ВВЕДЕНИЕ

Компания Zhonghang Electronic Measuring Instruments Co. Ltd (ZEMIC), была создана в 1965 году (её прежнее название - Фабрика Zhongyuan Electrical Measuring Instruments) и вот уже более 30 лет успешно развивается и занимается производством тензорезисторов. Являясь одним из крупнейших предприятий в мире по объему производства тензорезисторов, компания предлагает самый широкий ряд типоразмеров тнезорезисторов. Лучшей репутации и большего успеха в продажах трудно найти среди компаний, работающих в данной отрасли.

Фольговые тензорезисторы марки "BB" производятся в соответствии с Международными Рекомендациями МОЗМ (OIML) № 62 «Метрологические характеристики тензорезисторов», Национальным Стандартом КНДР - GB/T13992-92 "Тензорезисторы" и полностью отвечают требованиям Европейской Директивы по защите окружающей среды RoHS. Чтобы выполнять все требования, стоящие при производстве высокоточных тензодатчиков и все условия по обеспечению точности измерений деформации, ZEMIC располагает всеми необходимыми мощностями для испытаний, таких как экологические испытания, испытания напряженности, испытания адгезии, и др. Кроме того ZEMIC вкладывает значительные средства в исследование и разработку первоклассных тензорезисторов с национальным брендом. Следуя своей основной философии "Производить первоклассный продукт и быть популярным во всём мире" и полагаясь на быстро развиваемую технологию с совершенной и точной системой контроля качества и мастерство в своём деле, компания ZEMIC обеспечила себе ежегодный объем производства более 20 миллионов единиц тензорезисторов более чем десяти серий и тысячи специальных тензорезисторов высокой надежности и превосходного качества, предназначенных для различных вариантов их практического использования.

Имея идеологию превосходства в измерительных приборах по всему миру, компания ZEMIC прилагает все усилия для внедрения в свое производство новых открытий в научном и техническом прогрессе, всегда придерживаясь принципа компании: «Наша главная цель – Совершенство, оно ведёт нас к достижению превосходства в качестве». Компания обеспечивает надёжную поддержку и прекрасное обслуживание в процессе производства датчиков и прочностного анализа, настойчиво развивая ЭДС-технологии, что позволяет постоянно продвигаться вперед.

Тензорезисторы для преобразователей, главным образом, предназначены для применения в прецизионных (высокоточных) датчиках. ZEMIC стремится производить тензорезисторы все лучше и лучше, со все более и более высокими метрологическими характеристиками.

Ключевые факторы:

-Контроль толщины подложки. Позволяет обеспечить минимизацию погрешностей, связанных с эффектом ползучести.
-Постоянство размеров подложки. Это дает возможность обеспечить точность установки тензорезисторов.
- Функция термокоменсации.
- Функция компенсации ползучести

Политика в области качества

Интересы клиента – прежде всего!

Постоянное развитие и совершенствование

Высокое качество продукции и обслуживания

ZEMIC

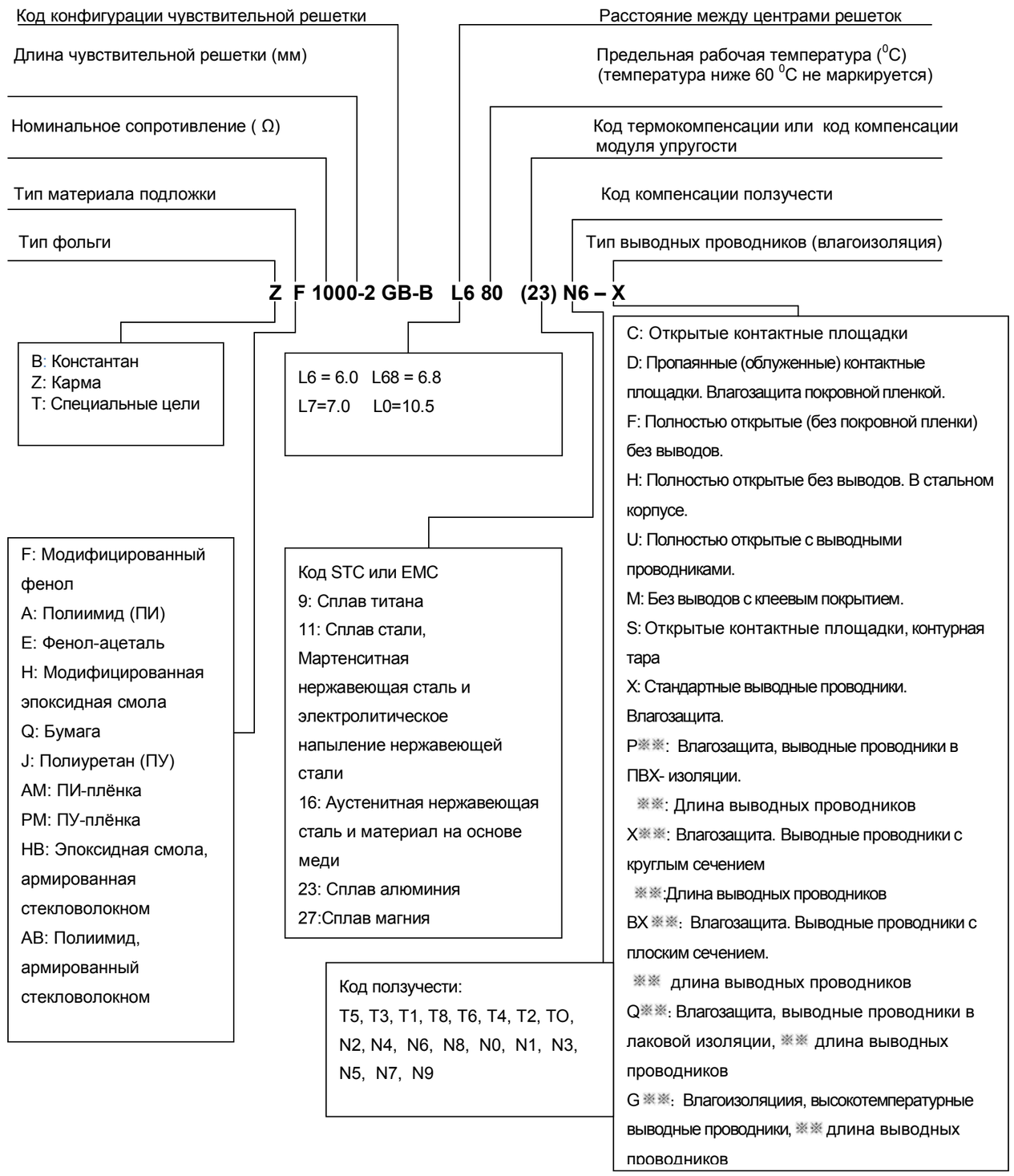
Мировой лидер в измерении

Содержание

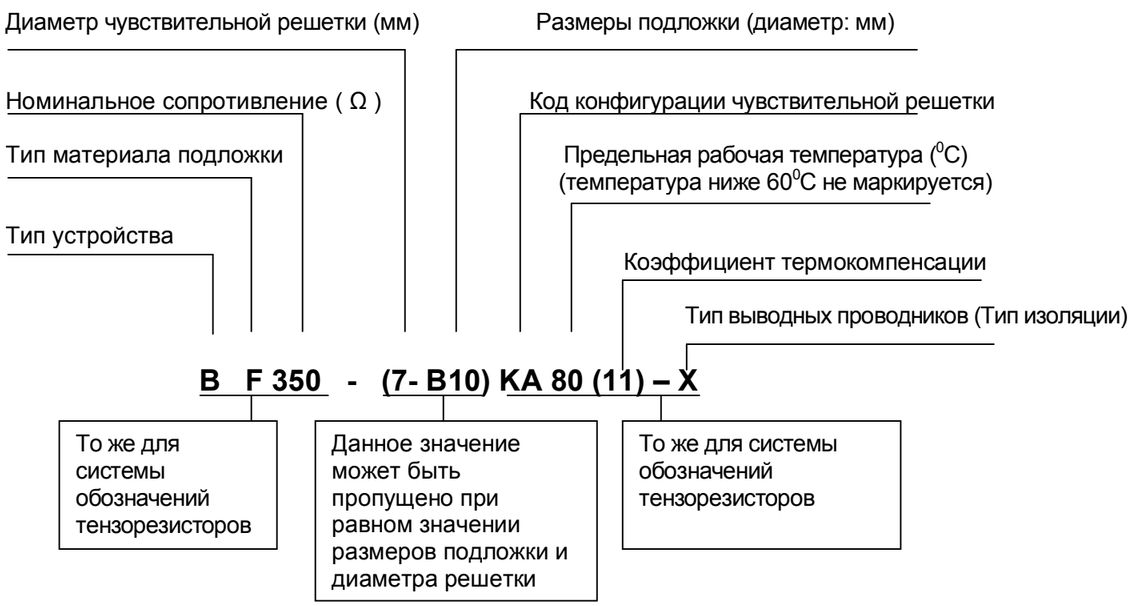
Система обозначений тензорезистора **1**
Система обозначений мембранных тензорезисторов (серия KA) 2
Термокомпенсация тензорезисторов 2
Компенсация ползучести тензорезисторов 4
Компенсация модуля упругости тензорезисторов 5
Технические характеристики тензорезисторов **6**
Общее описание тензорезисторов серий BF, BAM, BHB, BA **8**
Общее описание тензорезисторов серий ZF, ZAM **15**
Общее описание тензорезисторов серии BB (BAB) 250^{0}C **21**
Обозначение и последовательность выбора компенсационных тензорезисторов 22
Система обозначений компенсационных резисторов 22
Последовательность выбора компенсационных тензорезисторов 23
Компенсационная мостовая схема измерительного тензорезисторного преобразователя в общем виде 26
Технические характеристики компенсационных резисторов **26**
Компенсационные резисторы серий RBF, RNF, RCF **27**
Полупроводниковые тензорезисторы 30
Система обозначений полупроводниковых тензорезисторов 30
Компенсация нелинейности с помощью полупроводниковых тензорезисторов 30
Полупроводниковые тензорезисторы 31
Обозначение клемных колодок 32
Перечень типоразмеров клемных колодок 33
Клеи для наклейки тензорезисторов 34
Общее описание и последовательность наклейки клеем H-610 34
Общее описание и последовательность наклейки клеем H-600 35
Общее описание и последовательность наклейки клеем A-713 37
Общее описание и последовательность наклейки клеем F-601 38
Общее описание и последовательность наклейки клеем H-611 39
Общее описание и последовательность наклейки клеем AZ-709 40
Общее описание и последовательность наклейки клеем G-D04 41
Общее описание и последовательность наклейки клеем G-704 42
Общая последовательность наклейки и влагозащиты тензорезисторов **43**
Проблемы применения тензорезисторов и методы их решения 46

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Система обозначений тензорезистора



Система обозначений мембранных тензорезисторов (серия КА)



1.Термокомпенсация тензорезисторов

Введение:

Если тензорезистор установлен на поверхность объекта измерения (упругого элемента), на который не воздействуют никакие внешние нагрузки, но при этом меняется температура окружающей среды, то сопротивление тензорезистора соответственно тоже будет меняться. Это явление называется температурным приращением сопротивления тензорезистора. Данное приращение зависит от температурного коэффициента сопротивления материала чувствительного элемента (фольговой решетки) тензорезистора и разности температурных коэффициентов расширения материала чувствительного элемента и объекта, на который он установлен. Температурную характеристику тензорезистора можно записать в следующем виде: $\varepsilon_t = [(\alpha_g/K) + (\beta_s - \beta_g)]\,\Delta t$, где α_g и β_g - коэффициенты температуры сопротивления материала решетки и температурного расширения материала тензорезистора соответственно; К - чувствительность; β_s - коэффициент температурного расширения материала объекта измерения; Δt – относительное изменение температуры.

Температурная характеристика сопротивления тензорезисторов в общем виде представлена на рисунке 1. На ней показан наибольший источник погрешности при тензоизмерениях в статическом режиме. С увеличением степени влияния температуры, разброс температурных приращений так же будет возрастать. При наличии температурных градиентов или мгновенных изменений температуры в процессе измерения, погрешность будет еще большей. Поэтому идеальной принимается ситуация, когда значение температурного приращения сопротивления тензорезистора близко нулю. Тензорезисторы, соответствующие данному требованию, называют термокомпенсированными.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

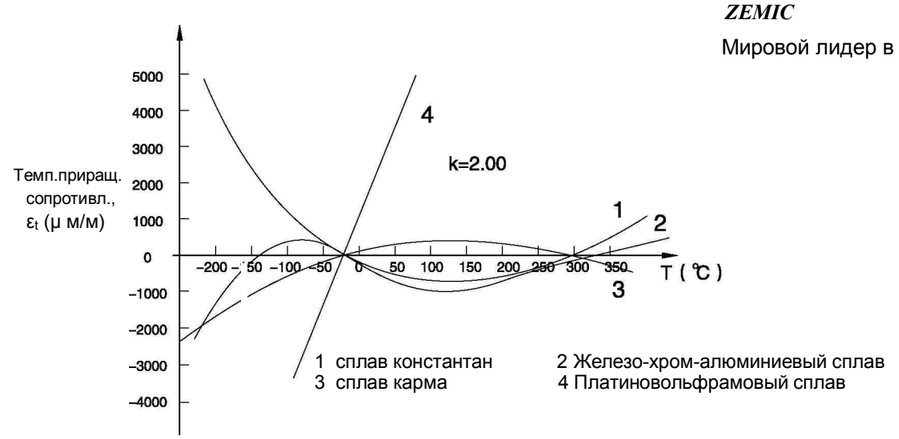


Рис. 1 Кривая температурного приращения сопротивления типового тензорезистора

Регулируя соотношение элементов сплава материала решетки тензорезистора, изменяя степень обжатия фольги при прокатке и обеспечивая необходимый режим термообработки, можно влиять на форму кристаллической решетки материала чувствительной решетки, и соответственно изменять его температурный коэффициент сопротивления. Таким образом, достигается условие приближения к нулю значения температурного приращения сопротивления тензорезистора и, соответственно, обеспечивается термокомпенсация для материала объекта измерения (упругого элемента), что, в конечном итоге, позволяет обеспечить высокую точность измерения деформации в целом и измерительного преобразователя в частности. На рис. 2 представлен типичный вид кривой температурного приращения сопротивления тензорезисторов с термокомпенсацией для сплавов константан и карма. В диапазоне +20 ~~ +250⁰С, их температурное приращение сопротивления является незначительным.

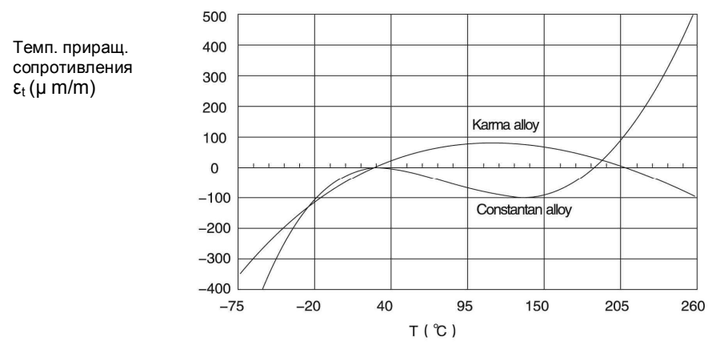


Рис. 2 Типичный вид кривой теплового приращения сопротивления тензорезисторов с термокомпенсацией для сплавов константан и карма.

Последовательность выбора:

(1) В настоящее время компания ZEMIC предлагает термокомпенсированные тензорезисторы с такими коэффициентами : 9, 11, 16, 23, 27. Где "9" используется для сплавов титана (типичная величина коэффициента линейного расширения - 8.8 x $10^{-6}/^{0}$C); "11" - для легированной стали, нержавеющей мартенситовой стали и нержавеющей стали с электролитическим покрытием (типичная величина - 11.3 x $10^{-6}/^{0}$C); "16" используется для аустенитной нержавеющей стали и материала, основанного на меди (типичная величина - 16 x $10^{-6}/^{0}$C); "23" - для материалов из сплава алюминия (типичная величина - 23.2 x $10^{-6}/^{0}$C); "27" используется для сплавов магния (типичная величина - 26.1 x $10^{-6}/^{0}$C).

(2) В случаях, когда тензорезисторы с функцией термокомпенсации подобраны в соответствии с материалом объекта испытаний, то необходимость в компенсации температурного приращения сопротивления тензорезистора в пределах диапазона термокомпенсации отпадает.

(3) В случаях, когда материал объекта испытаний не соответствует коэффициенту термокомпенсации выбранного тензорезистора, то существует необходимость использования двух или четырех тензорезисторов с их соединением в полумостовую либо полномостовую схему измерения с целью минимизации степения влияния температуры.

(4) Проводя измерения по четвертьмостовой схеме, необходимо установить тензорезистор на "компенсационном объекте", который выполнен из того же материала, что и тестируемый объект. Тензорезистор должен быть из той же самой партии, что и установленный на объекте испытаний. Оба датчика должны находиться в одинаковых температурных условиях и быть расположены в соседних плечах мостовой схемы Уитстона.

2. Компенсация ползучести тензорезисторов

Введение:

Явление ползучести существует в упругих элементах из-за упругих несовершенств его материалов, что приводит к увеличению выходного сигнала датчика во времени (положительная ползучесть), и зависит от нескольких факторов, таких как материал упругого элемента, структура материала, распределение поля напряжения, нагрузки на упругий элемент, термообработка, температура при проведении измерений, и т.д. Подложка тензорезисторов и клеящий состав имеют вязкоупругие свойства, которые приводят к уменьшению выходного сигнала датчика во времени, но материал чувствительной решетки обладает квазиупругостью, увеличивающей выходной сигнал датчика во времени. Результат накопления состоит в том, что тензорезисторы характеризуются положительной или отрицательной ползучестью при фиксированной нагрузке; ее направление и величина могут изменяться при изменении конструкции чувствительной решетки, материала подложки и других ключевых технологических параметров. Например, изменяя размер концевого участка (перемычки) решетки, мы можем получить такую кривую значений ползучести, как показано на рис. 4. После выбора материала упругого элемента, если ползучесть тензорезистора равна по величине ползучести упругого элемента, но относительно друг друга противоположно направлены, то можно компенсировать ползучесть упругого элемента. Таким же образом, в преобразователях, ошибка ползучести, вызванная другими факторами, может быть откорректирована подобным путем, а суммарная величина ползучести может быть ограничена в минимальном диапазоне (как показано на рис. 3). Комания ZEMIC предлагает ряд моделей датчиков, со стандартными значениями ползучести, выбор которых зависит от конкретного типа датчиков в которых они применяются. (Маркировка N※, T※ в обозначении тензорезисторов относится к различным значениям ползучести. Правило таково, что разница в ползучести между любыми соседними кодами составляет 0.01-0.015%НПИ/30 мин.)

