

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Тензорезисторы на основе тонких пленок TML

Назначение средства измерений

Тензорезисторы на основе тонких пленок TML (далее - тензорезисторы) предназначены для измерений деформаций поверхности в деталях машин и конструкций при воздействии статических и динамических нагрузок.

Описание средства измерений

Принцип действия тензорезисторов на основе тонких пленок TML основан на свойстве проводников изменять электрическое сопротивление при изменении их геометрических размеров (при деформации). Коэффициент изменения сопротивления проводящего слоя тензорезистора пропорционален величине измеряемой деформации с учетом определенной постоянной.

Конструктивно тензорезисторы на основе тонких пленок TML состоят из чувствительного элемента - металлического резистивного слоя заданной толщины, напыленного на диэлектрическую подложку. Чувствительный элемент тензорезисторов на основе тонких пленок TML выполнен способом тонкопленочной технологии на основе композиций Cu-Ni или Ni-Cr. От воздействия внешних факторов окружающей среды чувствительный элемент тензорезисторов защищен пленочным слоем непроводящего материала (протекторная защита).

Конструктивная конфигурация тензорезисторов: одноэлементные (одинарные); многоэлементные (многослойные розетки); исполнение для специального применения. Особенностью тензорезистивных розеток является расположение двух, трех или более чувствительных элементов на одной подложке под определенными углами (45°, 90°, 120°, 180°). Подобное конструктивное исполнение позволяет проводить измерения деформации сдвига или измерять деформацию объекта в двух и более осевых направлениях, совпадающих с главными осями тензорезисторов.

В зависимости от сочетаний материалов: подложки, чувствительного элемента, слоя протекторной защиты, а также в зависимости от количества отдельных тензорезистивных слоев, собранных в электрическую схему на одной подложке, выпускаются несколько групп с большим количеством модификаций тензорезисторов торговой марки TML.

Специфика номенклатуры тензорезисторов, отражена в маркировке, включающей 7 групп символов, которые отражают конструктивные особенности тензорезисторов, а также условия их применения: [I] [II] - [III] [IV] - [V] - [VI] - [VII].

Группа [I] - буквенные индексы в этой группе символов определяют тип, к которому принадлежит тензорезистор. Выпускаются следующие типы тензорезисторов:

- F/CCF/EF - тензорезисторы общего применения, в том числе для сборки в цепи нескольких тензорезисторов на одной подложке;
- UF - тензорезисторы общего применения;
- WF - тензорезисторы во влагозащищенном исполнении;
- PF - тензорезисторы в виде плоских пленок с подложкой из сложных полиэфиров;
- P - тензорезисторы в виде проводников круглого сечения с подложкой из сложных полиэфиров;
- FLM/WFLM - тензорезисторы с металлической подложкой;
- MF - тензорезисторы для применения в магнитных полях;
- PM/PMF - тензорезисторы специальной формы в корпусе с подложкой из сложных полиэфиров;
- YEF/YF/YUF - тензорезисторы в виде плоских пленок, работающие за пределами текучести;
- PMFLS/SSM - тензорезисторы для применения в среде асфальтов;

- LF - тензорезисторы для использования на низкоэластичных поверхностях;
- PFLW/PLW - тензорезисторы длительной работы на древесине;
- GF - тензорезисторы для использования на низкоэластичных поверхностях;
- UBF/BF - тензорезисторы для использования на поверхностях из композитных материалов;
- CEF - тензорезисторы для использования при измерениях в широком температурном диапазоне;
- CF - тензорезисторы для использования при измерениях в криогенном температурном диапазоне;
- QF/ZF - тензорезисторы для использования при измерениях в диапазоне повышенных температур;
- SF - тензорезисторы для использования при повышенных напряжениях в исследуемых образцах;
- AW - тензорезисторы для использования при измерениях в герметичных сварных соединениях;
- BTM - тензорезисторы для использования при измерениях деформации вдоль оси в болтовых резьбовых соединениях;
- BTMP - тензорезисторы для использования при измерениях усилий вдоль оси в болтовых резьбовых соединениях;
- FGMH - тензорезисторы для использования при измерениях деформации на магнитных поверхностях;
- DD - тензорезисторы для использования при измерениях растяжений и изгибов поверхностей исследуемых объектов;
- FAS - тензорезисторы для использования при измерениях развития трещин;
- TF - тензорезисторы для использования при измерениях температуры.

