

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СПЕЦПРАКТИКУМ

Работа №1

ГРАДУИРОВКА ТЕНЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

1. Цель работы: Изучить устройство и принцип действия тензопреобразователя, проградуировать его по стрелочному манометру.

2. Краткая теория метода: Пьезоэлектричество и электрострикция.

В некоторых кристаллических твердых телах под действием упругой деформации возникает электрическая поляризация. Существует и обратное явление – в результате приложения внешнего электрического поля в определенных направлениях эти же твердые тела деформируются. Такой **пьезоэлектрический эффект** возможен только для ионных кристаллов, которые кристаллизуются в структурах, не обладающих центром инверсии. Последнее утверждение можно проиллюстрировать на примере молекулы некоторого гипотетического твердого тела с ионной связью, в которой три электрических диполя равной величины в равновесном состоянии повернуты относительно друг друга на 120° . Это состояние молекулы представлено на рис. 2.1, а.

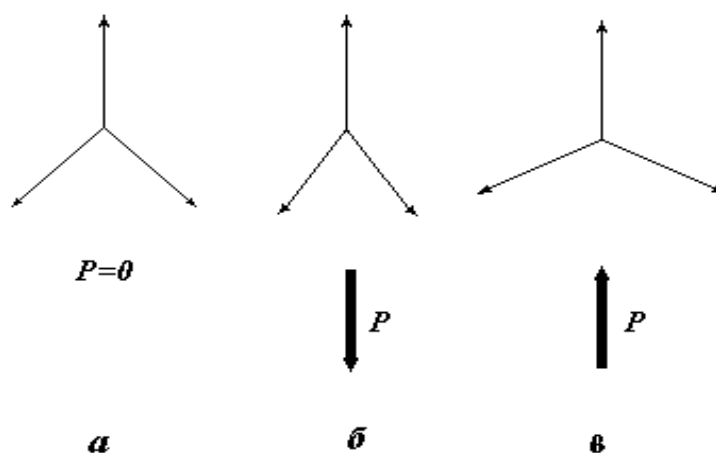


Рис. 2.1. Схема пьезоэлектрического эффекта.

Такая молекула имеет группу точечной симметрии $3m$. Полный дипольный момент этой молекулы в силу симметрии равен нулю. Однако дипольный момент должен появиться, если эту молекулу (вместе со всем твердым телом) растянуть или сжать вдоль или поперек одного из трех направлений от центра к вершинам. Аналогично электрическое поле, приложенное вдоль одного из этих трех направлений, должно привести к деформации каждой молекулы. В свою очередь, это вызовет сокращение или удлинение кристалла вдоль направления приложенного поля, сопровождаемое изменением противоположного знака его линейных размеров в поперечном направлении. Если электрическое поле приложить перпендикулярно к одному из этих трех направлений (в горизонтальном направлении на рис. 2.1), то изменений размера кристалла не должно

произойти, поскольку в данном случае поле перпендикулярно плоскости зеркальной симметрии.

Из 32 точечных групп, которые рассматриваются в трехмерном пространстве, в 21 отсутствует центр инверсии. Одна из них обладает настолько высокой степенью симметрии, что исключает возникновение пьезоэлектрических эффектов. Для остальных 20 точечных групп пьезоэлектрические свойства оказываются возможными. Однако лишь относительно малая часть твердых тел, отвечающих этим 20 точечным группам, обладает пьезоэлектрическим эффектом, достаточно большим для регистрации.

В первом приближении деформация пьезоэлектрика в электрическом поле имеет линейный характер, а поляризация, индуцированная механическими напряжениями, пропорциональна возникающей деформации. Для любого ионного твердого тела вне зависимости от того, является ли оно пьезоэлектриком или нет, наблюдается много меньшее по величине сжатие в электрическом поле, которое пропорционально квадрату напряженности поля. Это более общее явление электострикции связано с нарушением закона Гука при описании изменения межионных расстояний с приложением внешнего поля.

Назначение тензопреобразователя.

Полупроводниковые тензорезисторы расширяют возможности применения металлических тензорезисторов. Они в 50 раз более чувствительны и по этой причине могут использоваться для решения специальных задач и для конструирования измерительных преобразователей, допускающих включение в простые электрические устройства. Тензопреобразователи предназначены для комплектации измерительных преобразователей "Сапфир"-22, которые в свою очередь служат для преобразования давления или силы в электрический выходной сигнал. Тензопреобразователи размещаются во внутренней полости преобразователя, которая может быть заполнена жидкостью, обладающей диэлектрическими свойствами.

Устройство и работа тензопреобразователя.