N9> N7> N5> N3> N1> N0> N8> N6> N4> N2> K> T2> T4> T6> T8> T1> T3> T5

+•<---------- ползучесть ----------▶ -

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

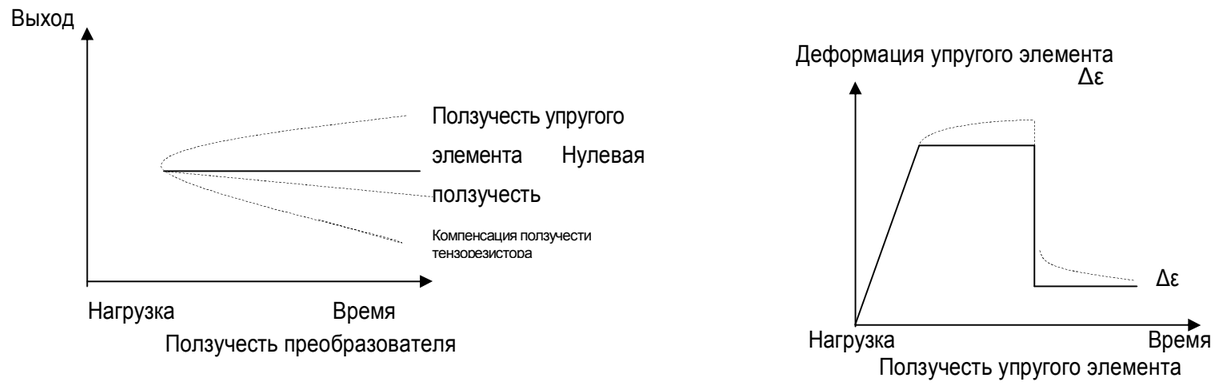


Рисунок 3 Схема ползучести

Последовательность выбора:

(1) При первом использовании выберите одну или две модели тензорезисторов, которые значительно отличаются друг от друга по значениям ползучести (разные коды ползучести), и закрепите их на упругом элементе. Подобранные коды будут определены согласно фактически полученным значениям ползучести и их направлениям.

(2) Для преобразователей, имеющих одинаковые материалы и конструкцию упругих элементов, но испытывающие большую нагрузку и соответственно имеющие большее значение положительной ползучести, выбирается большее отрицательное значение кода.

(3) Различные материалы упругого элемента имеет разную характеристику ползучести. Поэтому для стальных и алюминиевых датчиков с одинаковой нагрузкой и конструкцией подходит различный код.

(4) Ползучесть преобразователя зависит от многих факторов, таких как свойства упругого элемента, тензорезисторов, клея, герметизации, защитного покрытия и других технических параметров. Направление и величина погрешностей предсказуемы и должны приниматься во внимание при выборе кода ползучести.

3.Компенсация модуля упругости тензорезисторов

Введение:

С увеличением температуры окружающей среды, значение модуля упругости материалов снижается. Согласно теории Гука, увеличение температуры окружающей среды приводит к увеличению деформации этой структуры, даже если нагрузка остается неизменной, измеряемая деформация все равно будет увеличиваться. В тоже время, если уменьшать чувствительность тензорезистора пропорционально изменению температуры, выходные сигналы датчиков при этом скомпесируются и останутся неизменны. Здесь будет задействована компенсация модуля упругости. Такой вид тензорезисторов также называют тензорезисторами с компенсацией модуля упругости.

Тензорезисторы с компенсацией модуля упругости выполняют ту же функцию, которую в тензометрических датчиках выполняет отдельный резистор компенсации модуля упругости. Это обеспечивает надежную компенсацию погрешности изменения чувствительности датчика, которая возникают из-за изменений значений модуля упругости материала при изменении температуры. Если тензорезисторы с компенсацией модуля упругости будут подобраны в соответствии с материалом упругого элемента, то температурный дрейф чувствительности преобразователя будет меньше чем 0.002%НПИ/^{0}C. По сравнению с обычно используемыми методами, тензорезисторы с компенсацией модуля упругости обладают несомненным преимуществами в большей точности компенсации, лучшей стабильности, более высокой

чувствительности, большей простоте в использовании, более низкой стоимости и т.д. Однако, температурное приращение сопротивления тензорезисторов только с компенсацией модуля упругости становится больше, поэтому нулевой температурный дрейф преобразователей будет выше, что ограничивает точность преобразователей. После многолетних исследований нами были разработаны и выпущены в производство тензорезисторы с термокомпенсацией и с компенсацией модуля упругости одновременно, что решило подобные проблемы, особенно для тензорезисторов с полумостовой и полномостовой схемой измерения. Они стали очень популярными из-за своих хороших свойств термокомпенсации.

Последовательность выбора:

(1) Чтобы получить хороший результат компенсации, тензорезистор с компенсацией модуля упругости должен соответствовать материалу упруго элемента преобразователя. Вообще, для выбора подходящего тензорезистора необходимо провести испытания, по крайней мере, пяти преобразователей.

(2) У тензорезисторов с компенсацией модуля упругости нет функций термокомпенсации для большинства материалов; их показатель температурного приращения сопротивления больше, чем у обычных датчиков с термокомпенсацией, поэтому их рекомендовано использовать для преобразователей с меньшими температурными градиентами. Для таких тензорезисторов лучше использовать полумостовую или полномостовую схему измерения для достижения меньшего нулевого температурного дрейфа.

(3) Подпайка к тензорезисторам с компенсацией модуля упругости является более сложной, чем в обычных датчиках. Специально предназначенный для этих целей кислотный флюс для пайки может быть приобретён на нашем заводе. Необходимо тщательно отмывать места пайки от флюса.

Технические характеристики тензорезисторов

Серия	Номинальное сопротивление (Ω)	Допустимое отклонение от среднего значения сопротивления	Чувствительность	Максимально допустимый расброс чувствительности	Максимальная деформация	Надежность	STC код	диапазон рабочих температур (^{0}C)
BF	350	≤±0.1%	2.00~2.20	≤± 1 %	2.0%	10^7	9, 11, 16,23, 27	-30~+80
BAM								
BHB								
BA			1.86~2.20					-86~+150
ZF								-30~+80
ZAM								
BB (BAB) 250^{0}C	120, 350	≤±0.15%	1.86~1.98		1.5%			-269~+250

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Серия ZF

Полностью влагозащищенный фольговый тензорезистор (сплав карма) с подложкой из модифицированного фенола. Предлагается одновременно с термокомпенсацией (или компенсацией модуля упругости) и с компенсацией ползучести. Обладают высокой точностью и превосходной стабильностью характеристик в широком температурном диапазоне, специально рекомендованы для использования в преобразователях класса точности 0.02 для электронного весоизмерительного оборудования с питанием AC/DC.

Серия BA

Полностью влагозащищенный тензорезистор с фольгой решеткой из константана и подложкой из полиамида с функцией термокомпенсации. С высокой способностью к растяжению, хорошей стойкостью к высокой температуре и широким температурным диапазоном. Прежде всего, предназначены для прочностного анализа высокой точности и для преобразователей среднего класса точности с температурой до 150 ^{0}C.

Серия BAM

Полностью влагозащищенный тензорезистор с фольгой решеткой из константана и подложкой из тонкой полиамидной пленки с функцией термокомпенсации и компенсацией ползучести одновременно. Характеристики: высокая способность к растяжению, превосходная термостойкость и широкий температурный диапазон, низкая гигроскопичность, хорошие свойства по компенсации ползучести и возврату ноля. Прежде всего, предназначены для высокоточных преобразователей класса точности C3 и выше.

Серия BHB

Полностью влагозащищенный тензорезистор с фольгой решеткой из константана и подложкой из эпоксидной смолы, армированной стекловолокном. Одновременно с функциями термокомпенсациии и с компенсации ползучести. Характеристики: превосходная стабильность в широком температурном диапазоне, влагостойкость, низкая гигроскопичность, хорошие свойства по компенсации ползучести и возврату ноля. Прежде всего, предназначены для высокоточных преобразователей классе точности C3 и выше.

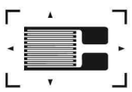
Серия ZAM

Полностью влагозащищенный тензорезистор с фольгой решеткой из кармы и подложкой из полиамидной пленки. Предлагается одновременно с функцией термокомпенсации и с компенсацией ползучести. Характеристики: высокая точность, превосходная стабильность при работе в широком температурном диапазоне, влагостойкость, низкая гигроскопичность, свойства по компенсации ползучести и возврату ноля. Прежде всего, предназначены для высокоточных преобразователей класса точности C3 и выше.

Серия BB (DBAB) 250 ^{0}C

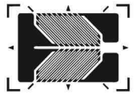
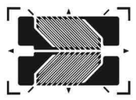
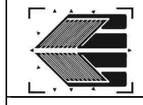
Полностью влагозащищенный тензорезистор с фольгой решеткой из кармы и подложкой из полиамидной пленки. Характеристики: превосходные показатели термостойкости, хорошее сопротивление изоляции, тонкая плёнка подложки, высокая стабильность. Обеспечивают точное измерение деформации в преобразователях, работающих при температуре до 250^{0}C.

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

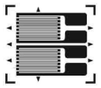
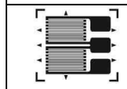
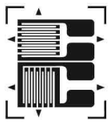
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)100-4AA (※ ※) N※	4.0x1.9	8.0x3.6	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-2AA (※※) N ※	1.8x1.8	5.2x3.2	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-3AA (※※) N ※	2.8x2.0	6.4x3.5	TO, NO, N1, N3, N4, N6, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)120-4AA (※※) N※	4.0x3.3	7.9x4.6	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)120-5AA (※※) N※	5.0x2.0	10.1x4.0	NO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-6AA (※※) N※	5.9x2.7	9.8x4.3	N5	
	BF(BAM, BHB, BA)175-1AA (※※) N※	1.5x2.6	4.6x3.6	NO, N6, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)175-2AA (※※) N※«	2.1x1.9	6.0x3.5	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)175-3AA (※※) N※	3.0x2.4	6.8x3.5	N8, NO	
	BF(BAM, BHB, BA)200-4AA (※※) N※	4.0x2.2	8.0x3.6	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)200-6AA (※※) N※	6.0x2.2	10.4x4.5	NO, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)240-3AA (※※) N※	3.2x3.1	7.4x4.4	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)300-2AA-W (※※) N※	2.0x2.0	3.8x2.8	T8	
	BF(BAM, BHB, BA)300-3AA-A (※※) N※	3.0x1.9	5.5x2.5	T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-10AA (※※) N※	9.4x4.1	15.4x6.1	N9	
	BF(BAM, BHB, BA)350-1AA (※※) N※	1.5x2.6	4.6x3.6	NO, N1, N2, N3, N4, N6, N7, N8, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-1.5AA (※※) N※	1.5x4.0	4.9x4.8	N3, N6, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2AA-A (※※) N※	2.4x3.0	4.9x4.0	N1, N4, N6, T4, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2AA (※※) N※	2.5x3.3	6.4x4.5	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2AA-P (※※) N※	2.0x2.4	5.0x3.5	NO, N2, N4, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3AA-A (※※) N※	3.2x1.6	6.9x3.1	NO, N6, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3AA (※※) N※	3.2x3.1	7.4x4.4	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3AA-B (※※) N※	3.0x3.1	14.3x4.5	NO, N1, N2, N3, N5, N6, N7, T2, T3, T4, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4AA (※※) N※	3.8x2.2	8.2x4.2	NO, N2, N6, N9, T6	
	BF(BAM, BHB, BA)350-5AA (※※) N※	5.0x2.9	9.3x4.5	NO, N1, N2, N3, N4, N6, N8, TO, T2	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6AA (※※) N※	6.1x3.1	10.4x5.4	NO, N6, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)500-4AA (※※) N※	4.0x3.3	7.9x4.6	TO, N4, N6	
	BF(BAM, BHB, BA)650-4AA-A (※※) N※	4.0x3.2	7.8x4.2	N6	

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

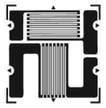
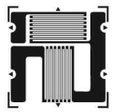
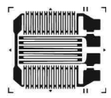
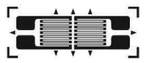
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)650-4AA (※※) N※	4.0x4.4	8.6x6.0	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)650-5AA (※※) N※	5.0x3.9	9.0x5.6	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)650-6AA (※※) N※	6.0x4.2	10.0x5.2	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)700-3AA (※※) N※	3.2x3.1	7.4x4.4	N2, N4, N6, TO, N6	
	BF(BAM, BHB, BA)840-4AA (※※) N※	4.0x3.6	7.9x4.6	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-2AA (※※) N※	2.2x4.6	5.8x5.8	NO, N2, N6, TO, T1, T2, T4, T5, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3AA (※※) N※	3.0x5.3	6.7x6.5	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T1, T2, T3, T4, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-4AA (※※) N※	4.0x4.2	7.7x5.4	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-6AA (※※) N※	6.0x4.0	9.9x5.4	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-10AA (※※) N※	10.0x4.2	14.8x6.0	NO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA (※※) N※	2.0x4.4	9.0x5.6	N2, N4, N5, N6, TO, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA (※※) N※	3.0x4.5	9.4x6.5	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T2, T3, T4, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4HA (※※) N※	3.8x4.2	9.0x7.8	N4, N6, TO, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6HA (※※) N※	5.7x6.1	10.9x10.5	N4	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3HA (※※) N※	3.0x5.5	9.9x6.2	N4, N8, T2, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-4HA (※※) N※	4.0x5.6	9.9x7.5	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA-A (※※) N※	2.0x4.4	9.0x5.6	N2, N4, N6, TO, T4, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA-A (※※) N※	3.0x4.5	9.4x6.5	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T2, T4, T6, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4HA-A (※※) N※	3.8x4.2	9.0x7.8	N4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6HA-A (※※) N※	5.7x6.1	10.9x10.5	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3HA-A (※※) N※	3.0x5.5	9.9x6.2	N2, N4, T2	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA-B (※※) N※	2.0x2.5	7.2 x 6.3	N6, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA-B (※※) N※	3.1x4.0	9.5x7.8	N4, N6, N8, TO, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-5HA-B (※※) N※	4.8x4.1	10.7x9.3	N4	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-5HA-B (※※) N※	4.8 x 6.5	15.7x9.6	N4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA-C (※※) N※	2.0x2.5	7.2 X 6.3	NO, N2, N4, N6, N8, T2, T4, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA-C (※※) N※	3.1x4.0	9.5x7.8	N2, N4, N6, N8, N9, TO, T4, T6, T8, T9	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3HA-C (※※) N※	3.1x5.4	10.7x7.8	N4, N8, TO, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA-D (※※) N※	2.1x4.3	8.9x5.7	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA-D (※※) N※	2.9x4.0	8.8x6.8	N4 , N8, TO, T1, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4HA-D (※※) N※	4.2x2.8	8.3x8.3	N4, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6HA-D(««)N*	5.9x3.7	10.5x11.1	N8	

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

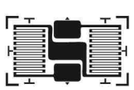
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)350-2HA-E (※※) N※	2.0x4.3	8.9x5.7	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3HA-E (※※) N※	3.0x3.9	8.8x6.8	N4, N8	
	BF(BAM, BHB. BA)350-4HA-E (※※) N※	4.2x2.8	8.3x8.3	N4, N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6HA-E (※※) N※	5.9x3.7	10.5x11.4	N8	
	BF(BAM, BHB. BA)60-3AB (※※) N※	3.0x3.0	8.2x5.1	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-6AB (※※) N※	5.8x5.8	9.7x7.4	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)175-2AB(※※) N※	2.0x2.0	6.7x3.7	N8, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)175-3AB(※※) N※	3.0x3.0	8.2x5.1	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)280-3AB (※※) N※	3.0x3.0	8.2x5.1	NO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2AB (※※) N※	2.0X2.0	6.7X3.7	NO, N4, N8, T3	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3AB (※※) N※	3.0x3.0	8.2x5.1	NO, N1, N2, N4, N5, N6, N8, TO, T6	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4AB (※※) N※	4.0x4.0	9.1x5.8	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6AB(※※) N※	5.9x5.9	12.0x8.3	N5	
	BF(BAM, BHB, BA)350-8AB (※※) N※	7.9x7.9	13.3x10.0	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)500-4AB(※※) N※	4.0x4.0	9.1x5.8	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FB (※※) N※	2.1x2.8	6.4x7.6	N6, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FB (※※) N※	3.2x2.8	7.4x7.4	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N8, N9, TO, T2, T4, T8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4FB (※※) N※	4.0x2.4	7.8x6.2	N6, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6FB (※※) N※	5.9x2.8	9.8x7.3	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3FB (※※) N※	3.0x5.3	12.1x6.7	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FB-A (※※) N※	3.2x2.5	6.8x6.4	N2	
	BF(BAM, BHB, BA)100-4BB (※※) N※	4.0x4.4	10.3x7.5	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-2BB (※※) N※	1.8x2.4	6.3x5.5	N2	
	BF(BAM, BHB, BA)120-3BB (※※) N※	2.8x3.3	8.5x6.5	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)120-4BB (※※) N※	4.0x4.4	10.3x7.5	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)240-4BB (※※) N※	4.0x4.4	10.3x7.5	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-1BB (※※) N※	2.4x2.1	5.5x5.5	NO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2BB (※※) N※	2.0x2.6	7.2 x 6.0	N8	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3BB (※※) N※	3.0x3.3	8.6x6.6	N2, N8, T4	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4BB (※※) N※	4.0x4.1	9.7x7.7	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6BB (※※) N※	6.0x6.0	13.8x9.7	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)600-4BB (※※) N※	3.9x4.1	9.7x7.7	N6, NO	
	BF(BAM, BHB, BA)650-4BB (※※) N※	4.0x4.4	10.3x7.9	N6	

