

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.11.1

Закон Кюри-Вейсса и обменное взаимодействие в ферромагнетиках

Автор работы: Хоружий Кирилл

От: 14 марта 2022 г.

Цель работы

1. Исследовать температурную зависимость проводимости полупроводника.
2. Определить ширину запрещенной зоны полупроводника из полученной зависимости.

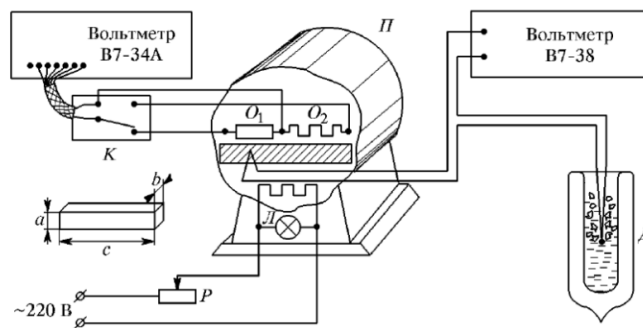


Рис. 1: Схема установки

Оборудование

- электронагревательная печь П;
- вольтметр В7-34А (погрешность примем $5 \cdot 10^{-4}$ кОм)
- Полупроводниковый образец в форме параллелепипеда: $4.0 \times 4.0 \times 39$ (в мм);
- Медный образец – тонкая проволока длиной $l = 14$ м диаметра $d = 0.07$ мм;
- термопара.

ТеорМин

В модели свободных электронов можем получить выражение для проводимости в металлах:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}, \quad \Rightarrow \quad \sigma \propto \frac{1}{T}.$$

Для полупроводников температурная зависимость будет иметь вид

$$\sigma \propto \exp\left(-\frac{\Delta}{2kT}\right), \quad \Rightarrow \quad \Delta = -2kT(\ln \sigma'_T).$$

Удельную проводимость сможем находить из сопротивления R через

$$\sigma = \frac{l}{RS},$$

где l – длина образца, S – поперечное сечение образца.

Снятие и обработка данных

После начала нагрева с помощью вольтметра и термопары снимем температурную зависимость проводимости меди и полупроводника (см. таблицу 1, приложение). Так как для полупроводника достаточно быстро меняется R , примем относительную погрешность измерения равной 2 %. Пересчитаем сопротивления в σ , рассчитаем погрешность и занесем данные в таблицу.

Построим линейаризованную зависимость $\ln(\sigma/\sigma_0)[1/T] = a/T + b$ для полупроводника и линейаризованную зависимость $\sigma/\sigma_0[1/T] = \alpha/T + \beta$ для меди (рис. 2). Значения χ^2/ndf указаны на графиках.

