

Лабораторная работа № 3.3.4 "Эффект Холла в полупроводниках"

Петров Артём Антонович, группа 721

28 сентября 2018 г.

Цель работы: измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках.

В работе используются: электромагнит с источником питания, амперметр, миллиамперметр, милливеберметр, реостат, цифровой вольтметр, источник питания (1.5В), образцы легированного германия.

Экспериментальная установка:

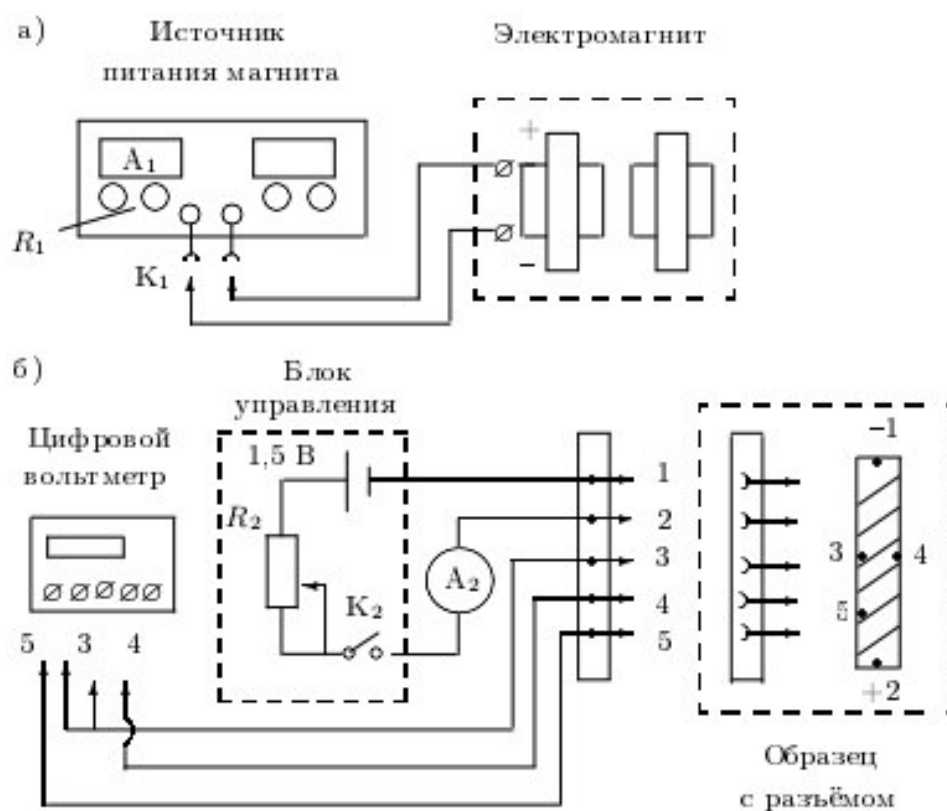


Рис. 1: Схема установки для исследования эффекта Холла в полупроводниках. A_1, A_2 - амперметры. Разъём K_1 позволяет менять направление тока в обмотках электромагнита. Реостат R_2 регулирует силу тока, текущего через образец при замыкании ключа K_2 .

Следует помнить, что контакты выводов 3 и 4 могут быть припаяны не идеально напротив друг друга. Для учета возникающей из-за этого ошибки измерения Холловской ЭДС следует измерить дополнительно возникающую разность потенциалов и вычитать её из показаний вольтметра при измерениях.

Также следует откалибровать электромагнит (получить зависимость $B(I_1)$ для последующего задания индуктивности магнитного поля) с помощью милливеберметра перед началом измерений.

Для вычисления проводимости образца можно воспользоваться следующей формулой:

$$\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al}$$

где a, l - ширина и толщина образца соответственно, L_{35} и U_{35} - расстояние и напряжение (в отсутствие магнитного поля) между контактами 3-5.

Обработка результатов

Построим график зависимости $B(I_M)$, чтобы определять индукцию магнитного поля по току в катушке (рис. 3).

