

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №105

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ
ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 105

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ

Цель работы – исследовать зависимость сопротивления полупроводников от температуры, определить ширину запрещённой зоны и температурный коэффициент сопротивления исследуемых материалов.

Приборы и принадлежности: исследуемые полупроводники, нагреватель, термометр, двухполюсный переключатель, мост сопротивлений.

Общие положения

Полупроводники – это широкий класс веществ, характеризующийся значениями удельного сопротивления ρ , промежуточными между удельным сопротивлением металлов ($\rho \sim 10^{-8} \div 10^{-6}$ Ом·м) и хороших диэлектриков ($\rho \sim 10^{-12} \div 10^{-14}$ Ом·м). Характерной особенностью полупроводников, отличающих их от металлов, является уменьшение их сопротивления с ростом температуры. В широком интервале температур сопротивление полупроводников изменяется по закону:

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (1)$$

где ΔE – ширина запрещённой зоны; k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура.

R_0 – величина, определяемая свойствами конкретного материала, слабо изменяющаяся с температурой. Её можно считать константой для данного полупроводника (нельзя говорить, что это начальное сопротивление или сопротивление при нуле температуры).

График зависимости сопротивления от температуры представлен на рис. 1.

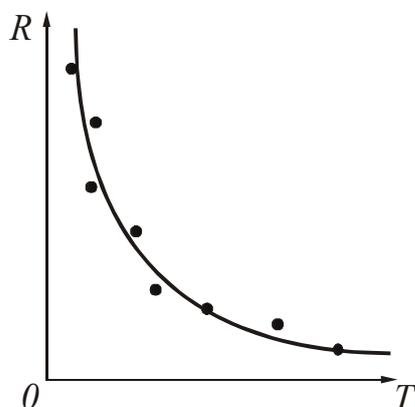


Рисунок 1

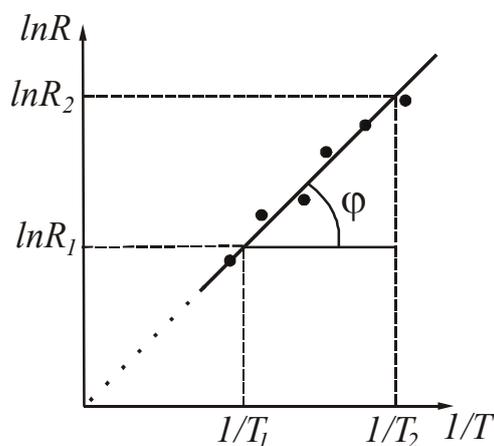


Рисунок 2

Температурную зависимость $R = f(T)$ удобно представлять в координатах $\ln R, 1/T$. Для этого прологарифмируем выражение (1):

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{\Delta E}{2kT}. \quad (2)$$

График зависимости $\ln R = f(1/T)$, представленный на рис. 2, имеет вид прямой, наклон которой определяется шириной запрещённой зоны ΔE полупроводника.

Измеряя экспериментально значения R при различных значениях T , можно, используя соотношение (2), определить ширину запрещённой зоны:

$$\Delta E = 2k \frac{\ln R_2 - \ln R_1}{1/T_2 - 1/T_1}. \quad (3)$$

Изменение сопротивления резистора с изменением температуры характеризуют температурным коэффициентом сопротивления. Температурный коэффициент сопротивления – это величина, численно равная относительному изменению сопротивления проводника при изменении его температуры на 1 К:

$$\alpha_T = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}. \quad (4)$$

Для собственных полупроводников из (1) и (4) следует:

$$\alpha_T = -\frac{\Delta E}{2kT^2}. \quad (5)$$

Из (5) следует, что для собственных полупроводников $\alpha_T < 0$ и убывает по модулю с возрастанием температуры.

Зависимость сопротивления полупроводников от температуры положена в основу работы многих технических устройств. Полупроводниковый прибор, в котором используется зависимость электрического сопротивления от температуры, называется термистором (терморезистором, термосопротивлением). Главные параметры термисторов – диапазон рабочих температур и температурный коэффициент сопротивления. Различают термисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и с положительным коэффициентом сопротивления (позисторы). Диапазон рабочих температур большинства термисторов лежит в пределах 200÷400 К.

Для изготовления термисторов используют смеси окислов металлов, германий, кремний, карбид кремния, синтетический алмаз, твёрдые растворы на основе титаната бария (легированные лантаном, церием, висмутом), органические полупроводники и т. д. Термисторы выпускают в виде стержней, трубок, дисков, шайб, бусинок. Размеры их варьируют от нескольких микрометров до нескольких сантиметров. Термисторы применяются для регистрации изменения температуры в системах дистанционного измерения и регулирования темпера-

туры, противопожарной сигнализации и теплового контроля, температурной компенсации различных элементов электрической цепи, измерения скорости движения жидкостей и газов, измерения вакуума, мощности и др.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из нагревателя, внутрь которого помещены исследуемые полупроводники; термометра для измерения температуры и прибора для измерения сопротивления (моста сопротивлений).

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Каким прибором Вы будете измерять сопротивление?
4. Какие графики нужно построить по результатам работы? Схематично нарисуйте вид этих графиков (по теории).
5. Запишите формулы, по которым рассчитываются ширина запрещённой зоны и температурный коэффициент сопротивления. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Ознакомиться с правилами измерения сопротивлений мостом (инструкция на рабочем месте).
2. Записать показание термометра, соответствующее начальной температуре измерений.
3. Измерить мостом сопротивления первого и второго термисторов при этой температуре.
4. Включить нагреватель, установив на ЛАТРе напряжение 170-180 В.
5. Через каждые 5-7°C поочередно измерять сопротивления термисторов, переключивая двухполюсный переключатель. Нагрев производить до 80°C.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Для каждого значения температуры t рассчитать $T = t + 273$, $1/T$ и найти $\ln R$.
2. Построить графики зависимости $R = f(t)$ для исследуемых полупроводников на одной координатной плоскости.
3. Построить графики зависимости $\ln R = f(1/T)$ для исследуемых полупроводников.
4. По формуле (3) рассчитать ширину запрещённой зоны ΔE для каждого полупроводника. Значения $\ln R_1$ и $\ln R_2$, а также соответствующие им величины $1/T_1$ и $1/T_2$ определить из графиков $\ln R = f(1/T)$ (образец см. на рис. 2).

Значение ширины запрещённой зоны выразить в электронвольтах (эВ).
(1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

5. По формуле (5) рассчитать для каждого полупроводника температурные коэффициенты сопротивления α_T для начальной и конечной температур.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какие вещества относятся к полупроводникам?
2. Как зависит электрическое сопротивление полупроводников от температуры? Запишите формулу. Поясните смысл обозначений.
3. Сравните полученные экспериментально графики с теоретическими зависимостями. Сделайте вывод.
4. Сравните зависимость сопротивления от температуры полупроводников и металлов.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 105

Выполнил(а) _____

Группа _____

Термистор 1

$t, ^\circ\text{C}$										
$R, \text{Ом}$										
$T, \text{К}$										
$1/T, \text{К}^{-1}$										
$\ln R$										

Термистор 2

$t, ^\circ\text{C}$										
$R, \text{Ом}$										
$T, \text{К}$										
$1/T, \text{К}^{-1}$										
$\ln R$										

Дата _____

Подпись преподавателя _____