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

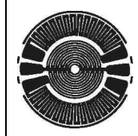
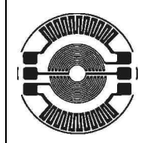
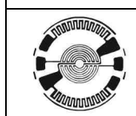
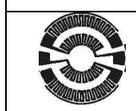
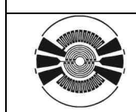
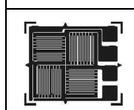
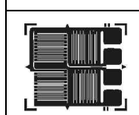
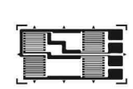
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)120-2BB-A (※※) N※	1.8x2.2	6.3x5.4	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-3BB-A (※※) N※	2.8x3.3	8.5x6.5	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)120-4BB-A (※※) N※	4.0x4.4	10.3x7.5	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2BB-A (※※) N※	2.0x2.7	6.9x6.0	T4, NO	
	BF(BAM, BHB, BA)350-3BB-A (※※) N※	3.0x3.4	9.8x6.8	N2	
	BF(BAM, BHB, BA)350-4BB-A (※※) N※	4.0x4.1	9.7x7.7	TO, N6	
	BF(BAM, BHB, BA)350-6BB-A (※※) N※	5.9x6.3	14.3x9.6	TO, N6	
	BF(BAM, BHB, BA)800-2BB-A (※※) N※	2.0x3.5	5.8x5.8	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-4BB-A (※※) N※	3.6x4.0	9.4x7.0	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)160-5BB (※※) N※	4.9x3.0	9.6x9.8	N4	
	BF(BAM, BHB, BA)600-5BB (※※) N※	4.9x3.2	9.6x9.8	TO	
	BF(BAM, BHB, BA)600-5BB-A (※※) N※	4.9x3.2	9.6x9.8	NO, N1, N4, N6, N8, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)700-5BB-A (※※) N※	4.9x3.2	9.6x9.8	NO, N4, N6, N8, TO, T2	
	BF(BAM, BHB, BA)1000-5BB-A(※※) N※	4.9x3.2	9.6x9.8	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)160-5BB-C(※※)	5.2x2.6	9.4x8.1		
	BF(BAM, BHB, BA)350-5BB-C(※※)	5.2x2.6	9.4x8.1		
	BF(BAM, BHB, BA)700-5BB-C(※※)	5.2x2.6	9.4x8.1		
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB(※※) N※	2.1x3.0	10.8x4.4	TO, N6	2.7
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB(※※) N※	3.1x2.8	12.4x4.4	N4, N6	3.8
	BF(BAM, BHB, BA)350-4GB(※※) N※	4.0x3.8	15.3x5.8	TO	5.0

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

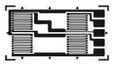
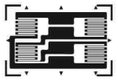
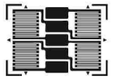
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)350-1GB-AL0 (※※) N※	1.5x2.5	13.8x3.8	TO	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-1.5GB-AL68 (※※) N※	1.5x3.1	9.8x4.3	N6	6.8
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-AL0 (※※) N※	2.0x3.1	14.4x4.4	N1, N3, N4, N6,	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-AL5.5 (※※) N※	2.0x2.8	8.9x3.8	N8, TO, T2, T6, T8	5.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-AL6 (※※) N※	2.0x2.8	9.4x3.8	N6	6.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-AL7 (※※) N※	2.0x3.1	10.8x4.4	NO, N2, N6, TO, T4, T6	7.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB-AL0 (※※) N※	3.0x2.9	15.4x4.2	NO, N2, N6, TO, T5	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB-AL12 (※※) N※	3.0x2.9	16.9x4.2	N2, N6, TO	12.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB-AL13 (※※) N※	3.2x4.2	19.0x5.6	TO	13.2
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB-AL15 (※※) N※	3.0x2.7	20.0x4.1	N2, N4, N8, TO, T2, T4	15.0
	BF(BAM, BHB, BA)750-3GB-AL0 (※※) N※	3.0x3.5	15.2x4.3	N8	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)750-3GB-AL12 (※※) N※	3.0 x 3.5	16.7x4.3	TO	12.0
	BF(BAM, BHB, BA)750-3GB-AL14 (※※) N※	3.0 x 3.5	18.7x4.2	NO	14.0
	BF(BAM, BHB, BA)500-2GB-BL8 (※※) N※	2.1 X5.3	11.3X6.3	NO	8.0
	BF(BAM, BHB, BA)5O0-3GB-BL7 (※※) N※	3.0X4.1	12.0X5.5	TO	7.1
	BF(BAM, BHB, BA)500-4GB-BL7 (※※) N※	3.4X4.1	13.0X5.5	N6	7.2
	BF(BAM, BHB, BA)750-2GB-BL12.8 (※※) N※	2.5X5.2	16.9X6.0	NO	12.8
	BF(BAM, BHB, BA)1000-2GB-BL6 (※※) N※	2.5X5.0	10.1X6.0	N6	6.0
	BF(BAM, BHB, BA)1000-3GB-BL7 (※※) N※	3.0X5.5	11.7X6.5	N8, T4	7.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-CL0 (※※) N※	2.5X3.3	14.7X4.5	N6, N8, TO, T8	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-2GB-CL8 (※※) N※	2.5X3.3	12.9X4.5	T2, T4	8.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3GB-CL15 (※※) N※	3.0X2.8	20.0X4.1	N2, T1, T2, T4	15.0

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)120- (10) KA (※※)	Ø8.9	Ø 10.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (10) KA (※※)	Ø9.0	Ø 10.0	TO, T2, T6	
	BF(BAM, BHB, BA)350- (13) KA (※※)	Ø 12.0	Ø 13.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (8) KA (※※)	Ø7.4	Ø8.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (9) KA (※※)	Ø9.4	Ø 10.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (12) *KA* (※※)	Ø 11.4	Ø 12.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (14) KA (※※)	Ø 12.8	Ø 14.0	TO, N3, N6	
	BF(BAM, BHB, BA)350- (15) KA (※※)	Ø 14.0	Ø 15.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (20) KA (※※)	Ø 18.6	Ø 20.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (8.5) KA-B (※※)	Ø8.1	Ø9.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (18) KA-B(※※)	Ø 16.6	Ø 18.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (20) KA-C(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350- (22) KA-C(※※)	Ø 19.8	Ø 22.2	N4, TO	
	BF(BAM, BHB, BA)120-(10-B13)KA (※※)	Ø9.0	Ø 13.0		
	BF(BAM, BHB, BA)350-(7-B10)KA (※※)	Ø6.4	Ø9.9		
	BF(BAM, BHB, BA)350-2EB(※※) N※	2.3x2.7	8.6x7.2	N2	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2EB-B(※※) N※	2.3x2.8	8.6x7.4	N2	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FG-L8.8(※※) N※	2.0x2.7	14.5x6.5	N6	
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FG-L0(※※) N※	2.0x2.7	16.2x6.5	N2, T2	

Тензорезисторы серии BF, BAM, BHB, BA

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FG-AL6(※※) N※	2.0x2.2	12.0x7.1	N2, TO, T4, T8	6.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-AL6(※※) N※	3.0x2.1	13.0x6.8	T4	6.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-AL0(※※) N※	3.1x3.0	17.9x8.4	N2, T2, T6	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-AL14(※※) N※	3.0x2.1	20.5x6.8	N6, T1, T6, TO	14.0
	BF(BAM$_4$ BHB, BA)350-1FG-BL0(※※) N※	1.5x2.7	13.7x6.9	T4, T6	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FG-BL10(※※) N※	2.6x2.7	14.8x8.0	N8	10.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-BL0(※※) N※	3.1x2.8	15.5x6.8	T2	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-2FG-CL6(※※) N※	2.1x2.9	9.8x6.9	TO, T2, T4	6.0
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-CL0(※※) N※	3.1x2.8	15.3x7.0	N2, N6, TO, T4	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-1FG-DL0(※※) N※	1.5x2.5	13.9x6.6	TO, TO, T8	10.5
	BF(BAM, BHB, BA)350-3FG-DL15(※※) N※	2.8x2.3	19.0x6.0	TO	15.0

Примечание:

1. N※ или T※ код ползучести. Различные коды соответствуют различным величинам ползучести.

2. L※ - расстояние между центрами решеток. Например, L0 - это 10.5-миллиметровый интервал; L6 - 6.0-миллиметровый.

3.В списке выше, BF (BAM, BHB, BA) 350-3AA (※※)обозначает четыре серии тензорезисторов, тензорезистор конкретной модели может быть только одной серии, например, BF350-3AA ※(※), BAM350-3AA ※(※), BHB350-3AA ※(※) и BA350-3AA ※(※). Пожалуйста, укажите соответствующие модели в своем заказе на поставку.

4. Влагозащищенные датчики с конфигурацией решетки HA-D и HA-E могут быть только с выводными проводниками.

5. Тензорезисторы типа KA:

Номинальное сопротивление =120 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов:+2.0/-1.0 Ω, разброс сопротивлений элементов одного тензорезистора ≤0.4 Ω.

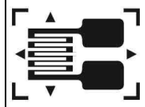
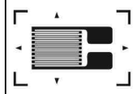
Номинальное сопротивление =350 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов: +2.0/-2.0 Ω, разброс сопротивлений элементов одного тензорезистора ≤0.8 Ω.

6. Тензорезисторы типа FG, EB

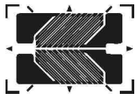
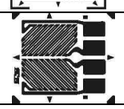
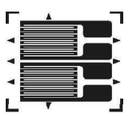
Номинальное сопротивление =350 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов: ± 50 Ω, разбаланс нуля ≤0.5m V/V.

Кроме моделей, перечисленных в таблицах выше, также предлагаются нестандартные тензорезисторы, которые могут быть использованы с тензодатчиками любой формы и размера и изготавливаются по образцам или чертежам клиентов.

Тензорезисторы серии ZF, ZAM

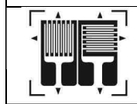
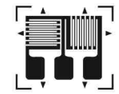
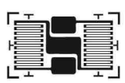
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)175-1 AA (※※) N※	1.0x1.8	4.5x3.0	T8	
	ZF(ZAM)300-1 AA (※※) N※	1.1x1.2	3.6x2.2	T8	
	ZF(ZAM)200-1 AA-W (※※) N※	1.0x0.5	2.8x1.8	T8	
	ZF(ZAM)250-1 AA-W (※※) N※	1.1x1.0	2.9x2.0	T8	
	ZF(ZAM)300-2AA-W (※※) N※	2.0x1.0	3.8x2.0	T8	
	ZF(ZAM)300-2AA-A-W (※※) N※*	2.0x2.0	3.8x2.8	T8	
	ZF(ZAM)350-1 AA-W (※※) N※	1.1x1.0	2.9x2.0	T8	
	ZF(ZAM)350-2AA-W (※※) N※	2.0x1.0	3.8x2.0	T8	
	ZF(ZAM)300-3AA-A (※※) N※	2.9x1.9	5.5x2.5	T4	
	ZF(ZAM)350-2AA (※※) N※	1.9x2.8	5.7x4.0	N0, N1, N3, N4, N6, N8, TO, T4, T6	
	ZF(ZAM)350-3AA (※※) N※	3.1x2.6	7.0x3.8	N1, N2, N3, N4, N5, N6, N0, TO, T2, T4	
	ZF(ZAM)350-4AA (※※) N※	4.0x2.5	8.0x3.9	N6	
	ZF(ZAM)350-5AA (※※) N※	5.0x2.3	9.0x3.7	N6	
	ZF(ZAM)350-7AA (※※) N※	7.0x2.6	10.8x4.0	N4	
	ZF(ZAM)1000-1.2AA (※※) N※	1.2x3.6	4.5x4.5	T8	
	ZF(ZAM)1000-1.5AA-A (※※) N※	1.5x2.5	4.5x3.1	T4, T8	
	ZF(ZAM)1000-1.5AA (※※) N※	1.5x4.0	4.9x4.8	N3, N6, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	ZF(ZAM)1000-2AA-T (※※) N※	2.1x3.3	5.8x4.5	N0, T4, T8	
	ZF(ZAM)1000-2AA (※※) N※	2.5x3.3	6.4x4.5	N0, N2, N5, N6, TO, T1, T2, T3, T4, T6	
	ZF(ZAM)1000-3AA-B(※※) N※	3.0x3.1	14.3x4.5	N0, N1, N2, N3, N5, N6, N7, T2, T3, T4, T8	
	ZF(ZAM)1000-3AA (※※) N※	3.2x3.2	7.4x4.5	N0, N1, N2, N3, N4, N6, N8, TO, T2, T3, T4, T5, T6, T8	
	ZF(ZAM)1000-4AA (※※) N※	3.8x2.2	8.2x4.2	N0, N2, N6, N9, T6	
	ZF(ZAM)1000-5AA (※※) N※	5.0x2.9	9.3x4.5	N0, N1, N2, N3, N4, N6, N8, TO, T2	
	ZF(ZAM)1500-3AA (※※) N※	3.2x3.2	7.4x4.5	N6, N4	
	ZF(ZAM)2000-2AA-A (※※) N※	2.1x4.2	5.4x5.2	T1, T6	
	ZF(ZAM)2000-3AA (※※) N※	3.2x4.0	7.4x5.3	N0, T4	
	ZF(ZAM)2000-4AA (※※) N※	4.0x4.4	8.6x6.0	N6	
	ZF(ZAM)2500-3AA (※※) N※	3.2x3.2	7.4x4.5	N2, N6, N8, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8	
	ZF(ZAM)2500-6AA (※※) N※	6.0x6.4	11.0x8.0	N0	
	ZF(ZAM)3000-5AA (※※) N※	5.2x4.0	8.7x5.2	N6	
	ZF(ZAM)3000-6AA (※※) N※	6.1x3.9	9.8x5.2	TO, T4	
	ZF(ZAM)5000-3AA (※※) N※	3.2x4.6	6.7x5.8	N6	

Тензорезисторы серии ZF, ZAM

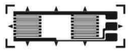
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)350-2HA (※※) **N※**	1.9x2.2	**6.0x4.9**	TO	
	ZF(ZAM)350-3HA (※※) **N※**	3.0x4.4	**9.4x6.5**	N1, N4$_4$ N8	
	ZF(ZAM)350-4HA (※※) **N※**	3.7x2.0	**7.9x7.9**	N3	
	ZF(ZAM)700-4HA (※※) **N※**	3.8x4.2	**9.0x7.8**	N5	
	ZF(ZAM)1000-3HA (※※) **N※**	3.0x4.5	**9.4x6.5**	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, TO, T2, T3, T4, T8	
	ZF(ZAM)1000-4HA (※※) **N※**	3.8x4.2	**9.0x7.8**	N4, N6, TO, T4	
	ZF(ZAM)2000-3HA (※※) **N※**	3.0x5.5	**9.9x6.2**	N4, N8$_4$ T2, T6, T8	
	ZF(ZAM)350-3HA-A (※※) **N※**	3.0x4.4	**9.4x6.5**	N4, N6, N8, TO	
	ZF(ZAM)650-3HA-A (※※) **N※**	2.9x4.0	**8.5x6.3**	TO	
	ZF(ZAM)1000-3HA-A (※※) **N※**	3.0x4.5	**9.4x6.5**	NO. N1, N2. N3, N4. N5, N6. N7, N8, N9. TO, T2, T4, T6, T8	
	ZF(ZAM)1000-4HA-A (※※) **N※**	3.8x4.2	**9.0x7.8**	N4	
	ZF(ZAM)200-05HA-W (※※) **N※**	0.5x1.4	**3.8x2.0**	T4	
	ZF(ZAM)250-1 HA-W (※※) **N※**	1.0x1.3	**3.8x2.8**	T4	
	ZF(ZAM)300-2HA-W (※※) **N※**	2.0x1.2	**4.0x4.0**	T8	
	ZF(ZAM)350-1 HA-W (※※) **N※**	1.0x1.3	**3.8x2.8**	T4	
	ZF(ZAM)350-2HA-W (※※) **N※**	2.0x1.2	**4.0x4.0**	T8	
	ZF(ZAM)350-4HA-D (※※) **N※**	3.9x2.3	**8.3x8.3**	N8	
	ZF(ZAM)650-4HA-D (※※) **N※**	3.8x2.5	**7.5x7.5**	N1, N8, TO	
	ZF(ZAM)700-4HA-D (※※) **N※**	3.8x2.5	**7.5x7.5**	N1, N8, TO	
	ZF(ZAM)700-4HA-E (※※) **N※**	3.8x2.5	**7.5x7.5**	N1, N8, TO	
	ZF(ZAM)1000-2HA-T (※※) **N※**	2.7x3.5	**7.1x6.4**	TO	
	ZF(ZAM)350-3AB (※※) **N※**	3.0x3.0	**8.0x5.2**	N8	
	ZF(ZAM)1000-3AB (※※) **N※**	3.0x3.0	**8.2x5.1**	NO, N1, N2, N4, N5 N6, N8, TO, T6	
	ZF(ZAM)1000-4AB (※※) **N※**	4.0x4.0	**9.1x5.8**	N8	
	ZF(ZAM)350-3FB (※※) **N※**	3.0x2.6	**7.4x7.2**	N6	
	ZF(ZAM)350-4FB (※※) **N※**	4.0x2.4	**7.8x6.2**	N6. N2	
	ZF(ZAM)1000-2FB (※※) **N※**	2.1x2.8	**6.4x7.6**	N6, TO	
	ZF(ZAM)1000-3FB (※※) **N※**	3.2x2.8	**7.4x7.4**	NO, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N8, TO, T2, T4, T8	
	ZF(ZAM)1000-4FB (※※) **N※**	4.0x2.4	**7.8x6.2**	N6, TO	
	ZF(ZAM)1000-6FB (※※) **N※**	6.0x2.4	**9.5x6.8**	N2	

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Тензорезисторы серии ZF, ZAM

