)

Приборы TML для измерения деформации

Серия регистраторов данных TML

Регистраторы данных высокой точности и стабильности разрабатывались с использованием многолетнего опыта

- Высокоточные измерения в широком диапазоне стали возможны благодаря использованию высокоточного АЦП с высокой разрешающей способностью и функцией автоматической регулировки диапазона
- TDS-630 с возможностью чрезвычайно высокой скорости измерений и разнообразными функциями
- TDS-540 с отличной адаптивностью к разным условиям применения
- TDS-150 для измерений на месте в относительно малом масштабе
- TC-32K в ручном исполнении для простых измерений ипроверок
- Возможность выбора деформации, напряжения, термопары и платинового РТД для каждого канала
- Для каждого регистратора данных имеются внешние коммутаторы

Программное обеспечение TDS-7130V2 дляTDS-630, TDS-540 и TDS-150

- Анализ данных с помощью различных расчетных функций
- Визуально привлекательное отображение измерений с помощью различных графиков и цифровых видеомониторов
- Графические данные легко накладываются друг на друга, кроме того, возможно быстрое сокращение объема данных
- Для каждого измеренного значения и результата расчета можно установить аварийную сигнализацию

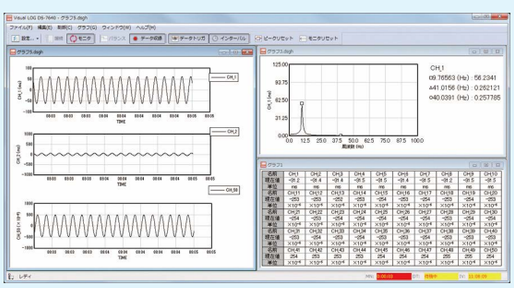
ПО TDS-700L для TDS-540, TDS-150 и TC-32K

- Непосредственное сохранение измеренных данных в виде таблицы Excel
- Простое и быстрое функционирование от измерений до обработки данных с помощью функций Excel
- Максимальное количество измерительных каналов - 200

Регистратор данных	TDS-630	TDS-540 CE	TDS-150 CE	TC-32K CE
Количество каналов встроенного коммутатора	30	30	-	1
Количество каналов	1000	1000	50	5
Совместимые коммутаторы	IHW-50H/IHW-50G	IHW-50G/ISW-50G	FSW-10/FSW-10L	CSW-5B/-5B-05
Количество каналов	50	50	10	5
Время сканирования	IHW-50H 0,1 с/1000 каналов IHW-50G 0,4 с/1000 каналов	IHW-50G 0,4 с/1000 каналов ISW-50G 2 с/1000 каналов	4 с/50 каналов	0,4 с/5 каналов
Интерфейс	LAN/USB/RS-232C		USB/RS-232C	
Измерение деформации				
Разрешающая способность Режим высокого разрешения	деформация (1,2, 4, 8 или 16)x10^{-6} деформация (0,1, 0,2, 0,4, 0,8 или 1,6)x10^{-6} В зависимости от измеренного значения		деформация (1или 10)x10^{-6} - В зависимости от измеренного значения	
Диапазон измерения Режим высокого разрешения	деформация 640000x10^{-6} деформация 64000.0x10^{-6}		деформация 300000x10^{-6} -	
Измерение напряжения постоянного тока				
Разрешение диапазон V1/100 диапазон V1/1	деформация (0,1, 0,2, 0,4, 0,8 или 1,6) мВ (1, 2, 4, 8 или 16) мкВ В зависимости от измеренного значения		(0,1 или 1) мВ (1 или 10) мкВ В зависимости от измеренного значения	
Диапазон измерения диапазон V1/100 диапазон V1/1	64 В 640 мВ		30 В 300 мВ	
Применимая термопара	T, K, J, B, S, R, E, N			
Применимый платиновый РТД	Pt 100 3-проводный			
Электропитание	100~240 В переменного тока 50/60 Гц		9~18 В постоянного тока	
			Батарея D 4 ш т.	Батарея AA 4 ш т.
Применимое ПО	TDS-7130v2			-
	-	TDS-700L		

