

Изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры

Цель работы: исследование зависимости удельной проводимости собственного полупроводника от температуры и определение его энергии активации. Изучение зависимости сопротивления терморезистора от температуры и определение его параметров

Методика эксперимента

Полупроводники относятся к классу веществ, электропроводность которых меньше, чем у металлов, и больше, чем у диэлектриков, и зависит от внешних воздействий – нагревания, облучения и т.д. Электропроводность химически чистых полупроводников называют собственной проводимостью. Она обусловлена двумя типами носителей тока: электронами в зоне проводимости и дырками в валентной зоне полупроводника.



С повышением температуры полупроводника растет число электронов, которые вследствие теплового возбуждения переходят из валентной зоны в зону проводимости и участвуют в электропроводности. Удельная электропроводность полупроводника возрастает с повышением температуры T по закону

$$\sigma = \check{A} \cdot \exp(-\Delta W / (2kT)), \quad (1)$$

где \check{A} – постоянная, зависящая от природы полупроводника;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Терморезистором (термистором, термосопротивлением) называют полупроводниковое нелинейное сопротивление, величина которого зави-

сит от температуры. Зависимость сопротивления от температуры характеризуют температурным коэффициентом сопротивления $\alpha_T = (dR/dt)/R$.

Существуют терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом (ОТ) и положительным (ПТ). Наиболее распространены ОТ, для которых $R_T(T)$ и $\alpha_T(T)$ в рабочем диапазоне имеют вид

$$R_T = R_0 \cdot \exp(B/T - B/T_0), \quad (2)$$

$$\alpha_T = -B/T^2, \quad (3)$$

где B – постоянная, зависящая от физических свойств полупроводника;

R_0 – сопротивление терморезистора при $T_0 = 273$ К.

Величины B , α_T , R_0 являются параметрами терморезистора. Они могут быть определены из зависимости его сопротивления от температуры.

Описание установки



Схема экспериментальной установки изображена на рис. 2. Исследуемый полупроводник R и термометр T помещены в сосуд с маслом, которое подогревается нагревателем H . Сопротивление терморезистора измеряется мультиметром M .

Рис. 2

Задание 1. Исследование зависимости удельной электропроводности собственного полупроводника от температуры и определение его энергии активации

С учетом $\sigma = 1/\rho = \ell/(R \cdot s)$ преобразуем уравнение (1)

$$1/R = A \cdot \exp(-\Delta W/(2kT)).$$

Здесь $A = \check{A} \cdot s/\ell$; ℓ и s – длина и сечение полупроводника.

Прологарифмируем уравнение (4) и представим в виде уравнения прямой линии $y = a + b \cdot x$: $\ln R = -\ln A + (\Delta W/2k) \cdot (1/T)$,

где $y = \ln R$; $x = 1/T$; $b = \Delta W/2k$; $a = -\ln A$. (4)

1. При выключенном нагревателе измерьте температуру и сопротивление полупроводника. Результаты измерений запишите в табл. 1.
2. Включите нагреватель и проведите 5 ÷ 7 измерений сопротивлений полупроводника в интервале температур 30 ÷ 70°C. Результаты измерений запишите в табл. 1.
3. Постройте график зависимости $\ln R$ от $1/T$. Покажите этот график преподавателю. Дальнейшую обработку экспериментальных данных проведите по указанию преподавателя.

Примечание: Единица удельной проводимости *симменс*, $1 \text{ См} = 1 (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$.

Таблица 1

n	$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{К}$	$R, \text{Ом}$	$y = \ln R$	$x = 1/T$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Обработка экспериментальных данных

А. Графический метод

1. Определите угловой коэффициент b из зависимости $\ln R$ от $1/T$.
2. По найденному значению b из (4) вычислите энергию активации $\langle \Delta W \rangle$.

Б. Аналитический метод

1. Рассчитайте a , b и S_b .
2. По найденному значению b из (4) вычислите энергию активации $\langle \Delta W \rangle$ и рассчитайте погрешность её определения $S_{\langle \Delta W \rangle} = \langle \Delta W \rangle \cdot S_b / B$.
3. Результат представьте в виде $\Delta W = \langle \Delta W \rangle \pm S_{\langle \Delta W \rangle}$.
4. По найденному значению a из (4) определите постоянную $\langle A \rangle$.
5. Окончательный результат представьте в виде $\sigma = \langle A \rangle \cdot \exp(-\langle \Delta W \rangle / (2kT))$.

Задание 2. Определение параметров терморезистора

Прологарифмируем уравнение (2) и представим в виде уравнения прямой линии $y = a + bx$:

$$\ln R = (\ln R_0 - B/T_0) + B/T,$$

где

$$y = \ln R; \quad x = 1/T; \quad a = \ln R_0 - B/T_0; \quad b = B. \quad (5)$$

1. При выключенном нагревателе измерьте температуру и сопротивление терморезистора. Результаты измерений запишите в табл. 2.
2. Включите нагреватель и проведите 5 ÷ 7 измерений сопротивления терморезистора в интервале температур 30 ÷ 70°C. Результаты измерений запишите в табл. 2.

3. Постройте график зависимости $\ln R$ от $1/T$. Покажите этот график преподавателю. Дальнейшую обработку экспериментальных данных проведите по указанию преподавателя.

Таблица 2

n	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$R, \text{Ом}$	$y = \ln R$	$x = 1/T$	α_T
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Обработка экспериментальных данных

А. Графический метод

1. Определите угловой коэффициент b из зависимости $\ln R$ от $1/T$.
2. По найденному значению b определите параметр терморезистора $\langle B \rangle$.
3. Продолжите прямую на графике и определите значение $\ln R_0$ для 273 K ($1/T_0 = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$). Рассчитайте R_0 .
4. Окончательный результат представьте в виде $R = R_0 \cdot \exp(\langle B \rangle \cdot (T^{-1} - T_0^{-1}))$.
5. По формуле (3) рассчитайте α_T и постройте график $\alpha_T = f(T)$.

Б. Аналитический метод

1. Рассчитайте a , b и S_b .
2. По найденному значению b вычислите параметр терморезистора $\langle B \rangle$ и рассчитайте погрешность его определения: $S_{\langle B \rangle} = \langle B \rangle \cdot S_b / b$.
3. Результат представьте в виде $B = \langle B \rangle \pm S_{\langle B \rangle}$.
4. По формуле (5) рассчитайте R_0 . Окончательный результат представьте в виде $R = R_0 \cdot \exp(\langle B \rangle \cdot (T^{-1} - T_0^{-1}))$.
5. По формуле (3) рассчитайте α_T и постройте график $\alpha_T = f(T)$.

Контрольные вопросы

1. Объясните зависимость сопротивления собственных и примесных полупроводников от температуры.
2. Что такое терморезистор и каковы его характеристики.

24.02.2010