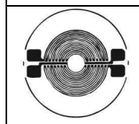
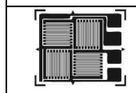
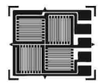
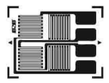
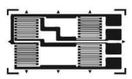
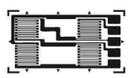
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)1000-2BB (※※) **N※**	2.0x2.6	7.2x6.0	N8	
	ZF(ZAM)1000-3BB (※※) **N※**	3.0x3.4	8.6x6.6	T4	
	ZF(ZAM)1000-6BB (※※) **N※**	6.0x6.0	13.8x9.7	TO	
	ZF(ZAM)350-2BB-A (※※) **N※**	1.5x2.0	5.9x4.5	TO	
	ZF(ZAM)800-2BB-A (※※) **N※**	1.7x3.2	5.4x5.4	TO	
	ZF(ZAM)1000-2BB-A (※※) **N※**	2.0x2.7	6.9x6.0	T4, NO	
	ZF(ZAM)1000-2BB-A (※※)-KR	2.6x2.2	5.4x5.4	N4	
	ZF(ZAM)1000-3BB-A (※※) **N※**	3.0x3.4	9.8x6.8	N2	
	ZF(ZAM)350-1GB-AL68(※※) **N※**	1.5x3.2	9.8x4.3	NO, N6, TO, T4	6.8
	ZF(ZAM)350-2GB-AL7(※※) **N※**	2.0x2.7	10.8x3.9	N2, N4, N6, TO	7.0
	ZF(ZAM)350-1GB-AL8(※※) **N※**	1.5x3.5	11.0x4.3	N2	8.0
	ZF(ZAM)350-2GB-AL0(※※) **N※**	2.0x2.7	14.4x3.9	NO, N2, N4, N6, TO, T2, T8	10.5
	ZF(ZAM)350-2GB-AL12(※※) **N※**	2.0x2.7	15.8x3.9	NO, N4	12.0
	ZF(ZAM)350-2GB-AL15(※※) **N※**	2.0x2.7	18.8x3.9	N2, T4	15.0
	ZF(ZAM)750-2GB-AL12(※※) **N※**	2.0x3.3	15.8x4.5	NO, T6, T8	12.0
	ZF(ZAM)1000-1.5GB-AL5.5(※※) **N※**	1.5x2.5	9.1x4.3	N6	5.5
	ZF(ZAM)1000-1.5GB-AL9(※※) **N※**	1.5x4.0	12.0x5.2	T2, T3, T8	9.0
	ZF(ZAM)1000-1.6GB-AL0(※※) **N※**	1.6x3.9	13.7x5.1	T1, T4	10.5
	ZF(ZAM)1000-2GB-AL5(※※) **N※**	2.0x3.3	8.9x4.5	N2	5.3
	ZF(ZAM)1000-2GB-AL5.5(※※) **N※**	2.0x2.8	8.9x3.8	N6	5.5
	ZF(ZAM)1000-2GB-AL6(※※) **N※**	2.0x2.8	9.4x3.8	NO, N2, N6, TO, T4, T6	6.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-AL7(※※) **N※**	2.0x3.1	10.8x4.4	NO, N2, N4, N6, TO, T5	7.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-AL0(※※) **N※**	2.5x3.3	14.7x4.5	NO, N2, N3, N4, N5, N6, N8, T1, T6	10.5
	ZF(ZAM)1000-3GB-AL7(※※) **N※**	3.0x3.2	11.6x4.4	N2	7.0
	ZF(ZAM)1000-3GB-AL0(※※) **N※**	3.0x3.2	15.4x4.4	N6, TO, T2, T4, T6, T8	10.5
	ZF(ZAM)1000-3GB-AL14(※※) **N※**	2.9x3.0	18.7x4.2	NO, N1	14.0
	ZF(ZAM)1100-2GB-AL6(※※) **N※**	2.0x3.0	9.4x4.0	N2	6.0
	ZF(ZAM)2000-2GB-AL0(※※) **N※**	2.5x4.0	14.7x5.0	TO, T4	10.5
	ZF(ZAM)500-2GB-BL6(※※) **N※**	2.1x5.0	9.8x6.0	N4	6.0
	ZF(ZAM)1000-1 GB-BL6(※※) **N※**	1.5x4.8	9.1x6.5	T6	6.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-BL6(※※) **N※**	2.1x4.1	9.7x5.5	NO, N2, N6, TO, T1, T2, T3, T4, T5, T6	6.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-BL7(※※) **N※**	2.1x4.1	10.7x5.5	N6, T1, T3, T5, T8	7.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-BL0(※※) **N※**	2.1x4.1	14.2x5.5	T1, T3, T5	10.5
	ZF(ZAM)1000-3GB-BL6(※※) **T※**	3.0x3.6	10.7x4.8	TO, T2	6.0
	ZF(ZAM)2000-2GB-BL6(※※) **N※**	2.1x4.2	9.7x5.5	T6	6.0
	ZF(ZAM)2000-2GB-BL7(※※) **N※**	2.1x5.4	10.8x6.4	N6, TO	7.0

Тензорезисторы серии ZF, ZAM

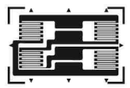
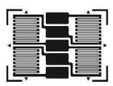
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры сетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)1000-2GB-CL8(※※) N※	2.5x3.3	12.9x4.5	N2, T1, T2, T4	8.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-CL0(※※) N※	2.5x3.3	14.7x4.5	T2, T4	10.5
	ZF(ZAM)350-3GB-L12(※※) N※	3.0x3.3	20.3x4.2	N6	12.0
	ZF(ZAM)500-3GB-L0(※※) N※	3.0x4.8	18.8x5.3	N6	10.5
	ZF(ZAM)500-3GB-L12(※※) N※	3.0x4.8	16.8x5.3	N6	12.0
	ZF(ZAM)1000-2GB-L6(※※) N※	2.1x3.4	11.7x5.2	T4	6.0
	ZF(ZAM)1000-3GB-L6(※※) N※	3.0x3.8	13.2x4.8	T8	6.0
	ZF(ZAM)1000-3GB-L0(※※) N※	3.0x3.8	17.2x4.9	N2, T2, T8	10.5
	ZF(ZAM)1000-3GB-L12(※※) N※	3.1x3.9	18.5x4.9	N2	12.0
	ZF(ZAM)1000-4GB-L12(※※) N※	4.0x2.5	19.5x4.5	N8	12.0
	ZF(ZAM)2000-3GB-L0(※※) N※	3.0x2.8	17.8x4.4	T8	10.5
	ZF(ZAM)350-(14)KA(※※)	Ø 12.8	Ø 14.0		
	ZF(ZAM)350-(20)KA(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)1000-(14)KA(※※)	Ø 12.8	Ø 14.0	N6, N3, TO	
	ZF(ZAM)1000-(15)KA(※※)	Ø 14.0	Ø 15.0		
	ZF(ZAM)1000-(20)KA(※※)	Ø 18.6	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)2000-(14)KA(※※)	Ø 13.2	Ø 14.0	TO, T4	
	ZF(ZAM)2000-(15)KA(※※)	Ø 14.2	Ø 15.0		
	ZF(ZAM)3000-(14)KA(※※)	Ø 13.2	Ø 14.0		
	ZF(ZAM)350-(6.5)KA(※※)	Ø 5.3	Ø 6.5		
	ZF(ZAM)350-(9)KA(※※)	Ø 9.4	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)350-(25)KA(※※)	Ø 23.4	Ø 25.0		
	ZF(ZAM)1000-(10)KA(※※)	Ø 9.0	Ø 10.0	TO, T2, T6	
	ZF(ZAM)1000-(13)KA(※※)	Ø 12.0	Ø 13.0		
	ZF(ZAM)1500-(10)KA(※※)	Ø 9.0	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)1500-(11)KA(※※)	Ø 10.0	Ø 10.8		
	ZF(ZAM)2000-(17)KA(※※)	Ø 16.0	Ø 17.0		
	ZF(ZAM)2000-(18)KA(※※)	Ø 17.0	Ø 18.0		
	ZF(ZAM)2500-(20)KA(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)350-(6-B10)KA(※※)	Ø 6.4	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)420-(7-B10)KA(※※)	Ø 6.4	Ø 9.9		
	ZF(ZAM)1200-(7-B10)KA(※※)	Ø 6.4	Ø 9.9		
	ZF(ZAM)1000-(10-B13)KA(※※)	Ø 9.0	Ø 13.0		
	ZF(ZAM)1000-(7-B10)KA(※※)	Ø 6.4	Ø 9.9		
	ZF(ZAM)1000-(7-B9)KA(※※)	Ø 6.4	Ø 8.7		
	ZF(ZAM)1650-(10-B13)KA(※※)	Ø 9.4	Ø 13.0		
	ZF(ZAM)2000-(10-B13)KA(※※)	Ø 9.4	Ø 13.0		

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Тензорезисторы серии ZF, ZAM

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)350-(6)KA-B(※※)	Ø 5.3	Ø 6.0		
	ZF(ZAM)350-(8-B10)KA-B(※※)	Ø 8.0	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)500-(6)KA-B(※※)	Ø 5.3	Ø 6.0		
	ZF(ZAM)550-(6)KA-B(※※)	Ø 5.3	Ø 6.0		
	ZF(ZAM)550-(6-B10)KA-B(※※)	Ø 5.3	Ø 9.8		
	ZF(ZAM)700-(6)KA-B(※※)	Ø 5.4	Ø 6.0		
	ZF(ZAM)1000-(10)KA-B(※※)	Ø 9.0	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)2000-(12)KA-B(※※)	Ø 11.2	Ø 12.0		
	ZF(ZAM)350-(8)KA-C(※※)	Ø 8.2	Ø 8.0		
	ZF(ZAM)350-(10)KA-C(※※)	Ø 9.2	Ø 10.0		
	ZF(ZAM)350-(20)KA-C(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)350-(22)KA-C(※※)	Ø 20.0	Ø 22.0		
	ZF(ZAM)750-(20)KA-C(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)1000-(20)KA-C(※※)	Ø 19.0	Ø 20.0		
	ZF(ZAM)1500-(13-B16)KA-C(※※)	Ø 13.2	Ø 16.0		
	ZF(ZAM)2000-(13-B16)KA-C(※※)	Ø 13.3	Ø 16.0		
	ZF(ZAM)1000-(11)KB(※※)	Ø 6.7	Ø 11.0	TO, T2	
	ZF(ZAM)350-2EB(※※) N※	1.8x2.2	7.4x8.5	N2	
	ZF(ZAM)1000-2EB(※※) N※	2.3x2.7	8.6x7.2	N2	
	ZF(ZAM)1000-3EB(※※) N※	2.7x3.2	9.8x8.4	N2	
	ZF(ZAM)350-2EB-A(※※) N※	1.8x2.3	7.4x8.4	N2	
	ZF(ZAM)1000-2EB-A(※※) N※	2.3x2.7	8.6x7.5	N2	
	ZF(ZAM)1000-2EB-BT(※※) N※	1.8x1.8	7.9x5.2	T6	
	ZF(ZAM)1200-2EB-BT(※※) N※	1.8x1.8	7.9x5.2	T6	
	ZF(ZAM)350-1 FG-L0(※※) N※	1.5x2.0	16.0x6.2	TO	10.5
	ZF(ZAM)350-2FG-L7(※※) N※	2.0x1.9	13.4x6.4	T1	7.0
	ZF(ZAM)350-2FG-L8(※※) N※	2.0x1.9	14.3x6.4	TO	8.0
	ZF(ZAM)1000-3FG-L0(※※) N※	3.0x2.5	17.4x6.4	N6, T8	10.5
	ZF(ZAM)1000-3FG-L12(※※) N※	3.1x2.3	18.6x6.8	NO, T8	12.0
	ZF(ZAM)350-2FG-AL6(※※) N※	2.0x2.2	11.9x7.1	TO, N4, N6, N8, T4	6.0
	ZF(ZAM)350-3FG-AL0(※※) N※	3.0x2.0	17.2x6.6	N6	10.5
	ZF(ZAM)1000-2FG-AL0(※※) N※	2.1x2.6	16.9x7.4	T1, T6, T8	10.5
	ZF(ZAM)1000-3FG-AL0(※※) N※	3.1x3.2	17.9x8.4	N2, N6, TO, T2, T4, T6	10.5
	ZF(ZAM)1000-3FG-AL14(※※) N※	3.0x2.1	20.5x6.8	N6, T1, T6, TO	14.0
	ZF(ZAM)1000-3FG-AL12(※※) N※	3.1x2.9	19.4x8.4	T8	12.0

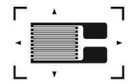
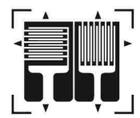
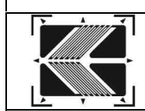
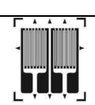
Тензорезисторы серии ZF, ZAM

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	ZF(ZAM)350-1 FG-BL6(※※) **N※**	1.5x2.2	9.3x6.1	TO, N4	6.0
	ZF(ZAM)350-1 FG-BL0(※※) **N※**	1.5x2.5	13.9x6.4	NO, TO, T8	10.5
	ZF(ZAM)400-1 FG-BL68(※※) **N※**	1.5x2.4	9.8x6.1	T8	6.8
	ZF(ZAM)500-2FG-BL6(※※) **N※**	2.1x2.2	9.7x5.8	T8	6.0
	ZF(ZAM)1000-1.5FG-BL0(※※)T※	3.0x2.8	13.8x6.9	T8	10.5
	ZF(ZAM)1000-2FG-BL6(※※) **N※**	2.1x2.7	9.8x6.9	N4, N8, TO, T4, T8	6.0
	ZF(ZAM)1000-2FG-BL0(※※) **N※**	2.1x2.8	14.4x6.9	N2, N6	10.5
	ZF(ZAM)1000-3FG-BL0(※※)T※	3.1x2.8	15.5x6.8	T2	10.5
	ZF(ZAM)1100-2FG-BLO(※※) **N※**	2.1x2.8	14.4x6.9	N2, T8	10.5
	ZF(ZAM)1100-2FG-BL6(※※) **N※**	2.1x2.8	9.8x6.8	N2	6.0
	ZF(ZAM)1200-3FG-BL7(※※) **N※**	3.0x2.6	12.0x6.8	TO	7.0
	ZF(ZAM)2000-2FG-BL0(※※) **N※**	2.0x3.3	14.3x7.8	T8	10.5
	ZF(ZAM)350-1 FG-CL6(※※) **N※**	1.5x2.2	9.2x6.0	TO	6.0
	ZF(ZAM)350-1 FG-CL68(※※) **N※**	1.5x2.4	9.8x6.2	N2	6.8
	ZF(ZAM)350-1 FG-CL0(※※) **N※**	1.5x2.2	13.9x6.4	T2	10.5
	ZF(ZAM)1000-2FG-CL6(※※) **N※**	2.1x2.9	9.8x6.9	TO, T2, T4	6.0
	ZF(ZAM)1000-3FG-CL0(※※) **N※**	3.1x2.8	15.3x7.0	N2, N6, TO, T4	10.5
	ZF(ZAM)1100-2FG-CL6(※※) **N※**	2.1x2.8	9.6x6.8	N2	6.0

Примечание:
1. N ※ или T ※ обозначают код ползучести. Различные коды соответствуют различным величинам ползучести.
2. L※ - это расстояние между центрами решеток. Например, L0 - это 10.5-миллиметровый интервал; L6 - 6.0-миллиметровый.
3.В списке выше, ZF (ZAM) 350-3AA (※※*)* соответствует двум сериям тензорезисторов - ZF350-3AA *(※※)* и ZAM350-3AA *(※※)*, тензорезистор конкретной модели может быть только одной серии. Пожалуйста, укажите соответствующие модели в своем заказе на поставку.
4. Влагозащищенные датчики с конфигурацией решетки HA-D и HA-E могут быть только с выводными проводниками.
5. Тензорезисторы типа KA:
Номинальное сопротивление=350 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов =+2.0/-1.0 Ω, разброс сопротивлений элементов одного тензорезистора =≤0.8 Ω.
Номинальное сопротивление =1000 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов =+100.0/-50.0 Ω, разброс сопротивлений элементов одного тензорезистора =1.0 Ω.
Номинальное сопротивление =1500 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов =10%, разброс сопротивлений элементов одного тензорезистора =1%.
6.Тензорезисторы типа FG, EB
Номинальное сопротивление=350 Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов =350 ± 50 Ω, разбаланс нуля ≤0.5m V/V;
Номинальное сопротивление=1000Ω, разброс сопротивлений тензорезисторов =1000 ± 10%, разбаланс нуля =1.0m V/V.
7. Кроме моделей, перечисленных в таблицах выше, также предлагаются нестандартные тензорезисторы, которые могут быть использованы с тензодатчиками любой формы и размера и изготавливаются по образцам или чертежам клиентов.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

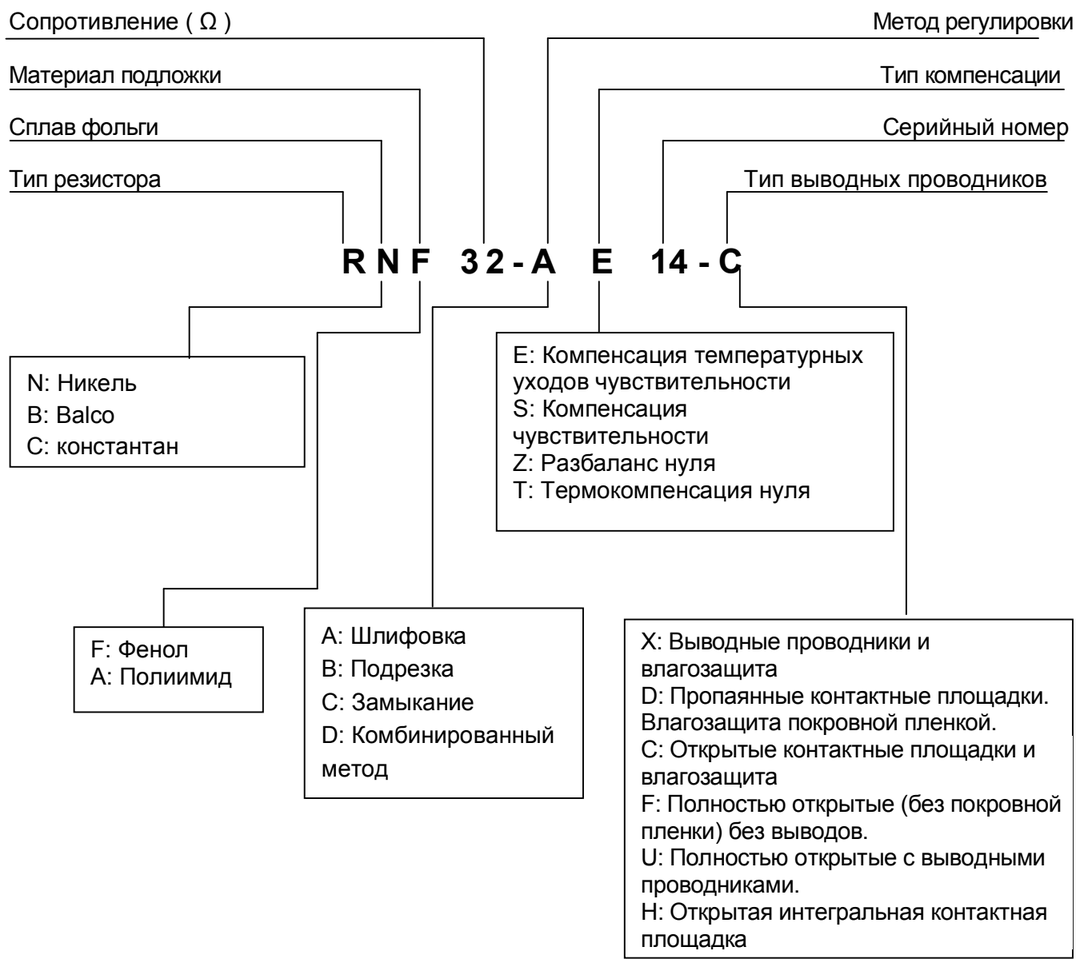
Тензорезисторы серии BB (BAB) 250^{0}C

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размеры решетки Д x Ш (мм)	Размеры подложки Д x Ш (мм)	Код ползучести	Расстояние по решетке (мм)
	BB(BAB)120-2AA250(※※)	2.1x2.3	5.8x3.8		
	BB(BAB)120-3AA250(※※)	2.8x2.0	6.4x3.5		
	BB(BAB)120-4AA250(※※)	8.0x4.0	3.9x2.7		
	BB(BAB)120-10AA250(※※)	10.0x3.0	15.0x5.0		
	BB(BAB)350-4AA250(※※)	8.0x4.9	4.0x3.7		
	BB(BAB)350-5AA250(※※)	9.4x5.7	5.0x4.1		
	BB(BAB)1000-3AA250(※※)	3.2x3.2	7.4x4.5		
	BB(BAB)2000-4AA250(※※)	4.0x4.4	8.6x6.0		
	BB(BAB)120-3BB250(※※)	2.8x3.3	8.5x6.5		
	BB(BAB)120-4BB250(※※)	4.0x4.4	10.3x7.5		
	BB(BAB)350-2BB250(※※)	1.9x2.5	6.4x5.5		
	BB(BAB)350-3BB250(※※)	3.0x3.4	8.8x6.8		
	BB(BAB)350-4BB250(※※)	4.0x4.3	10.0x7.8		
	BB(BAB)350-3HA-C250(※※)	3.0x3.8	9.5x7.8		
	BB(BAB)350-4HA-A250(※※)	4.0x3.6	8.8x7.8		
	BB(BAB)1000-3HA-A250(※※)	3.0x4.5	9.4x6.5		
	BB(BAB)250-1 HA-W250(※※)	1.0x1.3	3.8x2.8		
	BB(BAB)300-2HA-W250(※※)	2.0x1.2	4.0x4.0		
	BB(BAB)350-4HA-D250(※※)	3.9x2.3	8.3x8.3		
	BB(BAB)350-4HA-E250(※※)	3.9x2.3	8.3x8.3		
	BB(BAB)350-(10)KA250(※※)	Ø 8.8	Ø 10.0		
	BB(BAB)350-(15)KA250(※※)	Ø 14.0	Ø 15.0		
	BB(BAB)350-(20)KA250(※※)	Ø 18.6	Ø 20.0		
	BB(BAB)1000-(10)KA250(※※)	Ø 9.0	Ø 10.0		
	BB(BAB)1000-(20)KA250(※※)	Ø 18.6	Ø 20.0		
	BB(BAB)1000-6FB250(※※)	6.0x2.4	9.5x6.8		

