

Тензорезистивные преобразователи



Содержание:

- Тензорезистивные преобразователи. Принцип работы.
- Виды тензорезистивных преобразователей.
- Погрешности измерения тензорезисторами.
- Схема включения тензорезистора.
- Применение тензорезисторов.

Тензорезистивные преобразователи. Принцип работы.

- Тензорезисторами называют преобразователи, осуществляющие преобразование механических деформаций в изменение электрического сопротивления, т.е. преобразователи, основанные на



Как следует из определения, измерения деформаций с помощью тензорезисторов основано на тензоэффекте. Тензоэффектом называется свойство проводниковых и полупроводниковых материалов изменять электропроводность (электрическое сопротивление) при изменении объёма или напряжённого состояния.

- Для обоих видов тензочувствительных материалов, проводниковых и полупроводниковых, тензоэффект характеризуется величиной тензочувствительности, устанавливающей связь между относительным изменением сопротивления и относительной деформацией в направлении измерений.

В технике измерения неэлектрических величин тензорезисторы используются по двум направлениям:

Первое направление – использование тензоэффекта проводника, находящегося в состоянии объёмного сжатия, когда естественной входной величиной преобразователя является давление окружающего его газа или жидкости. На этом принципе строятся манометры для измерения высоких и сверхвысоких давлений, преобразователи которых представляют собой катушку провода (обычно манганинового) или полупроводниковый элемент (чаще всего германиевый или кремниевый), помещённые в область измеряемого давления (жидкости или газа). Выходной величиной преобразователя является изменение его активного сопротивления.

Второе направление – использование тензоэффекта растягиваемого или сжимаемого тензочувствительного материала. При этом тензорезисторы применяются в виде «свободных» преобразователей и в виде наклеиваемых.

Виды тензорезистивных преобразователей.

Выпускаются проволочные, фольговые, пленочные и полупроводниковые тензорезисторы.

Проволочные тензорезисторы состоят из тонкой проволоки, диаметром 0,02...0,05 мм, уложенной зигзагообразно и наклеенной на полоску бумаги или лаковой пленки. Выводные медные провода приваривают к концам проволоки. Такой преобразователь приклеивают к силовоспринимающему упругому элементу, что позволяет оценивать его деформацию, а значит, и измеряемую силу по изменению электрического сопротивления проволоки.

Фольговые тензорезисторы выполнены из фольгированного материала методом травления с применением фотолитографии. Малая толщина фольги (4...12 мкм) обеспечивает хороший тепловой контакт проводника с металлом силовоспринимающего элемента и благодаря этому большой ток и чувствительность без самопрогрева датчика.

Пленочные проводниковые тензорезисторы изготавливают методом осаждения в вакууме через маску необходимой конфигурации металла толщиной меньшей, чем у фольговых (1 мкм).

- Полупроводниковые тензорезисторы вырезают из кристалла кремния или германия n- или р-типов в виде прямоугольной пластины длиной 2...12 мм и шириной 0,15...0,5 мм. При этом его сопротивление может составлять 50...10000 Ом. Чувствительность полупроводниковых тензорезисторов на 1...2 порядка выше, чем у проводниковых, однако они имеют очень большие температурные погрешности и не обеспечивают высокой точности.

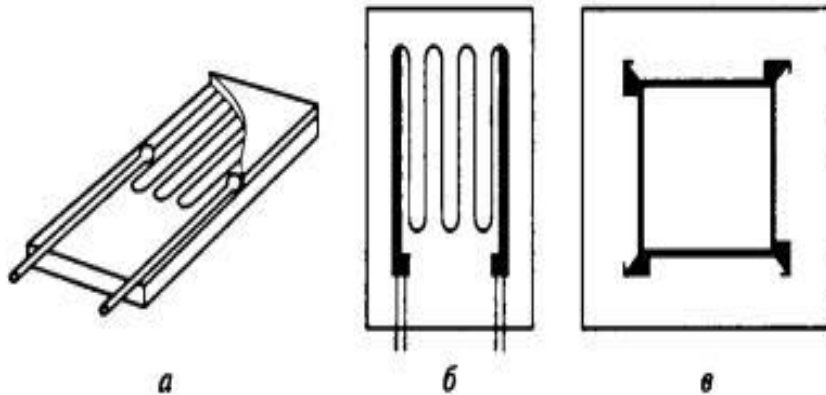


Рис. 2.5. Конструкции тензорезисторов:

a — проволочный тензорезистор; *б* — фольговый тензорезистор; *в* — полупроводниковый интегральный тензорезистивный мост

Интегральные полупроводниковые тензорезисторы выращивают методами планарной технологии в кристалле микросхемы, содержащей также термокомпенсирующие элементы. Отсутствие клея и идентичность тензорезисторов обеспечивают им не только высокую чувствительность, но и термостабильность. При этом на одном кристалле выращивают все

четыре тензорезистора моста и линии связи

между ними. Основное применение интегральные полупроводниковые датчики нашли при измерении давления. Кристалл подложки выполняет функцию упругого элемента и работает как мембрана, деформируя выращенные в нем тензорезисторы. На рис. 2.5 показаны различные конструкции тензорезисторов.

