



010802. Исследование электропроводности полупроводников.

Цель работы: Исследовать температурную зависимость электропроводности полупроводников.

Требуемое оборудование, входящее в состав модульного учебного комплекса МУК-ТТ1:

- | | |
|---|-------|
| 1. Блок амперметра-вольтметра АВ1 | 1 шт. |
| 2. Блок генератора напряжений ГН4 | 1 шт. |
| 3. Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ01 | 1 шт. |
| 4. Соединительные провода с наконечниками Ш4-Ш1.6 | 6 шт. |

Краткое теоретическое введение

В отличие от металлов, в собственных полупроводниках при абсолютном нуле в зоне проводимости носители заряда отсутствуют. С повышением температуры число носителей значительно возрастает. Подвижность носителей в области низких температур из-за рассеяния на ионах примеси пропорциональна $T^{3/2}$. В области высоких температур основное значение имеет рассеяние на тепловых колебаниях решетки (фононах) и $\mu \sim T^{-3/2}$ т.е. подвижность с ростом температуры уменьшается. Но так как концентрация свободных носителей заряда с ростом температуры увеличивается значительно быстрее, чем уменьшается подвижность, то проводимость растет по закону:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{B}{T}\right), \quad (1)$$

где σ_0 - от температуры не зависит;

ΔE - энергия активация примеси (или ширина запрещенной зоны);

k – постоянная Больцмана;

$B = \frac{\Delta E}{2k}$ -коэффициент температурной чувствительности, который определяется структурой полупроводника и является характеристикой исследуемого материала.

Сопротивление полупроводников с ростом температуры убывает по экспоненциальному закону:

$$R_T = R_0 \exp\left(\frac{\Delta E}{2kT}\right) = R_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right), \quad (2)$$

где R_0 - условное сопротивление полупроводника при $T \rightarrow \infty$;

Экспериментальные кривые $\ln R = f(T)$ являются почти прямыми линиями (рис.1)

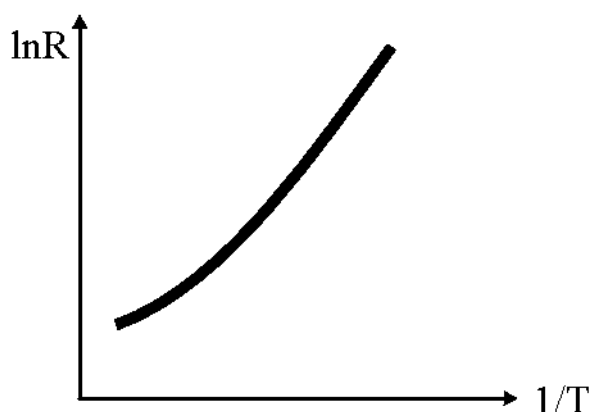


Рис.1

Значение коэффициента температурной чувствительности B можно определить экспериментально, измерив сопротивления собственного полупроводника на линейном участке (рис. 1) при двух температурах T_1 и T_2 :

$$R_1 = R_0 \exp\left(\frac{B}{T_1}\right), \quad (3)$$

$$R_2 = R_0 \exp\left(\frac{B}{T_2}\right) \quad (4)$$

Деля почленно выражения (3) и (4) и затем логарифмируя, получим

$$B = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (5)$$

Чтобы охватить весь диапазон $R(T)$, на практике вместо формулы (2) часто используют зависимость

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{B}{T} \quad (6)$$

Статическая вольт-амперная характеристика полупроводникового образца имеет ярко выраженный нелинейный характер. Типичный ее вид показан на рис.2. На ней можно выделить

три основных участка: ОА, АВ, ВС. На участке ОА характеристика линейна, так как мощность, выделяющаяся в образце, мала и не изменяет его температуру. На участке АВ линейность нарушается, так как с повышением тока мощность рассеяния увеличивается, температура образца повышается, следовательно, сопротивление его уменьшается. При некотором значении тока кривая достигает максимума, и в небольшом интервале напряжение на образце остается постоянным, так как относительное увеличение тока становится равным вызванному им относительному понижению сопротивления. На участке ВС при дальнейшем увеличении тока уменьшение сопротивления оказывается столь сильным, что рост тока ведет к уменьшению напряжения на образце, и появляется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