Обозначение и последовательность выбора компенсационных резисторов

Высокоточные преобразователи должны быть не только оснащены правильно подобранными тензорезисторами, но также должны пройти процедуры последовательной компенсации и настройки. Компенсационный резистор серии R представляет собой подсоединяемый настраиваемый компенсационный резистор. Он может использоваться для регулирования чувствительности (Рабочего коэффициента передачи - РКП) преобразователя, температурных изменений чувствительности, начального разбаланса нуля (начального коэффициента передачи), температурных изменений нуля и других параметров. Более того, данный тип тензорезисторов обладает рядом преимуществ, а именно: простота установки, удобная процедура настройки, термокомпенсация в соответствии с материалом упругого элемента, высокая точность реализуемой функции компенсации и т.д.

Система обозначений компенсационных резисторов



ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Последовательность выбора компенсационного резистора

При производстве высокоточных преобразователей для улучшения их рабочих характеристик проводятся последовательные компенсационные процедуры. Главным образом, это направлено на настройку чувствительности, коэффициента температурной чувствительности, начального разбаланса нуля, температурных уходов ноля. Далее представлено описание каждого метода компенсации и соответствующего метода выбора компенсационного резистора:

(1) Компенсация температурной чувствительности (компенсация модуля упругости): это функция представлена в сериях компенсационных стационарных или комбинированных резисторов RNF, RBF. При изменении температуры среды преобразователя модуль упругости упругого элемента и чувствительность тензорезисторов изменятся соответственно, а полученные как следствие изменения чувствительности преобразователя могут привести к погрешностям измерения. Устранение подобных погрешностей является необходимым условием корректной работы высокоточных преобразователей. Данный метод состоит в следующем: необходимо подсоединить компенсационные резисторы последовательно в цепь возбуждения (питания), принимая во внимание, что сопротивление меняется при изменении температуры и направление изменения должно быть противоположным направлению изменения чувствительности преобразователя, - т. е. изменение напряжения питания должно быть направлено таким образом, чтобы противодействовать уходам чувствительности, вызванным температурными изменениями. Таким способом и достигается основная цель - термокомпенсация. Величина компенсационного сопротивления может быть вычислена по формуле:

$$R_m \approx [(s_1 - S_2) \cdot R_{in}] / \{[1 + \alpha_{c\,(T1-T2)}] \cdot s_1 - S_2\}$$, где

R_m -сопротивление компенсационного резистора, S_1, S_2 – чувствительность преобразователя, соответственно, при значениях температур T_1, и T_2 (крайние точки диапазона термокомпенсации), R_{in} -входное сопротивление моста при значении температуры - T_1; α_c –температурный коэффициент сопротивления компенсационного резистора (значение коэффициента для тензорезистора серии RNF составляет 5.5 x 10^{-3}/°C, для тензорезистора серии RBF - 4.3 x 10^{-3}/°C). Чувствительность S=Eo / V (Eo -выходное напряжение моста, V - напряжение возбуждения питания). В основном для стальных преобразователей может быть выбран 20 Ω –ный компенсационный резистор серии RNF, для алюминиевых преобразователей - серии RNF 32. Полученное в ходе расчетов значение компенсационного сопротивления должно быть подтверждено опытным путем и, при необходимости, скорректировано в соответствии с точностью преобразователя.

(2) Компенсация чувствительности: для этих целей применимы компенсационные резисторы серии RCF или просто тонкие провода с малым коэффициентом температурного сопротивления. На разброс чувствительности преобразователя влияют такие факторы, как различия в материале упругого элемента, разброс чувствительности тензорезисторов (≤1%), неточность разположения тензорезисторов на упругом элементе. При разработке преобразователей намеренно закладывается чувствительность немного выше стандартной величины, затем во время настройки устанавливается стандартная величина согласно результату испытаний. Данный метод состоит в следующем: компенсационный резистор с малым коэффициентом температурного сопротивления подсоединяется в цепь возбуждения (питания) для понижения реального напряжения питания преобразователей и, как следствие, уменьшения чувствительности преобразователя. Величина компенсационного сопротивления может быть вычислена по формуле:

$$Rc \approx (S1 - S2) / S_1 \cdot R$$, где

Rc -величина сопротивления компенсационного резистора, S_1, S_2 - реальная чувствительность до нормирования и стандартная чувствительностью после нормирования, соответственно, R -входное сопротивление моста.

(3) Компенсация разбаланса нуля: Обычно используется компенсационный резистор серии RCF или применяется покрытый лаком провод с низким коэффициентом температурного сопротивления в одном из участков моста. Основная задача компенсации в данном случае состоит в том, чтобы значение выходного сигнала тензорезисторного моста ненагруженного преобразователя стало близким нулю для уменьшения

погрешности измерения и облегчения процедуры настройки нуля на индикаторе. Обычно для этих целей применяются компенсационные резисторы, регулируемые методом шлифовки или подрезки, а также резисторы, регулируемые методом замыкания, которые позволяют обеспечить точную и простую настройку нуля моста. Величина сопротивления компенсационного резистора, регулируемого методом шлифовки, может быть настроена путем шлифовки его решетки абразивом. Величина сопротивления резистора, регулируемого методом подрезки, может настраиваться методом размыкания петель решетки. Величина сопротивления резистора, регулируемого методом замыкания, настраивается шунтированием петель решетки. Например, предположим (см. Резистор Ra на рис. 5), что тензорезисторы R1, R3 испытывают деформацию сжатия (отрицательная деформация), R2, R4 испытывают деформацию растяжения (положительная деформация). Если нулевой сигнал положителен, сопротивление элемента a-b должно увеличиться (величина сопротивления возрастает при шлифовке). Во время настройки (шлифовки) постоянно контролируем нулевой сигнал на выходе моста и продолжаем настройку, пока не будет получо значение выходного сигнала равное нулю. Если нулевой сигнал отрицательный, тогда мы должны увеличить величину сопротивления элемента a-c , и так же, как было показано выше, продолжать настройку, пока выходной сигнал моста не достигнет нулевого значения. Для регулировки начального разбаланса нуля мы рекомендуем к применению фрикционный резистор модели RCF5-AZ04. На схеме Рис. 5 данный компенсационный резистор обозначен как Ra.

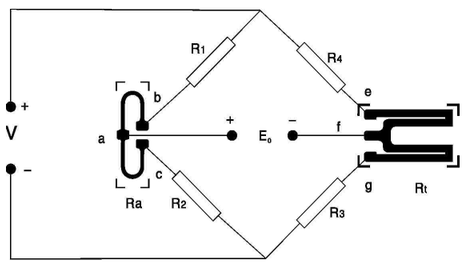


Рис.5 Компенсация начального разбаланса нуля

(4) Термокомпенсация нуля: Обычно для уменьшения влияния температурного эффекта на нулевой сигнал выполняется подключение к одному из плеч моста компенсационного резистора серии RNF или медного либо никелевого провода в лаковой изоляции с большим значением температурного коэффициента сопротивления. Выходной сигнал ненагруженного преобразователя должен быть нулевым, но при изменениях температуры упругий элемент, клеящий состав и тензорезистор расширяются или сжимаются в разной степени, что приводит к изменению сопротивления тензорезистора. Кроме того температурный коэффициент сопротивления материала чувствительной решетки тензорезистора не может абсолютно точно соответствовать коэффициенту линейного расширения упругого элемента, что также вызывает изменение сопротивления тензорезистора. Все эти факторы влияют на нулевой сигнал преобразователя, даже если применены термокомпенсированные тензорезисторы и полномостовое соединение. По причине разброса температурных характеристик тензорезисторов нулевой сигнал на выходе преобразователя может изменяться в большей или меньшей степени. Все эти факты и обусловливают необходимость термокомпенсации ноля. Данный метод состоит в следующем: сначала необходимо проверить температурные характеристики преобразователей, после того, как станут известны величины сопротивления компенсационного тензорезистора и температурного ухода ноля преобразователя, необходимо отрегулировать величину сопротивления соответствующего плеча моста в соответствии с величиной температурного ухода нуля преобразователя. Величина сопротивления компенсационного резистора может быть вычислена по формуле:

$$R_T = IR\,(U2-U1)\,I\,/\,I250\alpha_c U_{in\,(T2-T1)}\,I$$

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

где Rt- величина сопротивления компенсационного резистора; R - сопротивление моста; U_{in} - напряжение питания; α_c - температурный коэффициент сопротивления компенсационного резистора; U_2, U_1 – нулевой сигнал, соответственно, при значениях температур T_2, T_1. Для термокомпенсации ноля часто используется медный провод в лаковой изоляции и компенсационные резисторы, регулируемые методом шлифовки или подрезки, а также резисторы, регулируемые методом замыкания.

По своему принципу термокомпенсация нуля сходна с компенсацией начального разбаланса нуля, но должна производиться в имитационном температурном поле (термокамере). Например (см. Резистор Rt на рис. 6), предположим, что датчики R_1, R_3 получают испытывают деформацию сжатия (отрицательная деформация), R_2, R_4 испытывают деформацию растяжения (положительная деформация). Если нулевой сигнал на выходе преобразователя с ростом температуры возрастает, то необходимо увеличить сопротивление в f-g элементе (например, методом шлифовки). Необходимо постоянно контролировать нулевой сигнал на выходе преобразователя и регулировать его до момента, пока он не совпадает с начальной величиной. Если нулевой сигнал на выходе преобразователя с ростом температуры уменьшается, то необходимо увеличить сопротивление в f-e элементе. Необходимо постоянно контролировать нулевой сигнал на выходе преобразователя и регулировать его до момента, пока он не совпадает с начальной величиной. Для термокомпенсации нулевого сигнала рекомендуется применение компенсационного резистора, регулируемого методом шлифовки, типа RNF1-AT02, как продемонстрировано на рис.10. . На рис. 6 Rt обозначает компенсационный резистор для регулировки температурного ноля.

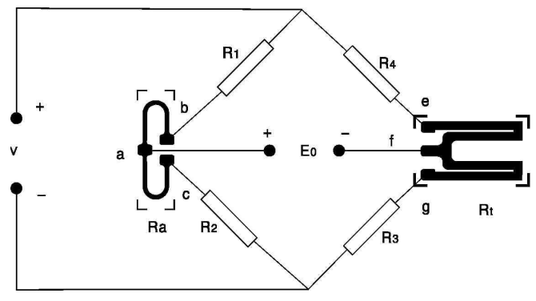
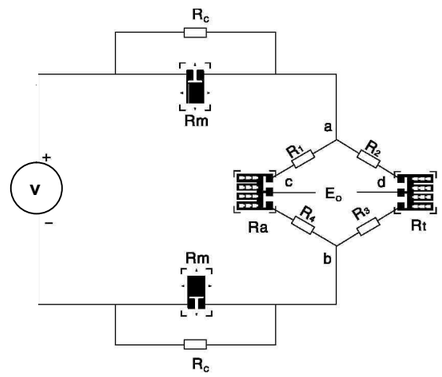


Рис. 6 Компенсация температурного ноля

Общий вид компенсационной мостовой схемы тензорезисторного измерительного преобразователя



R_1 ~ R_4 ---------- Тензорезисторы

R_t ---------- Термочувствительные компенсационные резисторы для регулировки температурного ноля

R_a ---------- Компенсационные резисторы для регулировки начального разбаланса ноля

R_m ---------- Термочувствительные компенсационные резисторы для регулировки температурной чувствительности (или резисторы для компенсации модуля упругости)

R_C ---------- Компенсационные резисторы для регулировки чувствительности

V ---------- Напряжение возбуждения

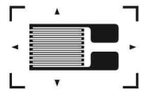
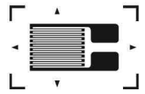
E_o ---------- Выход моста (или выходной сигнал)

Рис. 7 Компенсационная мостовая схема преобразователей

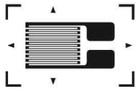
Технические характеристики компенсационных резисторов

Описание	Серия RNF	Серия RBF	Серия RCF
Допустимое отклонение сопротивления от среднего сопротивления(23^0C)	≤±0.5%		
Температурный коэффициент сопротивления	$5.5x10^{-3}$ / ^{0}C	$4.3x10^{-3}$ / ^{0}C	
Температурный диапазон (^{0}C)	-30~+60		
Клей	H-600,H-610,X-602		
Выводные проводники	X(допустимо пропустить), C, D, F, H, U		

Компенсационные резисторы серии RBF_N RNF> RCF

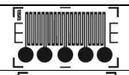
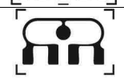
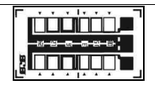
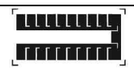
Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Номинальное сопротивление (Ω)		Размер подложки Д x Ш(мм)
		Исходное	Скорректированное	
	RBF15-AE56	15.0		3.0x2.0
	RBF20-AE26	20.0		6.2x3.6
	RBF25-AE05	25.0		6.2x3.9
	RBF30-AE45	30.0		6.2x4.0
	RBF35-AE45	35.0		6.2x4.0
	RBF50-AE06	50.0		5.8x3.8
	RBF60-AE07	60.0		5.9x3.8
	RBF65-AE66	65.0		5.9x3.8
	RBF70-AE08	70.0		6.0x3.8
	RBF81-AE14	81.0		6.8x4.4
	RBF90-AE14	90.0		6.8x4.4
	RBF96-AE10	96.0		6.5x4.2
	RBF100-AE11	100.0		6.8x4.0
	RBF130-AE22	130.0		7.1x4.2
	RBF150-AE23	150.0		7.1x4.6
	RBF180-AE25	180.0		7.1x4.6
	RBF200-AE58	200.0		6.9x4.0
	RBF200-AE13	200.0		7.6x4.8
	RBF234-AE13	234.0		7.6x4.8
	RBF330-AE74	330.0		12.0x6.0
	RNF5-AE12	5.0		5.7x4.4
	RNF9-AE05	9.0		6.2x3.9
	RNF13-AE45	13.0		6.2x4.0
	RNF15-AE16	15.0		5.6x3.8
	RNF16-AE57	16.0		7.6x4.3
	RNF18-AE06	18.0		5.8x3.8
	RNF18-AE73	18.0		5.8x3.8
	RNF20-AE07	20.0		5.9x3.8
	RNF22-AE07	22.0		5.9x3.8
	RNF24-AE66	24.0		5.9x3.8
	RNF26-AE08	26.0		6.0x3.8

Компенсационные резисторы серии RBF, RNF, RCF

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Номинальное сопротивление(Ω)		Размер подложки Д x Ш(мм)
		Исходное	Скорректированное	
	RNF28-AE09	28.0	Initial	6.1x4.0
	RNF30-AE09	30.0		6.1x4.0
	RNF32-AE14	32.0		6.8x4.4
	RNF35.5-AE10	35.5		6.5x4.2
	RNF40-AE11	40.0		6.8x4.0
	RNF42-AE11	42.0		6.8x4.0
	RNF50-AE22	50.0		7.1x4.2
	RNF54-AE28	54.0		7.1x4.4
	RNF55-AE62	55.0		7.2x3.0
	RNF60-AE23	60.0		7.1x4.6
	RNF64-AE31	64.0		7.1x4.6
	RNF65.4-AE25	65.4		7.1x4.6
	RNF70-AE25	70.0		7.1x4.6
	RNF73-AE25	73.0		7.1x4.6
	RNF76-AE13	76.0		7.6x4.8
	RNF81-AE13	81.0		7.6x4.8
	RNF112-AE59	112.0		8.0x8.0
	RNF120-AE61	120.0		6.5x3.9
	RNF300-AE64	300.0		8.6x5.3
	RNF02-BT18	0.2	1.6	6.4x6.4
	RCF05-BE17	1.3	10.0	
	RNF02-CT44	0.45	0.07	15.0x9.0
	RNF035-AT03	0.65		10.6x5.5
	RNF1-AT02	0.9		8.5x5.4
	RCF2-AZ01	2.0		
	RNF3-AT03	0.9		11.5x5.0
	RCF5-AZ04	5.0		
	RNF1-CT41	1.0	0.04	7.6x3.8
	RNF5-BE75	6.8	14.0	8.0x5.5
	RNF5-CT41	2.0	0.05	8.1x5.9

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Компенсационные резисторы серии RBF, RNF, RCF

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Номинальное сопротивление(Ω)		Размер подложки Д x Ш(мм)
		Исходное	Скорректированное	
	RNF9-BE37	9.5	33.0	7.9x7.8
	RNF15-BE32	15.0	25.5	8.2x7.3
	RNF10-CT41	13.0	2.0	6.4x3.2
	RCF70-CS41	75.0	6.3	
	RNF20-AE15	20.0	20.0	10.4x6.0
	RBF4-AT69	3.4		10.0x6.5
	RCF01-BZ62	17.5	29.0	14.3x7.8
	RCF02-CS46	5.3	1.0	20.0x10.0
	RCF1-AZ63	1.0		4.8x1.6
	RCF1-BS24	2.0	42.5	8.4x8.4
	RCF5-BS27	6.0	52	8.5x8.5
	RCF1-CS60	23	0.6	7.4x5.4
	RCF2-AS55	2.6		11.2x5.2
	RCF2-BS19	2.0	22.0	6.6x3.6
	RNF05-BT20	0.3	3.3	
	RCF5-BS56	55	74	9.4x7.8
	RCF10-BS3	11.0	36.5	7.7x5.4
	RCF25-DS61	37.0	16.0	10.5x7.7
	RCF28-CS47	36.0	8.5	14.0x11.0
	RCF30-CS42	41.5	8.0	15.0x10.0

Полупроводниковые тензорезисторы

Полупроводниковые тензорезисторы могут быть изготовлены на основе кремния, германия, сплав сурьмы, фосфида галлия и так далее. Данные тензорезисторы характеризуются большим коэффициентом чувствительности (в десятки раз большим, чем у фольговых тензорезисторов); малым коэффициентом поперечной чувствительности; малым механическим гистерезисом; небольшим размером, удобством изготовления и использования.