Погрешности измерения тензорезисторами возникают за счёт следующих основных факторов:

- влияния температуры преобразователя на его сопротивление и линейное расширение;
- ползучести характеристики, т.е. её изменения, вызываемого остаточными деформациями в преобразователе при длительном действии значительных по величине нагрузок, близких к допустимым;
- невоспроизводимости характеристики преобразования при нагрузке и разгрузке;
- изменения крутизны характеристики преобразования от времени из-за старения материалов- снижения чувствительности при увеличении частоты деформаций;

Наиболее существенное влияние на величину погрешности имеет первый фактор. Изменение сопротивления преобразователя от изменения температуры соизмеримо с изменением сопротивления от действия деформации. Для снижения температурной погрешности используют несколько путей:

- выбирают материал для тензорезистора с малым температурным коэффициентом линейного расширения, близким к коэффициенту расширения детали;
- применяют компенсационные преобразователи, располагаемые в непосредственной близости от однотипного рабочего, но не подвергаемы действию деформации;

Схемы включения тензорезисторов.

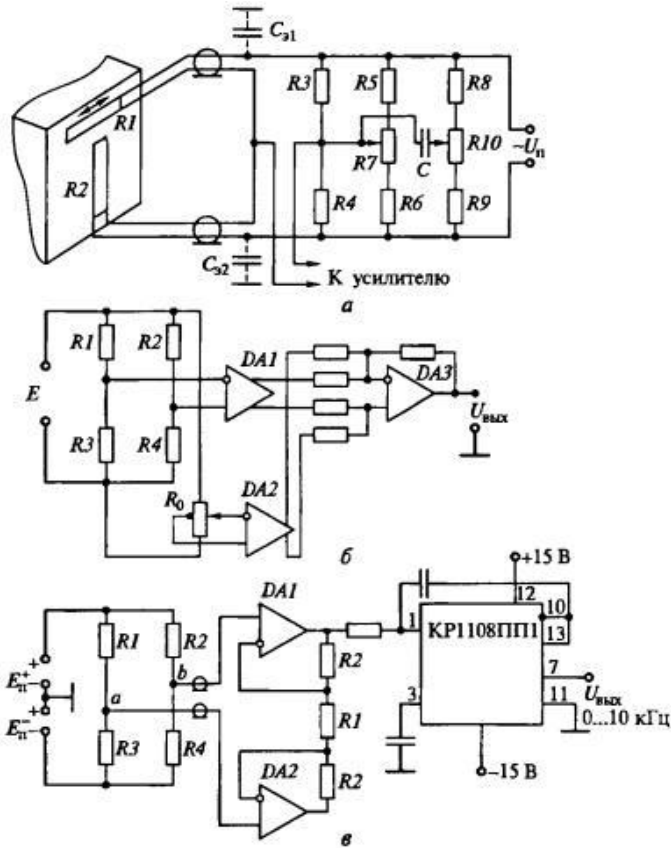


Рис. 2.6. Схемы включения тензорезисторов:

а — на переменном токе; б — на постоянном токе; в — с частотным выходом

Структура современного измерителя включает в себя генератор переменного напряжения, измерительный мост с рабочими и термокомпенсационными тензорезисторами, блок балансировки моста, усилитель напряжения разбаланса, детектор и нормирующий усилитель. Использование переменного напряжения питания моста вызвано тем, что применяемый затем усилитель может содержать разделительные конденсаторы между каскадами, что обеспечивает малый дрейф сигнала. Однако балансировка моста одним переменным резистором оказывается невозможной, так как экранированные провода линий связи имеют большую электрическую емкость и возникает необходимость балансировки моста не только по активной, но и по реактивной составляющей тока разбаланса. Типичная схема балансировки моста приведена на рис. 2.6, а. Рядом с рабочим датчиком R1 приклеивают термокомпенсационный датчик R2 такого же

и автоматически компенсируется температура. Этого достигают, разрезав мост по R1 и R2, которые балансируют мост, причем R10 служит для балансировки реактивной составляющей напряжения разбаланса. Емкости Cэ1 и Cэ2 — паразитные емкости линий связи.

С появлением интегральных усилителей постоянного тока, обладающих очень высокой стабильностью, стал возможен переход на питание моста постоянным током. Балансировка моста здесь необходима только для компенсации различий в активных сопротивлениях линий связи. Одна из подобных схем приведена на рис. 2.6, б.

Измерительный мост с четырьмя тензорезисторами R1, R2, R3, R4 питается постоянным напряжением E. Напряжение разбаланса моста усиливается дифференциальным усилителем DA1, выходы которого подключены к входам операционного усилителя DA3. Резистор R0 служит для установки $U_{\text{вых}} = 0$ при отсутствии измеряемой деформации. Снимаемое с него напряжение через дифференциальный усилитель DA2 воздействует на входы DA3, суммируясь с сигналом разбаланса моста.

Измерительные схемы с цифровым выходом выполняют на базе интегральных микросхем с преобразованием напряжения разбаланса моста в частоту или непосредственно в код с помощью АЦП. Одна из измерительных схем с преобразованием напряжения разбаланса в частоту приведена на рис. 2.6, в. Мост питается от высокостабильного источника двухполярного напряжения и поэтому при отсутствии деформации напряжения в точках а и б равны нулю. Дифференциальный усилитель имеет высокие входные сопротивления по обоим входам, поэтому колебания сопротивлений линии связи не влияют на напряжение разбаланса. Его коэффициент усиления

$$k_{\text{диф}} = 1 + 2R_2/R_1 = 3.$$

Выходное напряжение усилителя управляет частотой прямоугольных импульсов генератора на таймере КР1108ПП1.

Применение тензорезисторов.



Тензорезисторы используются в качестве первичных преобразователей в тензометрах и тензостанциях при измерениях механических величин (деформации, силы, крутящего момента, перемещения, также, для измерения давления в манометрах и пр.)