Группа [III] - буквенные индексы в этой группе символов указывают на конструктивное исполнение резистивных металлических слоев тензорезистора. Слои могут иметь следующие варианты конструктивного исполнения:

- L/LA/LK7LX/LG/BX/BY - вариант исполнения с одним резистивным металлическим слоем;
- C7CA/CAL/LC/CS/CB/CM/CMX/CMY - вариант исполнения с двумя резистивными металлическими слоями;
- R/LR/RA/RAL/RAS/RS - вариант исполнения с тремя резистивными металлическими слоями;
- XV/YV/BXV/BYV - вариант исполнения с пятью резистивными металлическими слоями, расположенными соосно;
- XX/YX - вариант исполнения с десятью резистивными металлическими слоями, расположенными соосно;
- CV - вариант исполнения с наложением пяти резистивных металлических слоев с пересечением в ортогональных координатах;
- CT - вариант исполнения со специальным наложением резистивных металлических слоев для измерений крутящего момента силы;
- LT - вариант исполнения с наложением резистивных металлических слоев с пересечением в координатах 45°.
- BTMP - тензорезисторы для использования при измерениях усилий вдоль оси в болтовых резьбовых соединениях;
- FGMH - тензорезисторы для использования при измерениях деформации на магнитных поверхностях;
- DD - тензорезисторы для использования при измерениях растяжений и изгибов поверхностей исследуемых объектов;
- FAS - тензорезисторы для использования при измерениях развития трещин;
- TF - тензорезисторы для использования при измерениях температуры.

Группа [II] - буквенные индексы в этой группе символов указывают на конструктивное исполнение резистивных металлических слоев тензорезистора. Слои могут иметь следующие варианты конструктивного исполнения:

- L/LA/LK7LX/LG/BX/BY - вариант исполнения с одним резистивным металлическим слоем;
- C7CA/CAL/LC/CS/CB/CM/CMX/CMY вариант исполнения с двумя резистивными металлическими слоями;
- R/LR/RA/RAL/RAS/RS - вариант исполнения с тремя резистивными металлическими слоями;
- XV/YV/BXV/BYV - вариант исполнения с пятью резистивными металлическими слоями, расположенными соосно;
- XX/YX - вариант исполнения с десятью резистивными металлическими слоями, расположенными соосно;
- CV - вариант исполнения с наложением пяти резистивных металлических слоев с пересечением в ортогональных координатах;
- CT - вариант исполнения со специальным наложением резистивных металлических слоев для измерений крутящего момента силы;
- LT - вариант исполнения с наложением резистивных металлических слоев с пересечением в координатах 45° .

Группа [III] - цифровой индекс в этой группе обозначений указывает на величину длины базы тензорезистора в единицах - мм.

Группа [IV] - буквенные индексы этой группы указывают:

- A/B - вариант исполнения для использования при измерениях деформаций среза;
- T - вариант исполнения со встроенной термопарой.

Группа [V] - цифровой индекс в этой группе обозначений указывает на величину сопротивления резистивного слоя в единицах - Ом.

Группа [VI] - цифровой индекс в этой группе указывает величину температурного коэффициента линейного расширения материала резистивного слоя в единицах - $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ($\text{ppm}=\text{млн}^{-1}$). Этот индекс присутствует в обозначении в случае выпуска термокомпенсированных тензорезисторов.

Группа [VII] - буквенно-цифровой индекс в этой группе указывает на материал и конструктивное исполнение проволочных гибких выводов тензорезистора:

- 002LE - двухпроводный вывод в полиимидной изоляции длиной 20 мм;
- 005LE - двухпроводный вывод в полиимидной изоляции длиной 50 мм;
- 1L - двухпроводный вывод в виниловой изоляции длиной 1 м;
- 3L - двухпроводный вывод в виниловой изоляции длиной 3 м;
- 1LS - двухпроводный вывод в виниловой изоляции экранированный длиной 1 м;
- 5L - двухпроводный вывод в виниловой изоляции длиной 5 м;
- 3LT - трехпроводный вывод в виниловой изоляции длиной 3 м;
- 5LT - трехпроводный вывод в виниловой изоляции длиной 5 м.



Фотография общего вида тензорезисторов на основе тонких пленок TML

Метрологические и технические характеристики

Обозначение типа тензоре- зистора	Размеры резистивного слоя, мм		Номи- нальное сопро- тивле- ние, Ом	Диапазон изме- ряемых деформа- ций, млн ⁻¹ (ппм)	Чувстви- тельность при нормаль- ных условиях	СКО чувстви- тельности при нормаль- ных условиях, не более	Часовая ползу- чьсть при нормаль- ных условиях, не более, %	СКО часовой ползу- чьсти при нормаль- ных условиях, не более, %	Часовая ползу- чьсть при макси- мальной темпера- туре, %	СКО часовой ползу- чьсти при макси- мальной темпера- туре не более, %	Макси- мальные значения ТХС в рабочей области значений темпера- туры, мкОм/ Ом/°C	Пределы СКО ТХС в рабочей области значений темпера- туры, мкОм/ Ом	Диапазон рабочих темпера- тур, °C	Диапазон темпера- турной само- компенса- ции, °C
	длина	ширина												
F/CCF/EF	0,2 - 30	0,7 - 4,6	120 (60, 350, 1000)	±50000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 70 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
UF	0,2 - 5	0,7 - 2	120 (350)	±50000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 1900	от минус 70 до плюс 150	от плюс 10 до плюс 100
WF	3 - 6	1,7-3,2	120 (350)	±30000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	220 - 650	от минус 10 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
PF	10 - 30	0,9 - 2,3	120	±20000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 70 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
P	60 - 120	1	120	±20000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 70 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
FLM/WFLM	30 - 60	0,5 - 0,7	120	±5000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 70 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
MF	2 - 60	0,1 - 0,5	350	±10000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 196 до плюс 80	-
PM/PMF	50 - 120	1	120	-	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 60	-
YEF/YF/YUF	2 - 20	1,8 - 2,6	120	±150000/ ±200000/ ±300000	2,0	0,04	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 80	