Многоканальная динамическая система сбора данных с DS-50A

Недорогая измерительная система, в основном предназначенная для тензорезисторов



- 550 измерительных каналов для одного комплекта DS-50A
- Возможна одновременная выборка с интервалом 1 миллисекунда при использовании одного комплекта
- Непосредственное подключение тензорезистора120 или 350 Ом в четвертьмостовой схеме
- Числовые, статистические и тригонометрические расчеты и анализ прямоугольных розеток
- На спектральной диаграмме отображаются до 20 точек пиковых значений
- Величина и направление силы, полученные из анализа прямоугольной розетки, отображаются в векторном виде
- Для обработки после измерения возможны исключение, прореживание и комбинирование данных
- Возможно наложение T-Y X-Y и спектральной диаграммы на другие данные

Количество каналов	Максимум 50 каналов Блоки деформации, напряжения и термопар можно смешивать. 10 каналов / 1 блок
Синхронизация	Максимум 20 комплектов (1000 каналов)
Частота выборки	1~10000 мс (устанавливается с шагом 1 мс). К частоте выборки прибавляется 1 мс при каждом дополнительном подключении 1 комплекта
Интерфейс	LAN (100 BASE-TX)
Блок деформации	
Сопротивление тензорезистора	3-проводная четвертьмостовая схема 120, 350 Ом Полумост 120~1000 Ом, полный мост 120~1000 Ом
Частотная характеристика	постоянный ток 100 Гц
Блок напряжения	
Формат входа	Односторонний (несбалансированный)
Диапазон измерений	±20 В
Частотная характеристика	постоянный ток 100 Гц
Блок термопары	
Диапазон измерений	T:-250~ +400°C K:-210 ~ +1370°C J:-200~ +1200°C
Частотная характеристика	постоянный ток~10 Гц

Маленький, но многофункциональный и многовходовый

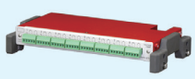
Количество каналов: 80
Частота выборки:
Макс. 100 кГц
Регистрирующий носитель:
CF-карта
(макс. 32ГБ)
Интерфейс: LAN, USB

Это многофункциональная система сбора данных, способная получать сигналы от различных датчиков. Благодаря компактной и устойчивой к вибрациям конструкции она подходит для бортовых измерений на автотранспорте. Она также оснащена функциями восстановления данных при перебоях подачи питания и рестарта измерения после восстановления. Возможны долговременные измерения с использованием CF-карты большой емкости. Кроме того, возможен анализ гистограмм в реальном времени за счет добавления опциональной библиотеки анализа гистограмм.

Измерительные блоки

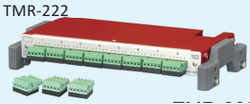
Полномостовой блок для измерения деформации TMR-221

Блок напряжения/ термопары TMR-231



Блок CAN/VOICE TMR-251

Блок деформации 1G2G4G TMR-222



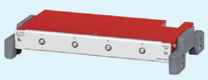
Блок выходного напряжения TMR-231

Блок цифрового ввода-вывода TMR-253

Блок деформации переносного типа TMR-223

Блок телеметрического интерфейса TMR-252

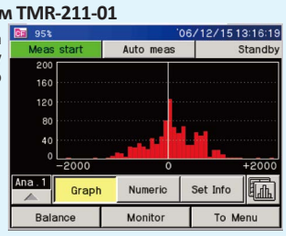
Блок усилителя заряда TMR-261



ОПЦИЯ

Библиотека анализа гистограмм TMR-211-01

При установке ПО TMR-211-01 на блоке управления TMR-211в систему TMR-200 можно добавить функцию регистратора гистограмм.



■Регистрация гистограмм в приложениях

Хорошо известно, что большинство конструкций содержат части, подвергающиеся циклическим нагрузкам, что приводит к разрушению конструкции, и в этом разрушении есть корреляция между механическим напряжением и циклами. Случайные напряжения обычно имеют место в конструктивных компонентах автотранспорта, машинного оборудования и архитектуры. Понимание механизмов разрушения из-за таких напряжений, как указанные выше, очень важно. При случайных циклических напряжениях усталостное разрушение обычно характеризуется амплитудой напряжения и его циклами, обработанными методом дождевого потока.

Частотный анализ TMR-7630H

Отображение различных графиков, например, отслеживание графиков в виде эпюр, числовых значений и в осях X-Y, хронологических графиков, спектров и гистограмм.
Автоматическое измерение и сбор данных с помощью интервала, триггера информации, внешнего триггера, автономного режима, компаратора данных и программы
Анализ гистограмм:
пик/впадина, MAX/MIN, AMP, TIME, LEVEL, дождевой поток

●Прогноз наработки до усталостного разрушения