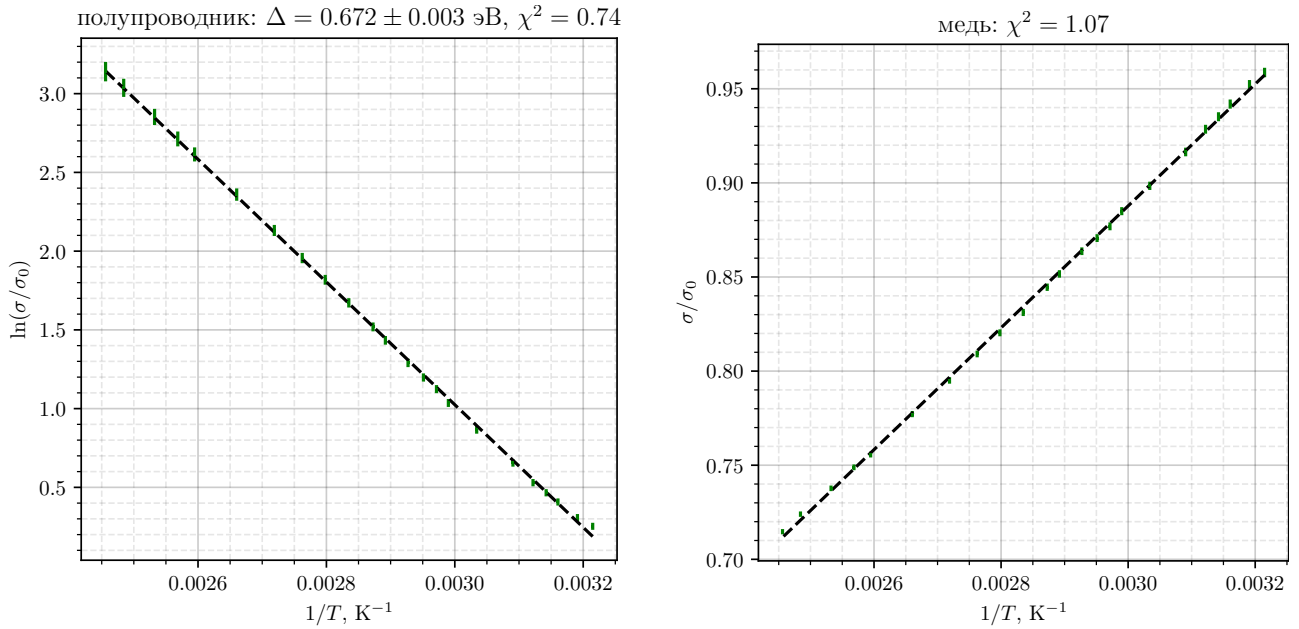


Рис. 2: Линейаризованная зависимость проводимости от температуры для полупроводника и меди

Для меди $\alpha = (324 \pm 2) \text{ K}^{-1}$, с $\sigma_0 = 5.7 \times 10^7 \text{ Ом}^{-1}\text{м}$, что вполне согласется с табличным значением для удельного сопротивления $\Delta\rho/\Delta T = 4.1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

По линейаризованной зависимости найдём

$$a = -(3.90 \pm 0.2) \times 10^3 \text{ K}^{-1}, \quad \Rightarrow \quad \Delta = -2ka = (0.672 \pm 0.003) \text{ эВ},$$

что очень близко к величине запрещенной зоны германия $\Delta_{\text{Ge}} = 0.67 \text{ эВ}$.

Вывод

Измерена зависимость проводимости металла (меди) и полупроводника от температуры. С $\chi^2 \sim 1$ данные согласуются с линейной зависимостью от обратной температуры для металла и экспоненциальной для полупроводника.

Найдена ширина запрещенной зоны для полупроводника $\Delta = (0.672 \pm 0.003) \text{ эВ}$, соответствующая табличному значению.

Приложение

Таблица 1: Зависимость проводимости меди и полупроводника от температуры

U , мВ	T , К	R_{cu} , кОм	$R_{\text{пп}}$, кОм	$\sigma_{\text{cu}}, \frac{10^7}{\text{Ом м}}$	$\sigma_{\text{sc}}, \frac{10^1}{\text{Ом м}}$	$\delta_{\text{cu}}, \frac{10^7}{\text{Ом м}}$	$\delta_{\text{sc}}, \frac{10^1}{\text{Ом м}}$
0.40	304.5	0.183	0.277	1.90	0.88	0.04	0.02
0.60	309.1	0.186	0.257	1.87	0.95	0.04	0.02
0.70	311.4	0.188	0.244	1.85	1.00	0.04	0.02
0.80	313.7	0.189	0.230	1.84	1.06	0.04	0.02
0.90	316.1	0.191	0.215	1.82	1.13	0.04	0.03
1.00	318.4	0.192	0.204	1.81	1.20	0.04	0.03
1.13	321.4	0.194	0.184	1.79	1.32	0.04	0.03
1.21	323.2	0.196	0.174	1.78	1.40	0.04	0.03
1.30	325.3	0.197	0.163	1.77	1.49	0.04	0.03
1.44	328.6	0.200	0.144	1.74	1.69	0.04	0.04
1.70	334.6	0.204	0.117	1.71	2.09	0.04	0.05
1.91	339.5	0.207	0.098	1.68	2.48	0.04	0.06
2.00	341.5	0.209	0.090	1.67	2.71	0.04	0.07
2.10	343.9	0.210	0.084	1.66	2.91	0.04	0.08
2.22	346.6	0.212	0.076	1.64	3.19	0.04	0.09
2.40	350.8	0.215	0.066	1.62	3.69	0.04	0.10
2.50	353.1	0.217	0.061	1.61	4.02	0.04	0.11
2.70	357.7	0.220	0.052	1.58	4.68	0.04	0.14
2.90	362.4	0.223	0.045	1.56	5.42	0.03	0.17
3.10	367.0	0.226	0.039	1.54	6.22	0.03	0.20
3.35	372.8	0.230	0.033	1.51	7.41	0.03	0.26
3.70	380.9	0.236	0.026	1.48	9.30	0.03	0.37
4.11	390.4	0.242	0.020	1.44	12.01	0.03	0.54
4.28	394.3	0.244	0.018	1.42	13.25	0.03	0.64
4.52	399.9	0.248	0.016	1.40	15.23	0.03	0.78
4.85	407.5	0.253	0.013	1.38	18.33	0.03	1.08
5.05	412.2	0.256	0.012	1.36	20.31	0.03	1.25