PMFLS/SSM	10 - 60	0,9	120	-	2,0	0,02	2		5	3	10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 60/ от минус 20 до плюс 80	-
LF	10	3,1	120	±30000	2,0	0,02	2	1	5		10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
PFLW/PLW	10 - 60	1 - 2,3	120	±20000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
GF	3 - 6	1,7 - 2,9	120 (350)	±30000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 650	от минус 20 до плюс 80	от плюс 10 до плюс 80
UBF/BF	0,3 - 5	0,9 - 1,9	120	±30000	2,0	0,04/0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 1900	от минус 70 до плюс 200	от плюс 10 до плюс 80
CEF	1 - 6	0,5 - 1	120	±10000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	3100 - 1900	от минус 269 до плюс 200	от минус 269 до плюс 80
CF	1 - 6	1,3 - 2,2	350	±10000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	3100 - 650	от минус 269 до плюс 80	от минус 269 до плюс 80
QF/ZF	0,2 - 6/ 1 - 6	0,5 - 4,6/ 0,5 - 3,2	120 (60, 350, 1000)	±30000/ ±10000	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	430 - 1900/ 430 -3000	от минус 196 до плюс 200/ от минус 196 до плюс 300	от плюс 10 до плюс 200/ от плюс 10 до плюс 100
SF	4	3	120	-	-	-	-	-	-	-	10,8	430 - 1900	от минус 70 до плюс 200	от плюс 10 до плюс 100
AW	2 - 8	-	120 (60, 350)	±5000, ±6000, ±10000	1,5	0,1	5	5	1	10	7,2	1600 - 5600	от минус 196 до плюс 800	от плюс 10 до плюс 800
BTM	1 - 6	0,7 - 1	120	±5000	2,0	0,02	-2	1	5	3	10,8	320 - 650	от минус 10 до плюс 80	-

BTMP	1 - 6	0,7 - 1	120	-	2,0	0,02	-2	1	5	3	10.8	320 - 650	от минус 10 до плюс 80	-
FGMH	6	2,2	120	-	2,0	0,02	2	1	5	3	10,8	320 - 650	от минус 20 до плюс 80	-
DD	3	2,9	350	±1500	2,0	0,02	-2	1	5	3	10,8	320 - 540	от минус 10 до плюс 70	-
FAC	43	25	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	от минус 20 до плюс 80	-
TF	2 - 8	1,9 - 3,5	60 (120)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	от минус 20 до плюс 200	от плюс 10 до плюс 80

Знак утверждения типа

наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации.

Комплектность средства измерений

В комплект поставки входят:

Наименование	Количество
Тензорезисторы	- модификация, типоразмер, количество, в соответствии с заказом
Упаковка	- 1 штука
Паспорт	- 1 экземпляр (на партию)
Руководство по эксплуатации и инструкция по наклейке	- 1 экземпляр (на партию)
Клей	- по отдельному заказу

Проверка

проводится в соответствии с документом МП 43174-09 «Тензорезисторы на основе тонких пленок TML. Методика первичной проверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУ «Ростест-Москва» в декабре 2009 года.

Основные средства проверки:

- прибор комбинированный цифровой типа Ц-300 (Госреестр СИ № 7011-79), верхние пределы диапазонов измерений сопротивлений 100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм, 10 МОм, 100 МОм. Погрешность измерений $\pm(0,1+0,02 \cdot (R_k/R_x-1))$, где R_k - верхний предел диапазона измерений; R_x - значение измеряемой величины;
- тераомметр типа Е6-13 (Госреестр СИ № 4649-75), $(10 - 10^{12})$ Ом, погрешность измерений $\leq 2,5\%$;
- усилитель измерительный многоканальный DRA-30A (Госреестр СИ № 43544-09), ± 10 мВ/В, погрешность измерений - $\pm (0,002 \cdot K + 3 \text{ е.м.р.})$ - при статических измерениях.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методика измерений приведена в документе: «Тензорезисторы на основе тонких пленок TML. Руководство по эксплуатации».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к тензорезисторам на основе тонких пленок TML

1. ГОСТ 8.543-86 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений деформации.
2. ГОСТ 21616-91 Тензорезисторы. Общие технические условия.
3. Техническая документация «Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd.», Япония.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

- для применения вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Изготовитель

«Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd.», Япония
8-2, Minami - Ohi 6-Chome, Shinagawa-Ku, Tokyo 140-8560, Japan
Тел: +81-3-3763-5614, факс: +81-3-3763-5713
E-mail: sales@tml.jp

Испытательный центр

ГЦИ СИ ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»

117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 31

Тел.: +7 (495) 544-0000, факс: +7 (499) (499) 124-99-96

E-mail: info@rostest.ru

Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА» по проведению
испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30010-10 от 15.03.2010 г.

Заместитель

Руководителя Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии

Ф.В. Булыгин

М. п.

«_____» _____ 2015 г.