Система обозначений полупроводниковых тензорезисторов

S B 2 -25 - P - 2 - D

- S: Полупроводниковый тензорезистор
- B: B: Модифицированный фенол; A: Полиимид; Нет подложки
- 2: Длина чувствительной решетки (мм)
- 25: Номинальное сопротивление
- P: P: Положительный тензочувствительность; N: Отрицательная тензочувствительность
- D: 0: Без выводных проводников; 2: См.рис. 8-1; 3: См.рис. 8-2; 2-D: См.рис. 8-1, нет посеребрённых проводов, пропаянные контактные площадки; 3-D: См.рис. 8-2, нет посеребрённых проводов, пропаянные контактные площадки

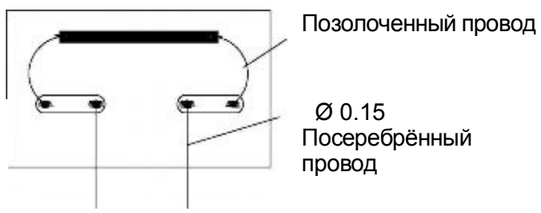


Рис. 8-1

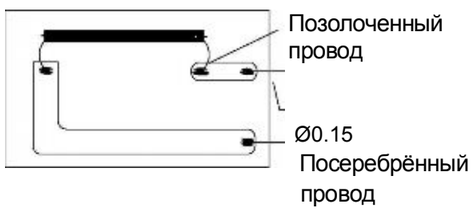


Рис. 8-2

Рисунок 8. Схематический вид полупроводникового тензорезистора

Компенсация нелинейности с помощью полупроводниковых тензорезисторов

Разности поперечного (пуассоновского) и осевого значений деформации упругих элементов колонного или схожих с ним типов, становиться причиной нелинейного выходного сигнала моста (нелинейной функциональной зависимости между нагрузкой, прилагаемой к упругому элементу и его деформацией), в результате чего заметно снижается точность колонных или сходных с ними типами преобразователей. Этот важный фактор необходимо обязательно учитывать, поэтому в процессе производства преобразователя необходимо вносить определенные корректировки для того, чтобы выпускаемые преобразователи отвечали требованиям высокой точности измерения.

Компенсация нелинейности проявляется в изменении фактического напряжения питания моста для обеспечения компенсации нелинейности преобразователя. Для этого необходимо закрепить два полупроводниковых резистора, обозначенных как RL на рис. 9, на тех же гранях «колонны» упругого элемента, что и рабочие тензорезисторы, симметрично относительно оси упругого элемента. На рисунке 9 показана схема установки компенсационного

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

полупроводникового резистора. Необходимо соединить две части сопротивления с величиной RL/2 симметрично в цепь питания моста. На рис. 10 показана схема подключения полупроводниковых резисторов для компенсации нелинейности преобразователя при полномостовой схеме измерения.

Как известно, погрешность (функция) нелинейности для преобразователей с упругими элементами колонного типа или упругими элементами схожей конструкции имеет вид параболы. А именно, при увеличении нагрузки, на входе будет увеличиваться тенденция к отклонению от линейности. После компенсации линейности отклонения, вызванные нелинейностью преобразователя, и увеличенное напряжение питания на входе измерительного моста (за счет изменения сопротивления полупроводниковых резисторов в цепи питания) компенсируют друг друга, поэтому фактический выходной сигнал становиться линейным.

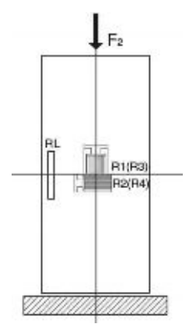


Рисунок 9 Компенсационное сопротивление, схема установки

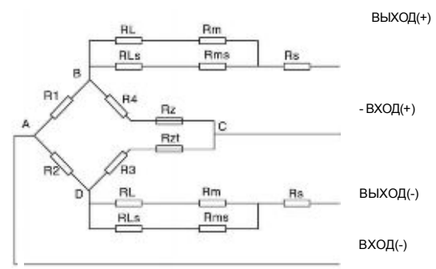


Рисунок 10 Полномостовая схема подключения полупроводниковых резисторов для компенсации нелинейности преобразователей

Полупроводниковые тензорезисторы

Модель	Размеры подложки (мм)	Размеры решетки (мм)	Величина сопротивления (Ω)	Коэффициент чувствительности K	Температурный коэффициент сопротивления ($1/^0C$)	Коэффициент термочувствительности ($1/^0C$)	Предельная рабочая температура ^0C	Предельный рабочий ток (mA)	Предельное напряжение (με)
SB5-15-P-2	6x4	5x0.32x0.05	15	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB5-25-P-2	6x4	5x0.32x0.05	25	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB5-30-P-2	6x4	5x0.32x0.05	30	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB5-60-P-2	6x4	5 x 0.32 x 0.05	60	100 ±5%	<0.08%	<0.12%	<80	15	6000
SB5-120-P-2	6x4	5 x 0.32 x 0.05	120	110±5%	<0.15%	<0.15%	<80	15	6000
SB3.8-15-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	15	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB3.8-30-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	30	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB3.8-60-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	60	100 ±5%	<0.08%	<0.12%	<80	15	6000
SB3.8-120-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	120	110±5%	<0.15%	<0.15%	<80	15	6000
SB5-15-P-2	6x4, 8x4	5x0.32x0.05	15	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB5-30-P-2	6x4, 8x4	5 x 0.32 x 0.05	30	80 ± 5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB5-60-P-2	6x4, 8x4	5 x 0.32 x 0.05	60	100 ±5%	<0.08%	<0.12%	<80	15	6000
SB5-120-P-2	6x4, 8x4	5 x 0.30 x 0.05	120	110 + 5%	<0.15%	<0.15%	<80	15	6000
SB5-350-P-2	6x4, 8x4	5x0.28x0.04	350	130 ±5%	<0.35%	<0.28%	<80	10	6000
SB5-1000-P-2	6x4, 8x4	5x0.24x0.04	1000	150 ±5%	<0.40%	<0.30%	<80	5	6000
SB3.8-15-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	15	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB3.8-30-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	30	80 ±5%	<0.06%	<0.10%	<80	20	6000
SB3.8-60-P-2	5x3	3.8x0.24x0.05	60	100 ±5%	<0.08%	<0.12%	<80	15	6000
SB3.8-120-P-2	5x3	3.8x0.24x0.04	120	100 ±5%	<0.15%	<0.15%	<80	15	6000
SB3.8-350-P-2	5x3	3.8x0.22x0.05	350	130 ±5%	<0.35%	<0.28%	<80	10	6000
SB3.8-1000-P-2	5x3	3.8x0.22x0.05	1000	150 ±5%	<0.40%	<0.30%	<80	5	6000

Обозначение клемных колодок

В клемных колодках используется импортная медная фольга, с подложкой из полиимида или эпоксидной смолы с канифолью, армированных стекловолокном. Даные материалы имеют хорошие электроизоляционные свойства и большую гибкость, что значительно облегчает процесс установки. Перед пайкой необходима зачистка для снятия защитной плёнки. Способ наклейки тот же, что и у тензорезисторов

Серия DTA

Полиимидная подложка и медная фольга. Обладают хорошей гибкостью, сопротивлением изоляции и влагозащищенностью, термостойкостью, высокой степенью надежности. Могут использоваться в относительно жёстких условиях эксплуатации.

Серия DTB

Полиимидная подложка и медная фольга. Характеризуются хорошими прочностными показателями и высокой адгезией.

Серия DHA

Используется специальная полиимидная подложка и медная фольга. Обладают хорошей термостойкостью, рекомендованы для применения в среднем температурном диапазоне.

Перечень типоразмеров клемных колодок

Тип тензорезистора	Модель тензорезистора	Размер решетки Д x Ш(мм)	Размер подложки Д x Ш(мм)
	DTA(DTB, DHA)0-G1	2.2x0.5	4.5x3.2
	DTA(DTB, DHA)1-G1	3.0x1.2	4.0x4.2
	DTA(DTB, DHA)2-G1	3.2x1.2	5.0x4.0
	DTA(DTB, DHA)3-G1	5.0x2.0	6.0x6.0
	DTA(DTB, DHA)6-G1	6.4x2.6	8.0x8.0
	DTA(DTB, DHA)10-G1	10.0x4.0	12.0x12.0
	DTA(DTB, DHA)3-G2	5.0x1.4	7.0x6.0
	DTA(DTB, DHA)4-G2	4.0x1.5	7.5x4.4
	DTA(DTB, DHA)5-G2	5.0x1.0	6.0x5.0
	DTA(DTB, DHA)6-G2	7.0x1.6	8.0x8.0
	DTA(DTB, DHA)7-G2	7.0x1.5	9.6x8.0
	DTA(DTB, DHA)10-G2	9.7x3.0	13.0x12.0
	DTA(DTB, DHA)3-G3	5.0x2.0	6.0x6.0
	DTA(DTB, DHA)6-G3	6.4x2.6	8.0x8.0
	DTA(DTB, DHA)10-G3	10.0x3.0	12.0x12.0
	DTA(DTB, DHA)3-G4	5.0x1.4	7.0x6.0
	DTA(DTB, DHA)6-G4	6.5x1.6	8.0x8.0
	DTA(DTB, DHA)10-G4	10.0x4.0	12.0x14.0
	DTA(DTB, DHA)3-G5	5.0x2.0	6.0x6.0
	DTA(DTB, DHA)6-G5	6.0x2.5	8.0x8.0
	DTA(DTB, DHA)10-G5	10.0x3.0	10.0x12.0
	DTA(DTB, DHA)3-G6	Ш1.0	5.0x3.0
	DTA(DTB, DHA)6-G6	Ш 2.0	8.0x4.0
	DTA(DTB, DHA)10-G6	Ш 4.0	12.0x6.0

Примечание:

В списке выше DTA (DTB и DHA) 6-G6 обозначает 3 модели: DTA6-G6, DTB6-G6 и DHA6-G6. Пожалуйста, укажите конкретную модель в своём заказе.

Клеи для наклейки тензорезисторов

ZEMIC предлагает высококачественные клеящие составы для применения в производстве тензодатчиков. В настоящее время ZEMIC в основном поставляет два вида клея для наклейки тензорезисторов: H-610, H-600. Далее представлена информация о некоторых основных видах клеящих составов для наклейки тензорезисторов и инструкции по их применению.

Общее описание и последовательность наклейки клеем H-610

1. Характеристики и применение

H-610 - двухкомпонентный высокоэффективный клей из эпоксидной смолы, ранее разработанный и запатентованный компанией America SEAN (патент SR- 610), среди преимуществ которого можно выделить небольшую ползучесть, низкий гистерезис, хорошую повторяемость, широкий температурный диапазон схватывания, низкую вязкость и широкий диапазон рабочих температур, кроме того необходимо отметить возможность не проводить предварительную прогрунтовку, а также быструю и удобную процедуру наклейки им тензорезисторов. Температурный диапазон: в долгосрочном периоде -269^{0}C ~ +260^{0}C, в краткосрочном - 269^{0}C ~ +370^{0}C

Клей H-610 подходит для всех серий тензорезисторов и компенсационных резисторов, особенно рекомендуется для высокоточных преобразователей, за исключением высокотемпературных тензорезисторов (250^{0}C), подводных TJ тензорезисторов и тензорезисторов серии TA, применяемых для измерения значительных деформаций.

2. Размещение и хранение

Клей H-610 компании ZEMIC состоит из компонентов A и B. Необходимо извлечь компоненты A и B из холодильника за 1-2 часа до начала использования; затем смешайте их, добавляя часть B в часть A согласно пропорции A: B=1: 2 после выравнивания температуры смеси и внешней температуры; закрутите колпачок, взболтайте в течение 2-5 минут до полного смешения частей A и B и отставьте готовую смесь на 1 час. После ее можно использовать. Смесь должна быть светло-желтого или желто-оранжевого цвета. Срок хранения составляет: 6 месяцев для компонентов A, B (не в смеси) при 24^{0}C и 12 месяцев при 2^{0}C-6^{0}C. После смешивания смесь может храниться 7-10 дней при нормальной температуре и 1 месяц при температуре 2^{0}C-6^{0}C.

3. Метод нанесения

(I) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный этиловый спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3) Нанесите один тонкий слой клея H-610 на упругий элемент в месте наклейки тензорезистора, выдержите в течение 2-5 минут, но если температура низкая, необходимо сократить время выдерживания или вовсе не выдерживать и прижать тензорезистор в месте покрытия клеем.

(4) Зафиксируйте тензорезистор в необходимом положении, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки и уберите излишки клея по оси тензорезистора.

(5) Накройте силиконкаучуковым листом и металлической пластиной и зажмите в струбцины так, чтобы обеспечить постоянное давление 0.1-0.3МПа, затем поместите в печь для термообработки (полимеризации).

(6) Нагрейте печь до 135 ^{0}C (скорость наращивания температуры от комнатной до требуемой должна составлять не более 2^{0}C в минуту), выдерживайте при данной температуре в течение 2 часов, освободите упругий элемент от струбцины после охлаждения температуры в печи до комнатной, затем еще раз разогрейте печь до 165^{0}C при той же самой скорости нагрева и выдерживайте в течение 2 часов, после чего подождите, пока печь не остынет до комнатной температуры.

(7) Клей H-610 применим в условиях, где относительная влажность не превышает 65 %.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

4. Предостережения

(1) Доставайте клей H-610 из холодильника не позже, чем за 2 часа до его использования, доведите температуру клея до комнатной.

(2) Приготавливая смесь, необходимо часть B вылить в часть A полностью (выливание не полностью приведёт к диспропорции смеси и повлияет на качество склеивания). Смешайте весь объем до однородной субстанции.

(3) Во время нанесения емкость со смесью не должна находиться в близости источника высокой температуры (например, света), т.к. высокая температура приведет к быстрому испарению растворителя.

(4) Сразу после использования необходимо закрыть крышку емкости, чтобы избежать испарения растворителя и отделения отвердителя, приводящему к наличию мелких частиц в клеящей смеси и трудности применения готового клеящего состава.

(5) Вымойте инструменты для нанесения сразу после использования во избежание попадания посторонних примесей в емкость со смесью.

(6) Когда состав становится более густым или же в него попадают мелкие частицы воздушной пыли, клей становится непригодным для наклейки основных тензорезисторов, но может использоваться для компенсационных резисторов или контактных площадок, к приклеиванию которых не выдвигают высоких требований .

Общее описание и последовательность наклейки клеем H-600 A

1. Характеристики и применение

H-600 A - двухкомпонентный высокоэффективный клеящий состав из эпоксидной смолы, используется как замена клею H-610. Данный вид обладает рядом преимуществ: небольшая ползучесть, низкий гистерезис, хорошая повторяемость, широкий температурный режим, низкая вязкость и широкий диапазон рабочих температур, кроме того возможность не проводить предварительную прогрунтовку, быстрая и удобная процедура наклейки тензорезистора. Температурный диапазон: в долгосрочном периоде -269^{0}C ~ +260^{0}C ;в краткосрочном -269^{0}C ~ +370^{0}C

H-600 подходит для всех серий тензорезисторов и компенсационных резисторов, особенно рекомендуется для высокоточных преобразователей, за исключением подводных тензорезисторов серии TJ и тензорезисторов серии TA для измерения значительных деформаций.

2. Расположение и хранение

Клей H-600 компании ZEMIC состоит из компонентов A и B. Необходимо извлечь компоненты A и B из холодильника за 1-2 часа до начала использования; затем смешайте их, добавляя часть B в часть A согласно пропорции A: B=1: 2 после выравнивания температуры смеси и внешней температуры; закрутите колпачок, взболтайте в течение 2-5 минут до полного смешения частей A и B и отставьте готовую смесь на 1 час. После ее можно использовать; жидкая смесь должна быть светло-желтого или желто-оранжевого цвета. Срок хранения составляет: 6 месяцев для компонентов A, B (не в смеси) при 24^{0}C и 12 месяцев при 2^{0}C-6^{0}C. После смешивания смесь может храниться 7-10 дней при нормальной температуре и 1 месяц при температуре 2^{0}C-6^{0}C.

3. Метод нанесения

(I) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный этиловый спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3) Нанесите один тонкий слой клея H-600 на упругий элемент в месте наклейки тензорезистора и сразу же прижмите тензорезистор к месту крепления, не превышая 2 минутный предел.

(4) Зафиксируйте тензорезистор в необходимом положении, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки или уберите излишки клея по оси тензорезистора.

(5) Накройте силиконкаучуковым листом и металлической пластиной и зажмите в струбцины так, чтобы обеспечить постоянное давление 0.1-0.3МПа, затем поместите в печь для термообработки (полимеризации).