Работа полупроводникового тензорезистора основана на так называемом эффекте пьезосопротивления полупроводникового материала. Следует отметить, что в зависимости от легирования монокристаллического кремния можно добиться, чтобы изменение сопротивления например, при положительной деформации (растяжении), было положительным или отрицательным. Степень легирования определяет чувствительность полупроводникового тензорезистора. Полупроводниковые тензорезисторы, изготовленные таким образом, подчиняются зависимости

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k\varepsilon \frac{T_0}{T} + c\varepsilon^2 \left(\frac{T_0}{T} \right)^2$$

где k -коэффициент чувствительности, ε - коэффициент деформации, T_0 - относительная температура, R_0 - электрическое сопротивление полупроводника. Чем больше полупроводник легирован, тем меньше его чувствительность. Выразить чувствительность тензорезистора коэффициентом k , аналогично металлическому тензорезистору, невозможно из-за нелинейности его характеристики. Вместо этого используют коэффициент k , характеризующий наклон касательной при деформации $\varepsilon = 0$ и относительной температуре T . Для обычных полупроводниковых тензорезисторов с дырочной проводимостью (р-типа) k составляет от +110 до +130 и с электронной проводимостью (п-типа) – от - 80 до - 100. Полупроводниковые тензорезисторы применяют для конструирования измерительных преобразователей. Используя те или иные конструктивные и схемные решения, добиваются линейности показания.

Чувствительным элементом тензопреобразователя служит сапфировая мембрана с кремниевыми тензорезисторами. Сапфировая мембрана по всей плоскости жёстко соединена с металлической мембраной, образуя с ней двухслойную мембрану. Тензопреобразователи ДД 2,5; Д 2,5; состоят из двухслойной мембраны 1, жёстко закрепленной в корпусе тензопреобразователя, штока 3, соединяющего двухслойную мембрану с мембраной 4, воспринимающей измеряемое давления, тензорезисторов 2, крышки и коллектора (рис. 2.2)

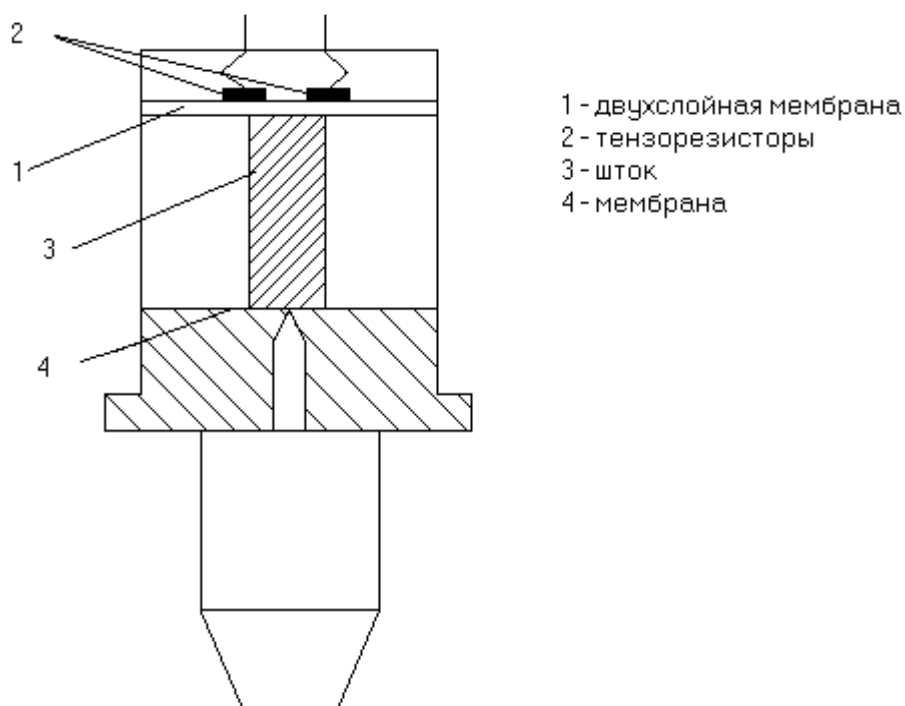


Рис.2.2. Схема тензопреобразователя ДД 2,5; Д 2,5

На конец рычага прикладывается измеряемая сила F . Под действием измеряемого давления или силы двухслойная мембрана деформируется, вызывая изменение сопротивления тензорезисторов, образующих мостовую схему. Изменение сопротивления тензорезисторов преобразуется в выходной сигнал.

3. Порядок выполнения работы.

- 3.1. Включить в сеть стабилизатор напряжения, ампервольтметр $\Phi - 30$ и прогреть их в течение 1 часа.
- 3.2. Снять зависимость показаний тензопреобразователя (напряжение в мВ по ампервольтметру) от показаний стрелочного манометра. (40-50 точек)
- 3.3. Обработать полученные результаты методом наименьших квадратов.

4. ЛИТЕРАТУРА.

- 4.1. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела М., 1988.
- 4.2. Измерения в промышленности. Справочник 3 том, Под ред. П. Профоса М., "Металлургия" 1990.
- 4.3. Л. Солимар, Д. Уолш. Лекции по электрическим свойствам материалов М., "Мир" 1991.