

Лабораторная работа 3.3.4

Эффект Холла в полупроводниках

Матвей Галицын
Б01-411

September 5, 2025

1 Аннотация

Цель работы: измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках

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

2 Теория

Эффект Холла заключается в возникновении разницы потенциалов на поверхности материала при протекании тока через этот материал, если этот материал помещен в магнитное поле. Собственно, в этой работе мы будем помещать образец легированного германия в магнитное поле и измерим зависимость разницы потенциалов между контактами 3 – 4 от внешнего поля B , вызванного электромагнитами. Также, используя зависимость разницы потенциалов между точками 3 – 4 от I , мы найдем проводимость σ , из которой вычислим постоянную Холла.

3 Экспериментальная установка

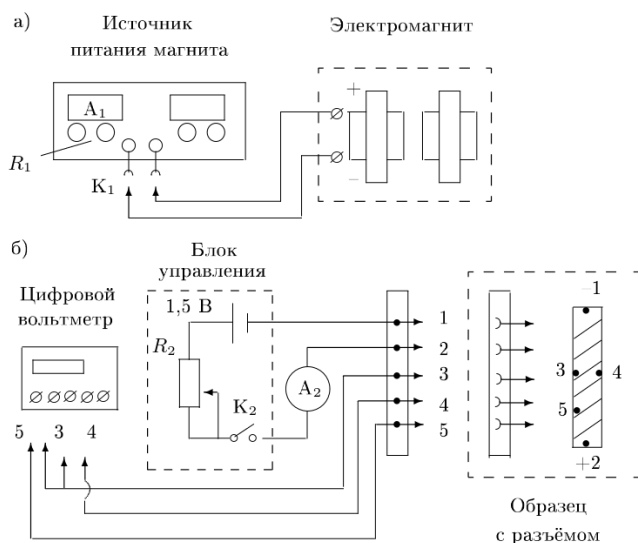


Рис. 1. Схема установки для исследования эффекта Холла в полупроводниках

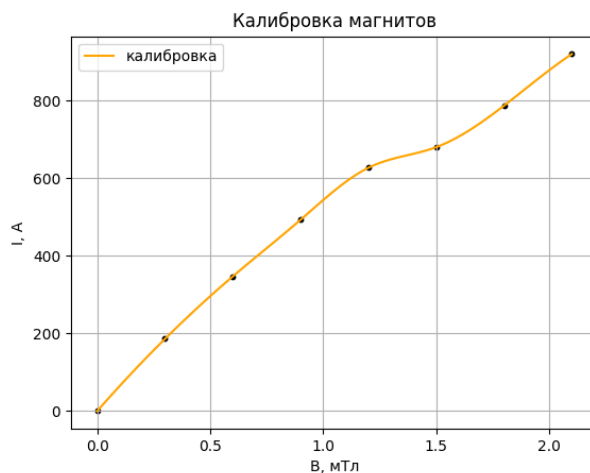
4 Результаты измерений и обработка данных

Проверим работу электромагнита и прокалибруем его, измерив зависимость Φ потока через милливеберметр от тока I_M через магнит. Из нее найдем поле $B = \Phi/(NS)$, идущее через милливеберметр с $NS = 75 \text{ см}^2$.

$I, \text{ A}$	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
$\Phi, \text{ мВб}$	1.4	2.6	3.7	4.7	5.1	5.9	6.9
$B, \text{ мТл}$	186	347	493	627	680	787	920

Таблица 1: Калибровка магнита

$$\Delta I = 0.005 \text{ A}, \Delta \Phi = 1.5 \text{ мВб}, \Delta B = 13 \text{ мТл}$$



Измерим ЭДС Холла. Для фиксированного тока через образец I в электромагните измерим зависимость напряжения U_{34} от тока I_M на электромагните. Значения приведены в приложении.