(6) Процедура термообработки:

(8) Для тензорезисторов температурного диапазона до 150^{0}C: Нагрейте печь до 135 ^{0}C (скорость наращивания температуры от комнатной до требуемой должна составлять 2^{0}C в минуту), выдерживайте при данной температуре в течение 2 часов, освободите упругий элемент от струбцины после охлаждения температуры в печи до комнатной, затем еще раз разогрейте печь до 165^{0}C при той же самой скорости нагрева и выдерживайте в течение 2 часов, после чего подождите, пока печь не остынет до комнатной температуры.

(9) Для тензорезисторов температурного диапазона до 250^{0}C: Нагрейте печь до 150 ^{0}C (скорость наращивания температуры от комнатной до требуемой должна составлять 2^{0}C в минуту), выдерживайте при данной температуре в течение 2 часов, освободите упругий элемент от струбцины после охлаждения температуры в печи до комнатной, затем еще раз разогрейте печь до 175^{0}C при той же самой скорости нагрева и выдерживайте в течение 2 часов, после чего подождите, пока печь не остынет до комнатной температуры.

(7) Клей H-610 применим в условиях, где относительная влажность не превышает 65 %, и если ее значение ниже 40%, наклейка тензорезистора должна производится незамедлительно.

4. Предостережения

(1) Доставайте клей H-600 из холодильника не позже, чем за 2 часа до его использования, доведите температуру клея до комнатной.

(2) Приготавливая смесь, необходимо часть B вылить в часть A полностью (выливание не полностью приведёт к диспропорции смеси и повлияет на качество склеивания). Смешайте весь объем до однородной субстанции.

(3) Во время нанесения емкость со смесью не должна находиться в близости источника высокой температуры (например, света), т.к. высокая температура приведет к быстрому испарению растворителя.

(4) Сразу после использования необходимо закрыть крышку емкости, чтобы избежать испарения растворителя и отделения отвердителя, приводящему к наличию мелких частиц в клеящей смеси и трудности применения готового клеящего состава.

(5) Вымойте инструменты для нанесения сразу после использования во избежание попадания посторонних примесей в емкость со смесью.

(6) Когда состав становится более густым или же в него попадают мелкие частицы воздушной пыли, клей становится непригодным для наклейки основных тензорезисторов, но может использоваться для компенсационных резисторов или контактных площадок, к приклеиванию которых не выдвигают высоких требований

Общее описание и последовательность наклейки клеем A-713

1.Характеристики и применение

Клей A-713 представляет собой высокотемпературный клей, произведенный из полученных путем многомерной сополимеризации ароматических имидов короткой связи, смешанных с модифицированным фенопластом. Такие свойства клея как низкий коэффициент линейного расширения, широкий температурный диапазон применения, высокий предел деформации, низкая ползучесть и гистерезис, устойчивые рабочие характеристики делают его подходящим для производства и наклейки тензодатчиков среднетемпературного диапазона и для измерений значительных деформаций. Диапазон температур:-60^{0}C - +150^{0}C

Клей A-713 подходит для использования для тензорезисторов среднетемпературного диапазона серии BA и тензорезисторов среднетемпературного диапазона для измерения высокого напряжения серии TA, с максимальной величиной деформации 20 %.

2. Размещение и хранение

Клей A-713 является однокомпонентным. Перед использованием встряхивайте бутылку с клеем в течение 2-3 минут до полного исчезновения пузырьков. Клей A-713 лучше хранить при низкой температуре во избежание термической деградации. Хорошо закрутите колпачок бутылки, чтобы избежать попадания влаги из воздуха, и при таких условиях данных клей может храниться 12 месяцев при 2^{0}C-6^{0}C.

3. Метод нанесения

(l) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный этиловый спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3) Нанесите один тонкий слой клея A-713 на упругий элемент в месте наклейки тензорезистора, прогревайте инфракрасной лампой или лампой накаливания в течение 30 минут на расстоянии 30 мм от места приклеивания..

(4) Зафиксируйте тензорезистор в необходимом положении, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки или уберите излишки клея по оси тензорезистора.

(5) Накройте силиконкаучуковым листом и металлической пластиной и зажмите в струбцины так, чтобы обеспечить постоянное давление 0.1-0.3 МПа, затем поместите в печь для термообработки (полимеризации).

(6) Нагрейте печь до 120 ^{0}C (скорость наращивания температуры от комнатной до требуемой должна составлять 2^{0}C в минуту), выдерживайте при данной температуре в течение 1 часа , затем снова разогрейте печь до 180^{0}C при той же самой скорости, выдерживайте при данной температуре в течение 3 часов, после чего подождите пока печь не остынет до комнатной температуры.

(7) Клей A-713 применим в условиях, где относительная влажность не превышает 65 %.

4. Предостережения

(1) Бутылку с клеем встряхивать 2-3 минуты до полного исчезновения пузырьков.

(2) Во время нанесения емкость с клеем не должна находиться в близости источника высокой температуры (например, света), т.к. высокая температура приведет к быстрому испарению растворителя.

(3) Сразу после использования необходимо закрыть крышку емкости, чтобы избежать испарения растворителя и трудности его дальнейшего использования.

(4) Вымойте инструменты для нанесения сразу после использования во избежание попадания посторонних примесей в емкость со смесью.

(5) При длительном хранении под влиянием термодеградации клей A-713 может стать более жидким.

Общее описание и последовательность наклейки клеем F-601

1. Характеристики и применение

F-601 представляет собой высокотемпературный клеящий состав, изготовленный методом сополимеризации фенопласта и эпоксидной смолы с добавлением наполнителя. Превосходные характеристики в герметизации и склеивании, небольшая ползучесть, хорошие изолирующие свойства, возможность применения как в низких, так и высоких температурных режимах, стабильность характеристик и широкий температурный диапазон делают данный клей подходящим для средне- и высокотемпературных тензодатчиков. Помимо этого, F-601 может использоваться при герметизации металлических, керамических и стеклянных поверхностей, особенно рекомендован для использования в керамических изделиях. Диапазон температур:-60^{0}C - +250^{0}C

F-601 подходит для тензорезисторов серии BA 150^{0}C, BB 250^{0}C, BAB 250^{0}C, а также для других серий средне- и высотемпературных тензорезисторов.

2. Размещение и хранение

F-601 представляет собой однокомпонентный состав оранжевого цвета. Поскольку в F-601 присутствует твердый наполнитель, необходимо убедиться, что он тщательно размешан. Если клеящий состав F-601становится слишком густым, то его можно развести бутаноном. Хранить в плотно закрытой таре во избежание испарения растворителя. Срок хранения клея F-601 - 8 месяцев при 10 ^{0}C.

3. Метод нанесения

(I) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный этиловый спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3)Нанесите клей F-601 одним тонким слоем, подсушите на воздухе в течение 20 минут, повторно покройте ещё одним слоем, и подсушите в течение 4 часов, затем поместите в печь. Разогрейте печь до 60^{0}C (скорость наращивания температуры от комнатной до требуемой должна составлять 2^{0}C в минуту), выдерживайте при данной температуре в течение 1 часа, потом еще раз разогрейте печь до 150^{0}C на той же самой скорости, выдерживайте при данной температуре в течение 1 часа, после дайте печи остыть до 80 ^{0}C.

(4) Выньте из печи, когда температура снизится до 80 ^{0}C, покройте еще одним слоем клея F-601, и выдержите до полувысыхания. Зафиксируйте тензорезистор в необходимом положении, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки или уберите лишний клей по оси тензорезистора.

(5) Накройте силиконкаучуковым листом и металлической пластиной и зажмите в струбцины так, чтобы обеспечить постоянное давление 0.1-0.3МПа, затем поместите в печь для термообработки (полимеризации).

(6) Для тензодатчиков температурного диапазона до 150 ^{0}: Разогрейте печь до 100 ^{0}C от комнатной температуры на скорости 2^{0}C в минуту, выдерживайте при данной температуре в течение 1 часа, затем снова разогрейте печь до 150^{0}C при той же скорости нагревания, и выдерживайте при данной температуре в течение 3 часов, освободите упругий элемент от струбцины после охлаждения температуры в печи до комнатной. Далее снова разогрейте до 170^{0}C при той же скорости нагревания, выдерживайте при данной температуре в течение 2 часов и подождите пока печь не остынет до комнатной температуры.

(7) Для тензодатчиков температурного диапазона до 250 ^{0}: Разогрейте печь до 100 ^{0}C от комнатной температуры на скорости 2^{0}C в минуту, выдерживайте при данной температуре в течение 1 часа, освободите упругий элемент от струбцины после охлаждения температуры в печи до комнатной, далее опять разогрейте печь до 150^{0}C при той же скорости нагревания, и нагревайте в течение 2 часов,. Потом снова разогрейте до 250^{0}C при той же скорости нагревания, выдерживайте при данной температуре в течение 4 часов и подождите пока печь не остынет до комнатной температуры.

(8) Клей F-610 применим в условиях, где относительная влажность не превышает 65 %4.

4. Предостережения

(1) Доставайте клей F-610 из холодильника не позже, чем за 2 часа до его использования, доведите температуру клея до комнатной.

(2)Убедитесь, что клеящий состав однороден; любая его неоднородность негативно влияет на клеящую способность.

(3)Сразу же после использования необходимо плотно закрыть крышку емкости во избежание испарения растворителя и загустевания клеящего состава, что ухудшает его клеящие свойства .

(4) Вымойте инструменты для нанесения сразу после использования для недопущения попадания посторонних примесей в емкость со смесью.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

Общее описание и последовательность наклейки клеем H-611

1. Характетистики и применение

Клей H-611 представляет собой самовулканизирующийся клеящий состав, изготовленный из глицидной эпоксидной смолы, бисфенол А-эпоксидной смолы, низкополисульфидного каучука и модифицированного аминного отвердителя. Данный клей используется в нормальных температурных режимах, характеризуется хорошей клеящей способностью, двухкомпонентным составом, отсутствием необходимости в использовании растворителя, протеканием процесса затвердевания при комнатной температуре, низкой ползучестью и хорошей изолирующей способностью.

Температурный диапазон:-3^{0}C ~ +6^{0}C

Клей H-611 подходит для большинства тензорезисторов, особенно для компенсационых резисторов и терминалов, а также при прочностном анализе в нормальных температурных условиях и атмосферном давлении. У данного вида клея есть преимущество при работе в неудобных или сложных случаях, как, например, при использовании на термопласмассе и в сложных местах наклейки тензорезисторов.

2. Размещение и хранение

H-611 состоит из двух компонентов - A и B, которые смешиваются добавлением B в A согласно пропорции - A: B = 1: 2, размешиваются зубочисткой или тонкой стеклянной палочкой. Клей может быть использован непосредственно сразу после смешивания, но должен быть израсходован в течение 1 часа. Несмешанные компоненты A и B могут храниться в течение 10 месяцев при комнатной температуры.

3. Метод нанесения

(1) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3) Нанести один тонкий слой H-611 на упругий элемент в месте наклейки тензорезистора после нагревания до 4^{0}C - 6^{0}C (если не произвести нагревания, то при низкой температуре поверхности склеивания высокая вязкость затруднит соединение, соответственно, время склеивания увеличивается).

(4) Зафиксируйте тензорезистор в необходимом положении, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки или уберите лишний клей по оси тензорезистора.

(5) Поверхность склеивания может быть задействована через 24 часов высыхания при комнатной температуре или через 2 часа при температуре 6^{0}C - 8^{0}C

(6) Клей H-611 применим в условиях, где относительная влажность не превышает 65 %.

4. Предостережения

(1)Доставайте клей H-611 из холодильника не позже, чем за 2 часа до его использования, доведите температуру клея до комнатной.

(2)Приготавливая смесь, необходимо часть B вылить в часть A полностью (выливание не полностью приведёт к диспропорции смеси и повлияет на качество склеивания). Смешайте весь объем до однородной субстанции.

(3) По причине краткосрочности использованного в данном клее аминного отвердителя, лучше израсходовать всю готовую смесь в течение 1 часа.

(4) Во время нанесения емкость со смесью не должна находиться в близости источника высокой температуры (например, света), т.к. высокая температура приведет к быстрому испарению растворителя.

(5) Вымойте инструменты для нанесения сразу же после использования во избежание попадания посторонних примесей в емкость со смесью.

Общее описание и последовательность наклейки клеем AZ-709

1. Характеристики и применение

AZ-709 - клей на полиуретановой основе. Он хорошо подходит для тех применений, где требуется водонепроницаемость, влагозащищенность, защита от заплесневения, высокие изоляционные свойства. Клей затвердевает при комнатной температуре.

Температурный диапазон:-30^{0}C ~ +60^{0}C

Клей AZ-709 подходит для серии подводных тензорезисторов TJ, а также для других резисторов и тензодатчиков.

2. Расположение и хранение

AZ-709 состоит из двух компонентов - I и II. Может быть использован раньше, чем через 2-3 часа. Для серии тензодатчиков подводного применения пропорция составляет I: II = 45:55; для защитных целей - 48:52. Прежде всего, компонент I должен быть вылит в отдельную емкость, далее компонент II добавляется в компонент I; затем бутылку нужно встряхивать в течение 2 минут до полного смешения компонентов. Оставьте смесь на 1 час до полного исчезновения пузырьков и приобретения смесью светло-желтой окраски. Несмешанные компоненты могут храниться в течение 12 месяцев при температуре 24^{0}C; готовый клей AZ-709 пригоден к употреблению в течение 4-8 часов при температуре 24^{0}C или 2-4 дня при 2^{0}C-6^{0}C.

3. Метод нанесения

(1) Место наклейки тензорезистора на упругом элементе должно пройти пескоструйную очистку или отшлифовано и тщательно очищено ацетоном, а затем бутаноном.

(2) Используйте безводный этиловый спирт для очистки инструмента, тефлоновой плёнки и тензорезистора, который будет приклеиваться.

(3)Нанесите один тонкий слой клея AZ-709 и оставьте для высыхания на воздухе на 20 минут.

(4) Нанесите один слой клея, накройте тефлоновой плёнкой и отожмите пузырьки или уберите лишний клей по оси тензорезистора..

(5)Просушите на воздухе в течение 4-5 часов, затем накройте силиконовым листом и металлическую пластиной и зажмите в струбцины так, чтобы обеспечить постоянное давление 0.1-0.3МПа, затем поместите в печь для затвердевания.

(6) После 24-часового затвердевания поместите в печь, разогретую до 80^{0}C (на скорости наращивания температуры 2^{0}C в минуту от комнатной температуры), выдержать при данной температуре в течение 4 часов, после этого печь разогревается до 120^{0}C при той же скорости наращивания температуры, выдерживается при этой температуре 2 часа, и после остывания в печи до комнатной температуры освободите упругий элемент от струбцины.

(7) Если клей используется для влагозащиты датчиков, то сначала используйте растворитель для очистки этих участков, нанесите AZ-709 на поверхность, захватывая больший, чем область защиты, участок, затем необходимо выдержать 24 часа при комнатной температуре для окончательного затвердевания .

4. Предостережения

(1)Доставайте клей AZ-709 из холодильника не позже, чем за 2 часа до его использования, доведите температуру клея до комнатной.

(2) При приготовлении смеси емкости должна быть чистой и пропорции соблюдены – иначе это может привести к ухудшению клеящей способности.

(3)Во время нанесения емкость со смесью не должна находиться в близости источника высокой температуры (например, света), т.к. воздействие высоких температур приводит к быстрому испарению растворителя.

(4) После использования плотно закрыть крышку емкости с клеем во избежание испарения растворителя и ухудшения клеящих свойств.

(5) Вымойте инструменты для нанесения сразу после использования, чтобы не допустить попадания посторонних примесей в емкость с составом.

Общее описание и последовательность наклейки клеем G-D04

1. Характеристики и применение

G-D04 - клей на основе силикона, затвердевающий при комнатной температуре, не содержит спирта, однокомпонентный, затвердевает при разных покахателях влажности. Такие характеристики, как высокая изолирующая способность, возможность покрытия больших поверхностей склеивания, нейтральные характеристики, антикоррозийные свойства, прозрачность - всё это делает этот клей подходящим для применения на электронных компонентах в качестве защитного слоя, и также как клей в других областях. Клей G-D04 применим на стекле, металле, керамике и на других материалах на основе смол. Главным образом, используется как клей и герметизирующий состав.

Температурный диапазон: -70^{0}C ~+200^{0}C

Клей G-D04 продукт на основе силикона, затвердевает при комнатной температуре, подходит для защиты всех видов тензорезисторов и компенсационных резисторов, особенно рекомендован как защитное средство от воздействия высоких температур и влажности при производстве высокоточных тензодатчиков.

2. Расположение и хранение

G-D04 представляет собой однокомпонентный состав на силиконовой основе. После завершения работы нужно плотно закрыть крышку емкости с клеем и закупорить для дальнейшего хранения. При следующем использовании клея нужно удалить корку на герметизирующей области, что позволяет улучшить клеящую способность. Те же действия нужно проделывать и на носике емкости с клеем во время хранения, удаляя затвердевший клей. Срок хранения при комнатной температуре -12 месяцев.

3. Метод нанесения

(1) Полностью очистите поверхности от ржавчины, пыли и масляных пятен.

(2) Откройте резиновую бутылку, выдавите необходимое количество клея на поверхность склеивания и распределите его равномерно.

(3) Разместите склеиваемые элементы и при комнатной температуре оставьте затвердевать. Затвердевание начинается с поверхностного слоя и далее происходит в нижних слоях. За 24 часа клей затвердевает на 2-4мм. Если поверхность склеивания находится слишком глубоко и почти не контактирует с воздухом, то процесс затвердевания займет больше времени. Низкие температуры также увеличивают необходимое время для затвердевания.

(4) До начала следующей процедуры герметизации рекомендуется выдержать большее время для прочности схватывания и затвердевания.

(5) Достаточное время для полного затвердевания составляет 144 часа.

(6) Чем больше времени отводится для отвердения при комнатной температуре, тем более крепкое и надежное получаем соединение.

4. Предостережения

(1) Затвердевание G-D04 во многом зависит от показателя влажности при комнатной температуре. Поэтому сразу после завершения нанесения плотно закрывайте бутылку с клеем для дальнейшего хранения.

(2) При следующем использовании клея нужно удалить корку на герметизирующей области, что позволяет улучшить качество склеивания.

(3) Закручивайте крышку емкости с клеем во время каждого перерыва в процессе работы.

(4) При хранении на носике бутылки с клеем необходимо удалять затвердевший клей, что улучшает качество склеивания.

Общее описание и последовательность наклейки клеем G-704

1. Характеристики и применение

G-704 представляет собой жидкий клеящий состав белого цвета на основе силиконкаучука, клеящий при комнатной температуре и обеспечивающий высокую прочность склеивания и не требует добавления растворителя. Высокая изолирующая, герметизирующая и клеящая способности, высокие антикоррозийные характеристики, стойкость к износу, превосходное качество эксплуатации при перепадах температуры - все это делает этот клей хорошим вариантом для применения на металлах, неметаллах, пластмассе, на изделиях на основе каучука. Главным образом, используется как прекрасный материал для защиты и герметизации тензорезисторов и тензодатчиков.