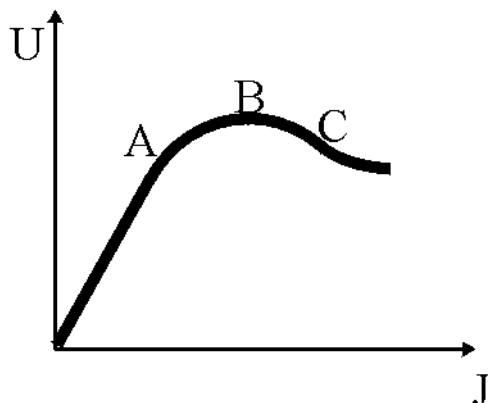


Рис.3

Резкая зависимость сопротивления полупроводника от температуры используется для устройства большого класса полупроводниковых терморезисторов или термисторов. Малые габариты, высокая механическая прочность и надежность, большой срок службы и высокая чувствительность терморезисторов определили широкое применение их в приборах для измерения и регулирования температуры, температурной компенсации элементов электрических цепей, измерения мощности электромагнитного излучения и т.д.

Методика проведения эксперимента

В качестве полупроводникового образца в стенде СЗ-ТТ01 установлен терморезистор. Для нахождения сопротивления терморезистора можно воспользоваться методом амперметра-вольтметра по закону Ома.

$$R = \frac{U}{I} \quad (7)$$

Для проведения измерений электрическая схема представлена на рис. 3. Т. к. измеряемое сопротивление R намного меньше внутреннего сопротивления вольтметра, то вольтметр подключен параллельно измеряемому сопротивлению.

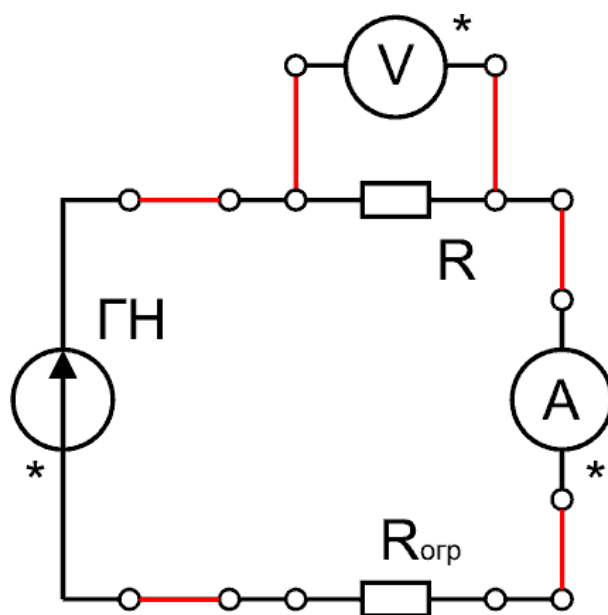


Рис. 3

Т.к. при нагревании сопротивление полупроводникового образца может уменьшиться в несколько раз, то необходимо в схеме использовать ограничивающее сопротивление $R_{огр}$.

Рекомендуемое задание

1. Снять ВАХ ($U=f(I)$) полупроводникового образца при двух различных температурах образца. Рекомендуемые значения температуры $T=300\text{K}$ и $T=360\text{K}$. Рекомендуемый диапазон изменения тока $0 - 5$ мА. Построить графики.

2. Снять зависимость сопротивления полупроводникового образца от температуры $R=f(T)$ при постоянном токе $I=const$. Рекомендуемое значение 1 мА. Т.к. схема питается от генератора напряжения, то при нагреве образца ток может изменяться. По этому необходимо перед каждым измерением установить требуемое значение тока. Для уменьшения влияния изменяющейся нагрузки на величину выходного тока можно в генераторе ГН1 включить внутреннее сопротивление (680 Ом).

3. Построить зависимость $\ln R=f(1/T)$ и по формуле 5 рассчитать значение коэффициента температурной чувствительности B .

Примечание: Для быстрого охлаждения образца воспользуйтесь вентилятором.

Список используемых источников

1. Физика твердого тела: Методическое руководство к лабораторным работам №40-45 по физике. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2003. – 74 с.

май 2010