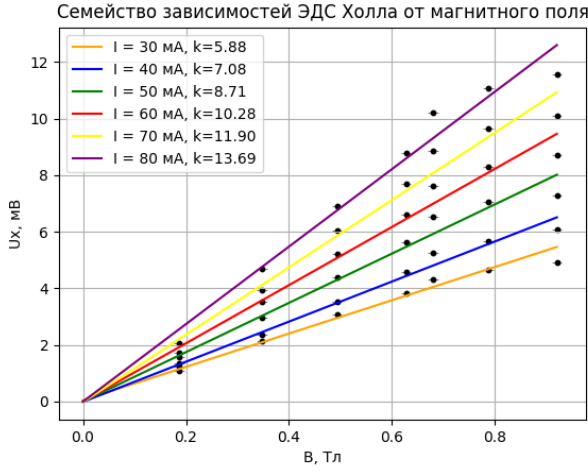
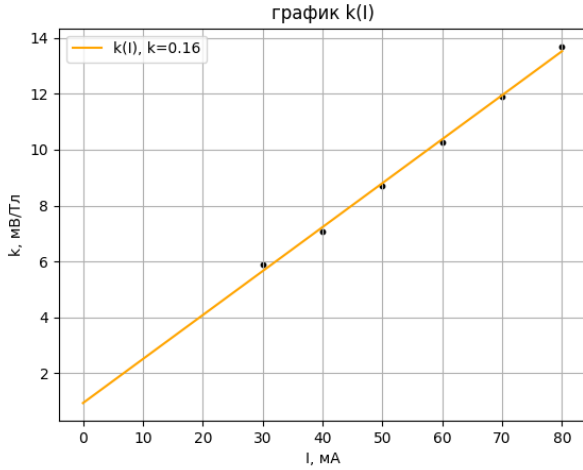


Рис. 1: Семейство зависимостей ЭДС Холла от магнитного поля в электромагните при разных токах через образец



Плотность тока, текущего через образец, равна $j_x = I/ah$, где I — полный ток, ah — поперечное сечение. Таким образом, для холловского напряжения имеем

$$U_{\perp} = \frac{B}{nqh} \cdot I = R_H \cdot \frac{B}{h} \cdot I, \quad (3.27)$$

где константу

$$R_H = \frac{1}{nq} \quad (3.28)$$

называют постоянной Холла. Знак постоянной Холла определяется знаком заряда носителей.

Отсюда получаем коэффициент Холла: $R_x = \frac{dk}{dI} \cdot h$, где h — толщины пластинки с током.

Отсюда с учетом МНК:

$$R_x = 0.16 \cdot 0.0022 \approx 0.000032 = (0.32 \pm 0.02) \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

Рассчитаем концентрацию носителей тока по формуле $n = \frac{1}{R_x e}$:

$$n = \frac{1}{(0.32 \pm 0.02) \cdot 10^{-4} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} \approx (1.85 \pm 0.15) \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$$

Рассчитаем удельную проводимость исследуемого образца по формуле $\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al}$ для $I = 80 \text{ мА}$, $U_{35} = 65.21 \text{ мВ}$, $L_{35} = 15 \text{ мм}$, $a = 2 \text{ мм}$, $l = 8 \text{ мм}$:

$$\sigma = \frac{0.08 \cdot 0.015}{0.06521 \cdot 0.002 \cdot 0.008} \approx (493 \pm 25) \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$

Подвижность электронов:

$$b = \frac{\sigma}{en} = (157 \pm 18) \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

5 Обсуждение результатов

Мы изучили явление эффекта Холла в полупроводниках, измерили для нашего образца (Германий) такие величины как постоянная Холла, концентрацию электронов, удельную проводимость и подвижность электронов.

6 Приложение

I, mA	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
$I = 30 \text{ mA}, U_0 = 0.11 \text{ mB}$							
U, mB	1.33	2.24	3.17	3.93	4.43	4.76	5.04
U_{\perp}, mB	1.22	2.13	3.06	3.82	4.32	4.65	4.93
$I = 40 \text{ mA}, U_0 = 0.18 \text{ mB}$							
U, mB	1.25	2.56	3.72	4.76	5.43	5.86	6.25
U_{\perp}, mB	1.07	2.38	3.54	4.58	5.25	5.68	6.07
$I = 50 \text{ mA}, U_0 = 0.21 \text{ mB}$							
U, mB	1.56	3.17	4.61	5.85	6.73	7.27	7.5
U_{\perp}, mB	1.35	2.96	4.4	5.64	6.52	7.06	7.29
$I = 60 \text{ mA}, U_0 = 0.32 \text{ mB}$							
U, mB	1.9	3.84	5.54	6.94	7.95	8.61	9.02
U_{\perp}, mB	1.58	3.52	5.22	6.62	7.63	8.29	8.7
$I = 70 \text{ mA}, U_0 = 0.38 \text{ mB}$							
U, mB	2.12	4.32	6.41	8.08	9.23	10.01	10.46
U_{\perp}, mB	1.74	3.94	6.03	7.7	8.85	9.63	10.08
$I = 80 \text{ mA}, U_0 = 0.39 \text{ mB}$							
U, mB	2.45	5.09	7.31	9.19	10.59	11.46	11.96
U_{\perp}, mB	2.06	4.7	6.92	8.8	10.2	11.07	11.57

Таблица 2: Зависимость напряжения в образце от тока в обмотке электромагнита