Температурный диапазон:-50^{0}C ~ +250^{0}C

Силиконкаучуковая основа клея G-704 обусловливает возможность его применения в целях защиты тензорезисторов всех видов и компенсационных резисторов, обладает свойствами защиты от влияния высоких температур и влажности при производстве высокоточных тензодатчиков.

2. Расположение и хранение

G-704 - однокомпонентный клей на силиконовой основе. После завершения работы нужно плотно закрыть крышку бутылки клея и закупорить ее для дальнейшего хранения. При следующем использовании клея нужно удалить корку на герметизирующей области, что позволяет улучшить клеящую способность. Те же действия нужно проделывать и на носике емкости с клеем во время хранения, удаляя затвердевший клей. Срок хранения при комнатной температуре -12 месяцев.

3. Метод нанесения

(1) Тщательно очистите поверхность от ржавчины, пыли и масляных пятен.

(2)Откройте резиновую бутылку, выдавите необходимое количество клея на поверхность склеивания и распределите его равномерно.

(3)Разместите склеиваемые элементы и при комнатной температуре оставьте затвердевать. Затвердение начинается с поверхностного слоя и далее происходит в нижних слоях. За 24 часа клей затвердевает на 2-4мм (при комнатной температуре и влажности 55%). Если поверхность склеивания находится слишком глубоко и почти не контактирует с воздухом, то процесс затвердевания займет больше времени. Низкие температуры также увеличивают необходимое время для затвердевания.

(4)До начала следующей процедуры герметизации рекомендуется выдержать большее время для прочности схватывания и затвердевания.

(5)Чем больше времени отводится для затвердевания при комнатной температуре, тем более крепкое и надежное получаем соединение

(6)Для проклейки влагозащитных элементов процесс затвердевания должен проходить в печи при температуре 50^{0}C-150^{0}C в течение 4-12 часов для улучшения их защитных характеристик.

4. Предостережения

(1)Затвердевание клея G-704 во многом зависит от показателя влажности в помещении. Поэтому сразу после завершения нанесения плотно закрывайте бутылку с клеем для дальнейшего хранения.

(2) При следующем использовании клея нужно удалить корку на герметизирующей области, что позволяет улучшить качество склеивания.

(3)Закручивайте крышку емкости с клеем во время каждого перерыва в процессе работы.

(4) При хранении на носике бутылки с клеем необходимо удалять затвердевший клей, что улучшает качество склеивания.

Общая последовательность наклейки и влагозащиты тензорезисторов

Для большинства тензорезисторов основным методом установки является наклеивание. Качество наклейки тензорезистора - один из ключевых факторов, обеспечивающих точность измерения деформации. Поэтому при наклеивании резисторов необходимо строго следовать предлагаемым правилам приклейки и технологии обработки.

1. Процесс наклейки и влагозащиты тензорезисторов:

(1) Выбор тензорезистора (2) Выбор клея (3) Шлифовка (4) Очистка поверхности (5) Нанесение линий разметки (6) Очистка тензорезистора (7) Нанесение клея (8) Наклейка тензорезистора (9) Термообработка (10) Проверка качества наклейки после термообработки (11) Подпайка проводов (12) Проверка качества подпайки проводов (13) Опробование (14)Влагозащита.

2. Качество наклейки тензорезисторов

Выбор вида тензорезистора основывается на области их применения, основных технических характеристик и его исполнения. Для тензодатчиков класса точности 0.02 и 0.03 подходят тензорезисторы серии BF, BB или ZF. Для датчиков класса точности 0.05 - серии BE или BA. Для прочностных измерений выбор тензорезисторов зависит от условий проведения испытаний и требований к точности измерения. После обработки упругих элементов необходима стабилизирующая обработка для устранения остаточного напряжения и приобретения устойчивости характеристик. Использование различных клеев - это особое мастерство. Здесь мы только приводим лишь некоторое общие положения.

2.1 Выбор тензорезистора

Выбор тензорезисторов включает в себя два этапа: проверка тензорезистора и поверхностная обработка.

(1) Проверка тензорезисторов, включая внешний осмотр и проверку сопротивления

Внешний осмотр должен выявить наличие или отсутствие повреждений подложки и влагозащитной плёнки, ржавчины на решетке, целостность клемного соединения, наличие перемычек на чувствительной решетке, пузырьки воздуха под защитной пленкой, бороздки или отверстия на подложке. Разброс сопротивлений тензорезисторов, подключаемых в одну измерительную мостовую схему, не должен привышать - 0.1 Ω

(2) Поверхностная обработка

Прежде, чем использовать тензорезисторы, необходимо обработать их гигроскопической ватой, смоченной в концентрированном спирте. Обращаем Ваше внимание на особую важность и необходимость тщательной обработки тензорезистора с обеих сторон. У тензорезисторов без защитной пленки необходимо обработать поверхность по направлению к решетке. После обработки необходимо высушить датчик инфракрасным светом или другим способом.

2.2 Выбор клея

Выбор клея должен опираться на информацию, изложенную в инструкциях к ним. Мы рекомендуем клей H-610 или H-600.

2.3 Шлифовка

Чтобы надёжно наклеить тензорезистор, необходимо произвести механическую или химическую обработку места наклейки. Эта область должна быть в 3-5 раз больше, чем площадь самого тензорезистора. Во-первых, необходимо убрать загрязнения, ржавчину, плёнку окисления, гальванический слой покрытия, и т.д. В соответствии с материалом объекта измерения, нужно использовать шлифовальную бумагу 220~400 # для зачистки поверхностей склеивания. Зачистку и шлифовку производить крест-накрест под углом 45^0 к оси тензорезистора.

2.4 Очистка поверхности

Протрите зачищенный участок ватой, смоченной уксусной кислотой, этиловым спиртом, трихлорэтаном, изопропиловым спиртом или другим органическим растворителем. Затем обработайте поверхность ацетоном или метилэтилкетоном, пока вата не станет чистой при протирании. Очищая поверхность тензорезистора, Вы должна всегда делать это в одном направлении, ни в коем случае не производите разнонаправленных движений. На очищенную поверхность не дуть и не прикасаться руками. Когда поверхность высохнет, необходимо сразу же начать наклейку тензорезистора.

2.5 Нанесение линий разметки

Чтобы точно отметить место наклейки тензорезистора, нанесите линии разметки с помощью шариковой ручки без чернил, иголки или другого подобного предмета.

2.6 Очистка резистора

Возьмите тензорезистор и поместите его на тефлоновую плёнку, очистите две стороны тензорезистора концентрированным спиртом и положите его стороной наклейки вверх для лучшего высыхания.

2.7 Нанесение клея

Большинство клеевых соединений требуют нанесения прогрунтовочного слоя клея, и отверждение происходит при высоких температурах. Область нанесения клея на упругий элемент должна быть в 1.5 раза больше площади тензорезистора. Подложка тензорезисторов и клей для их наклейки зачастую состоят из одинаковых полуфабрикатов. Толщина клеевого слоя должна находится в пределах 0.01 ~0.03mm. Кроме того, отверждение должно быть полным. Чтобы улучшить характеристики тензорезистора, клеевой слой должен быть настолько тонким насколько это позволяют требования к прочности склеивания и сопротивлению изоляции. Таким образом может быть обеспечена большая способность передачи напряжения, уменьшена неравномерность клеевого слоя, снижен разброс чувствительности тензорезистора и его ползучесть. Для некоторых видов клея нет необходимости в нанесении прогрунтовочного слоя, это такие клеи, как H-600, H-610 и H-611, и т.д. Они обладают стабильностью, высокими изоляционными свойствами, небольшой ползучестью и могут использоваться в высокоточных преобразователях.

2.8 Наклейка тензорезистора

Приклеивание резистора - самый важный шаг всего процесса, от него зависит полученная точность измерений. Перед приклеиванием необходимо очистить необходимые инструменты (например, пинцет, нож, щетку, и т.д.) ацетоном. После нанесения клеевого слоя с помощью щетки, ожидаем схватывания клея, размещаем тензорезистор в положение, которое было предварительно отмечено нами линиями разметки. Накрываем тефлоновой плёнкой, нажимаем и пальцами выдавливаем пузырьки воздуха и убираем излишки клея 1-2 раза по направлению оси датчика. Затем убираем плёнку и регулируем положение датчика. Внимание: Для датчиков с выводными проводниками, плёнка должна начинать убираться с конца тензорезистора без выводов. Направление снятия плёнки должно быть параллельным поверхности соединения, чтобы не допустить приподнимания и сдвигания наклеенных тензорезисторов. После наклейки и отверждения необходимо тщательно проверить тензорезисторы на предмет повреждений подложки, деформации решетки, разрывов и замыканий решетки, правильности соединения, наличия воздушных пузырьков и т.д. При необходимости немедленно устранить все эти виды брака.

2.9 Термообработка

В настоящее время большинство клеев являются клеями горячего отверждения. Температура, время и давление - вот три основных фактора для правильного отверждения. Необходимо убедиться, что все эти условия выполняются. Для зажима тензорезистора, часто используется тефлоновая плёнка, силиконкаучуковая и затем фиксирующая пластины. Для некоторых сложных частей мы можем использовать специальные конструкции для зажима. Мешок с песком и обматывание также могут быть использованы. Чтобы эффективно снять внутреннее напряжение, после снятия пресса (струбцины), увеличивают температуру приблизительно на 30^{0}C по сравнению с температурой во время присутствия пресса. Далее удерживают температуру 1 ~ 2 часа для приобретения стабильности. Что касается подробных параметров термоотверждения, то они представлены в руководстве к клеям. Например, для клея H-610, технология склеивания такова: вначале, установите давление 0.1 ~ 0.3MPa, затем задайте температуру до 135^{0}C, выдержите в течение 2 часов. Затем можно уменьшить температуру постепенно до комнатной, убрать пресс и увеличить температуру до 165^{0}C и держать в течение 2 часов, и наконец, довести до комнатной температуры.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

2.10 Проверка качества наклейки после термообработки

После термообработки необходимо тщательно проверить прочность соединения поверхностей. Необходимо провести контроль следующих факторов: изменения сопротивления резистора после наклейки; сопротивление изоляции; любые остаточные воздушные пузыри в подложке; правильность положения тензорезистора; на наличие замыканий и деформаций решетки.

2.11 Подпайка проводов

Перед подпайкой проводов к резистору нужно убрать остатки клея и зачистить контактные площадки наждачной бумагой, избегая повреждения припоя. Температура спаивания не должна быть слишком высокой (для тезорезисторов, предназначенных для нормальных температур, температура пайки не должна превышать 250^{0}C). Время спаивания не должно быть слишком долгим, паять нужно быстро, избегая перегрева, повреждающего припой контактной площадки и нарушающего изоляцию. Провода должны быть гибкими, чтобы они выдержали эксплуатацию в течение долгого времени. Необходимо оставлять достаточную длину проводов для образования петли и снятия напряжения между клемными колодками и контактными площадками тензорезистора во избежание концентрации и накопления внутренних напряжений в проводах, во время того, как объект измерения или упругий элемент будут долговременно подвергаться циклическим нагрузкам и температурным колебаниям. После подпайки проводов необходимо полностью смыть кислотный флюс во избежание его негативного влияния на сопротивление изоляции и сопротивление тензорезисторов. Затем нужно снова проверить сопротивление изоляции.

2.12 Проверка качества подпайки проводов

Проверте тензорезисторы после подпайки проводов; прежде всего, проверьте на наличие остатка припоя и флюса на поверхности тензорезистора, целостность проводов и мест пайки.

2.13 Опробование

(1) Опробование нагрузочной способности

Опробование нагрузочной способности проводится методом пробных нагружений преобразователей в силонагружающей мащине. При этом выходной сигнал преобразователя должен быть стабилен и не должен ползти.

(2) Температурные характеристики

Для определения температурных характеристик необходимо поместить преобразователи в термокамеру.

Последовательно задать в термокамере температуру, соответствующую крайним точкам диапазона термокомпенсации.

Проконтролировать, чтобы уход выходного сигнала преобразователя при этом не превышал установленных пределов.

При температурных испытаниях необходимо внимательно следить за соотношением (взаимодействием) таких факторов, как влажность и температура.

(3) Требования к окружающей среде

Условия окружающей среды (влажность, температура и давление) должны соответствовать требованиям национального стандарта для устранения возможного негативного воздействия условий окружающей среды на преобразователи.

2.14 Влагозащита

Необходимо обеспечить тензорезисторы надлежащей защитой от негативных воздействий окружающей среды, для этих целей существует ряд специально предназначенных материалов. Во время наклейки и герметизации тензорезисторов необходимо обязательно использовать перчатки, работать осторожно и внимательно. Защитите открытые участки защитным клеевым слоем, для этого можно выбрать клей AZ-709. После нанесения используйте силиконовый герметик G-704 или G-D04.

Проблемы применения тензорезисторов и методы их решения

1. Дрейф нуля

Как известно, в процессе применения тензорезисторов самой сложной и часто встречаемой проблемой является дрейф нуля. Данное явление обусловлено рядом причин, подробное описание которых представлено ниже.

(1) Эффект сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции - важная характеристика тензорезисторв. Дрейф нуля напрямую зависит от её величины. Под сопротивлением изоляции понимается сопротивление, получаемое между чувствительной решеткой тензодатчика и элементами объекта измерения. Если изоляция будет нарушена, то появится ток утечки между решеткой тензодатчика и элементами объекта измерения. По этой причине будет нарушена стабильность нуля преобразователя, это явление и называют дрейфом нуля. Необходимо ответить на два вопроса: почему это происходит и как решить данную проблему – ниже предложено подробное объяснение причин и варианты решения возникших проблем.

a. Если датчики после подпайки проводов не были вымыты или вымыты, но не тщательно, то это приведет к нарушению сопротивления изоляции. Проблема состоит в том, что мы используем паяльный флюс, а флюс – активный кислотный материал. Это ионосодержащее вещество и если от его остатков полностью не очистить поверхность, то движение положительных ионов приведет к нарушению сопротивления изоляции.

b. Если во время подпайки выводов наконечник паяльника острый или же температура слишком высока, или время пайки длится дольше положенного времени, это может вызвать повреждение подложки тензорезисторов, что тоже ведёт к нарушению изоляции. Следовательно, чтобы избежать подобной ситуации и связанных с ней проблем, мы должны предварительно осмотреть и проверить состояние носика паяльника, и для того чтобы не повредилась подложка датчика, необходимо контролировать температуру паяльника - не выше, чем 250^{0}C; паять короткими временными промежутками.

c Попадание влаги на тензорезистор также может стать причиной нарушения изоляции. Основные причины – недостаточная влагозащита или слишком высокая влажность при наклейке тензорезистора. Следует учитывать, что при использовании тензорезистора уровень влажности по возможности не должен превышать 60% во избежание негативного воздействия влаги, попавшей из воздуха, на стабильность работы тензорезистора.

d. Повреждение тензорезисторов. Подобная ситуация происходит, главным образом, во время наклейки тензорезистора. Например, если мы используются слишком твердые амортизирующие прокладки для зажима тензорезистора или поверхность объекта измерения или упругого элемента может быть слишком шероховатой или содержать шип, зарубку или подобный дефект.

(2) Дефекты, возникающие при наклеивании тензорезисторов.

a. После наклейки под подложкой тензорезистора могут оставаться пустоты и полости, что вызывает дрейф нуля. В данной ситуации можно на свет увидеть на датчике пятно. Или если прижать датчик каким-либо мягким предметом, то сопротивление тензорезистора изменится, и когда уберем мягкий предмет, то сопротивление вернется к прежнему значению. Из-за того, что под подложкой тензорезистора присутствуют пустоты и полости, то после наклейки тензорезисторов , только часть их будет нагреваться (охлаждаться) от контакта с упругим элементом, что может привести к температурному дрейфу нуля.

b. На месте наклейки тензорезистора нанесен очень толстый слой клея, имеется клеевой нарост или небольшой выдающийся откос – все это может вызвать дрейф нуля. Главная причина состоит в том, что объекты измерения или упругие элементы не были очищены должным образом и имеются шероховатости, или клей не нанесён равномерно либо в избыточном количестве.

ZEMIC
Мировой лидер в измерении

(3) Дефект влагозащиты

a. Промокание тензорезисторов. Этот дефект можно наблюдать в микроскоп и увидеть, что на поверхности имеется заостренная точка или извилистая сетка. Главная причина – слишком высокая влажность, избыток воды в пропитке, в результате в тензорезисторы попадает влага.

b. Влагозащитная плёнка отслоилась. Может отслоиться как вся пленка, так и какая-то ее часть.

Главная причина - недостаточно прочная адгезия пленки и чувствительной решетки из-за неравномерного распределения температур при наклеивании.

2. Изменения сопротивления после наклейки.

Обычно сопротивления не значительно изменяется после наклейки. Однако, в некоторых случаях, наши клиенты отмечают, что величина сопротивления заметно изменяется после наклейки. Причины могут быть следующими:

(1) Давление при наклейке было слишком велико. Обратите внимание, что рекомендуемая величина давления при наклеивании составляет -0.15MPa~0.3MPa.

(2) Давление при наклейке не было равномерным, что вызывало деформацию решеток и привело к изменениям величины сопротивления. Основной причиной является неправильная фиксация при процессе придавливания или неправильность проведения процесса придавливания, что приводит к неравномерности распределения усилий при наклеивании тензорезисторов.

(3) Радиус кривизны крепления не соответствует радиусу кривизны упругого элемента, что может вызвать деформацию тензорезисторов, появлению выступающих откосов.

(4) Изменения сопротивления в процессе использования по истечении некоторого времени. Причина – появление пузырьков воздуха под подложкой, наличие незаполненных областей, полостей, некачественное спаивание и т.д.

3. Поверхностный дефект после приклеивания.

Подытоживая, можно сказать, что основными дефектами в процессе наклейки тензорезисторов являются незаполненные области или полости, откосы, нанесение клея неравномерным слоем или в избыточном количестве, клеевые наросты, впадины и т.д. При этом следует отметить, что если откос или небольшая впадина не находятся в области чувствительной решетки, то тензорезистор остается пригодными к использованию. Следует тщательно проверить место крепления резисторов после наклейки на наличие этих дефектов. Кроме того, необходимо обязательно своевременно проверять сопротивление тензорезисторов и их сопротивление изоляции, чтобы избежать погрешностей измерения и ненужных манипуляций в ходе эксплуатации оборудования.