Calibration					
Errors					
0,005	0,05	0,05	0,07		
Current, A	Flux_0, mWb	Flux_1, mWb	Flux_effective, mWb	B, mT	err_B, mT
0,38	1,15	3,4	2,25	300	10
0,5	0,6	3,4	2,8	373	10
0,62	0,2	3,7	3,5	467	10
0,74	3,2	7,3	4,1	547	10
0,99	2	7,15	5,15	687	10
1,2	1,25	7,2	5,95	793	11
1,42	0,85	7,15	6,3	840	11
1,64	0,5	7,15	6,65	887	11
0	0	0	0	0	0
0,73	3	7,1	4,1	547	10
0,22	5,7	7	1,3	173	9

Рис. 2: Зависимость $B(I_M)$

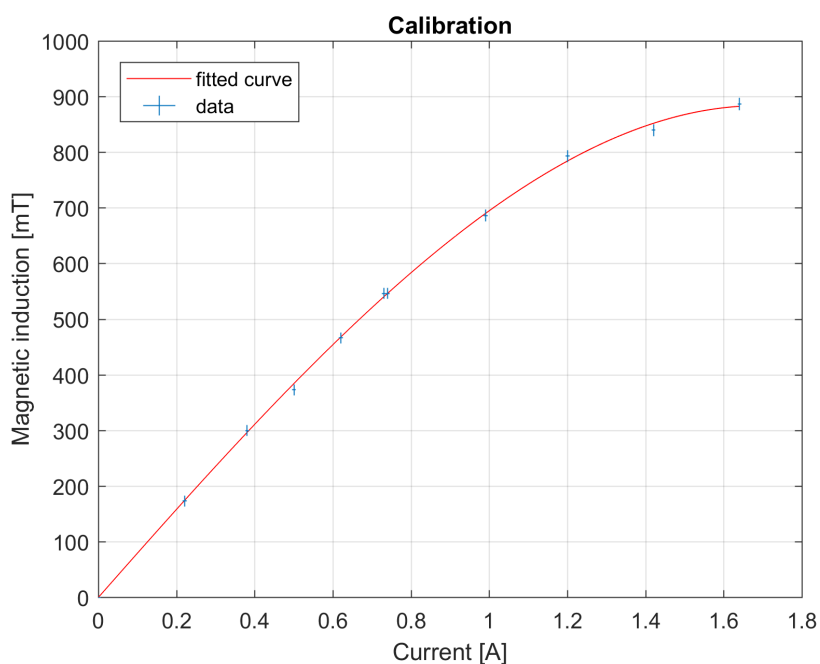


Рис. 3: Зависимость $B(I_M)$

Рассчитаем ЭДС Холла по формуле

$$\varepsilon_x = U_{34} - U_0$$

и построим графики $\varepsilon_x(B)$ для различных I_0 (рис. 4). Для каждого графика посчитаем коэффициент наклона $k(I_0) = \Delta\varepsilon/\Delta B$. Построим график $k = f(I_0)$ (рис. 6). Коэффициент его наклона:

$$K = 1.004 \pm 0.008 \text{ В/(Тл}\cdot\text{А)}$$

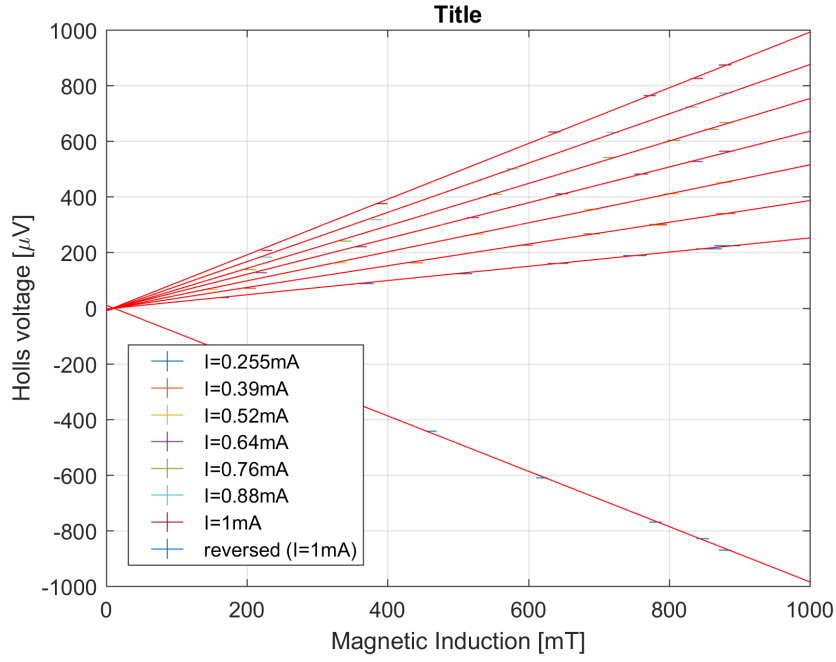


Рис. 4: Зависимость $\varepsilon_x(B)$ для различных I_0

	k, mV/T	err_k, mV/T
'I=0.255mA'	0,256	0,003
'I=0.39mA'	0,390	0,004
'I=0.52mA'	0,521	0,006
'I=0.64mA'	0,643	0,007
'I=0.76mA'	0,763	0,009
'I=0.88mA'	0,886	0,011
'I=1mA'	1,001	0,011
'reversed (I=1mA)'	-0,995	0,009

Рис. 5: Зависимость $k(I_0) = \Delta\varepsilon/\Delta B$ для различных I_0

Выражение для коэффициента Холла:

$$\varepsilon_x = -R_x \cdot \frac{I_0 B}{a}, \quad \frac{\varepsilon_x}{B} = -\frac{R_x}{a} I_0, \quad k = K I_0, \quad K = -\frac{R_x}{a}$$

$$R_x = -\frac{K}{a}, \quad \sigma_{R_x} = \frac{K}{a^2} \sigma_a$$

$$R_x = (-1.00 \pm 0.06) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$$

Результат не совпадает с таблицей, где порядок R_x равен $0.1 \text{ м}^3/\text{Кл}$. С другой стороны, непонятно, какие примеси были использованы в данном образце и поэтому значение R_x может отличаться от табличного для примесей Sb и Sb+Si.

Концентрация носителей тока:

$$n = \frac{1}{R_x e}$$

$$n = (6.2 \pm 0.4) \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$$

Здесь аналогичное расхождение с таблицей ($\sim 10^{20}$).

Рассчитаем удельную проводимость σ по формуле:

$$\sigma = \frac{I L_{35}}{U_{35} a l}$$

$$\sigma = (1.29 \pm 0.10) (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$$

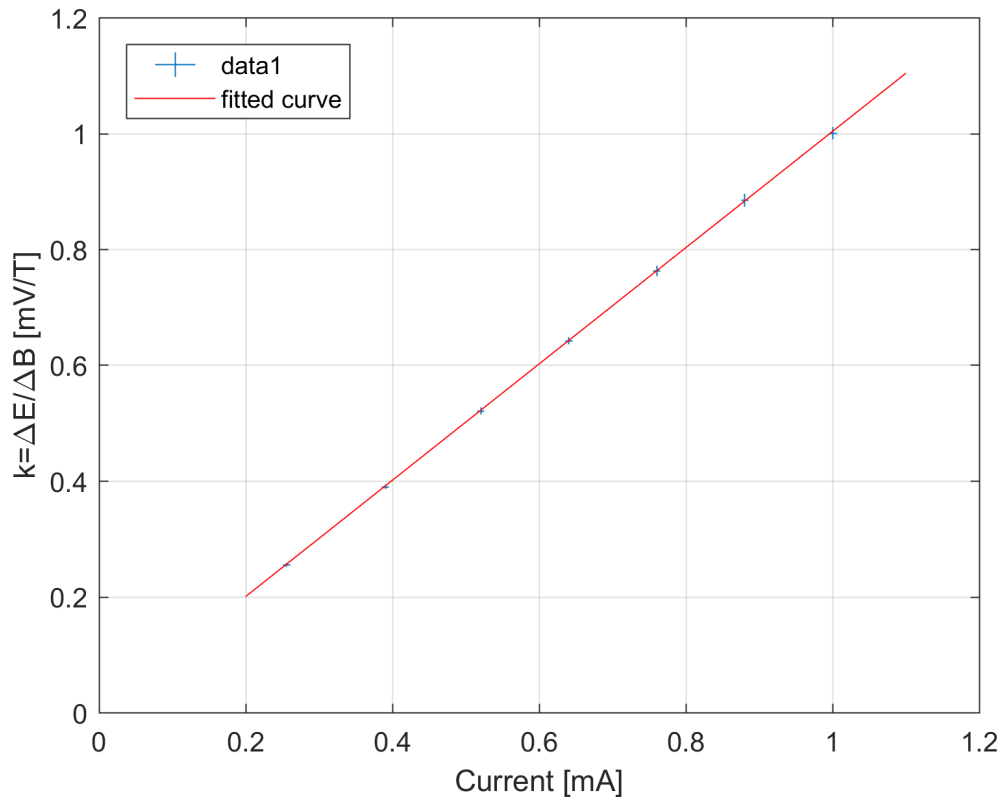


Рис. 6: Зависимость $k(I_0) = \Delta\varepsilon/\Delta B$ для различных I_0

Результата совпадает с табличными данными по порядку величины ($1 \text{ (1/Ом}\cdot\text{м)}$).
Вычислим подвижность носителей тока:

$$b = \frac{\sigma}{en}$$

$$b = (12.4 \pm 1.3) \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$$

Вывод. В ходе данной работы были получены значения постоянной Холла, удельной проводимости и подвижности носителей тока для легированного германия. Сравнение с таблицей выдало совпадение только в случае проводимости, что позволяет говорить о наличии некоторых нестандартных примесей. Также был определён тип проводимости (электронная).