

Марина Б04-005, Лабораторная работа №3.3.4 "Эффект Холла в полупроводниках".

Цель работы:

1. исследовать зависимость ЭДС Холла от величины магнитного поля при различных значениях тока через образец для определения константы Холла
2. определить знак носителей заряда и проводимость материала образца

Оборудование:

1. электромагнит с источником питания
2. амперметр
3. миллиамперметр
4. реостат
5. милливольтметр
6. цифровой вольтметр
7. источник питания (1.5 В)
8. образцы легированного германия

Формулы, необходимые для расчетов:

Эффект Холла - явление возникновения поперечной разности потенциалов при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле.

- ЭДС Холла:

$$U_{\perp} = U_{34} - U_0; \quad (1)$$

- Постоянная Холла:

$$R_{\text{н}} = -\frac{U_{\perp}}{B} \cdot \frac{a}{I}; \quad (2)$$

- Индукция:

$$B = \frac{\Delta\Phi}{SN} \quad (3)$$

- Концентрация носителей тока в образце:

$$n = \frac{1}{R_{\text{н}} e} \quad (4)$$

- Удельная проводимость материала образца:

$$\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al} \quad (5)$$

- Подвижность носителей тока:

$$\mu = \frac{\sigma}{en} \quad (6)$$

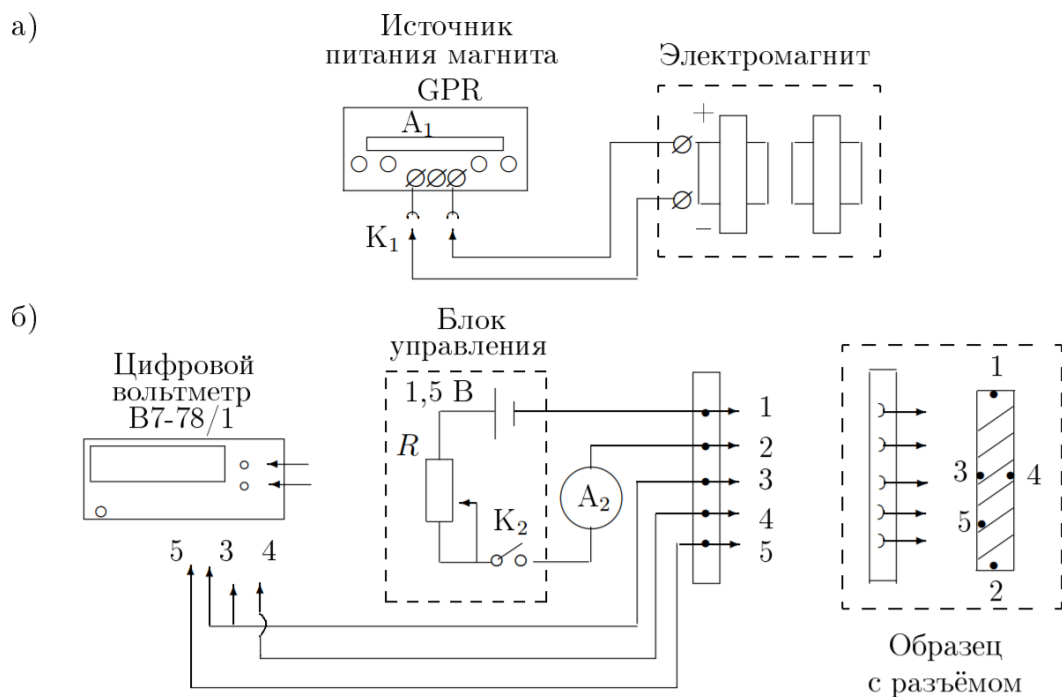
- Метод наименьших квадратов $y = a + bx$

$$b = \frac{\langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2} \quad a = \langle y \rangle - b \cdot \langle x \rangle \quad (7)$$

Расстояние между контактами 3 и 5 L_{35} , мм	Толщина образца a , мм	Ширина образца l , мм	Постоянная катушки SN , см ² ·вит.
6	2,2	7	72

Описание установки:

Установка представлена на рисунке:



В зазоре электромагнита создается (1а) создается постоянное магнитное поле, величину которого можно менять с помощью регулятора источника питания электромагнита. Ток питания электромагнита измеряется амперметром A_1 .

Прямоугольный образец из легированного германия, смонтированный в специальном держателе (1б) подключается к источнику питания. Величина тока регулируется реостатом R_2 и измеряется миллиамперметром A_2 .

В образце, помещенном в зазор электромагнита, между контактами 3 и 4 возникает разность потенциалов U_{34} , которая измеряется с помощью вольтметра V

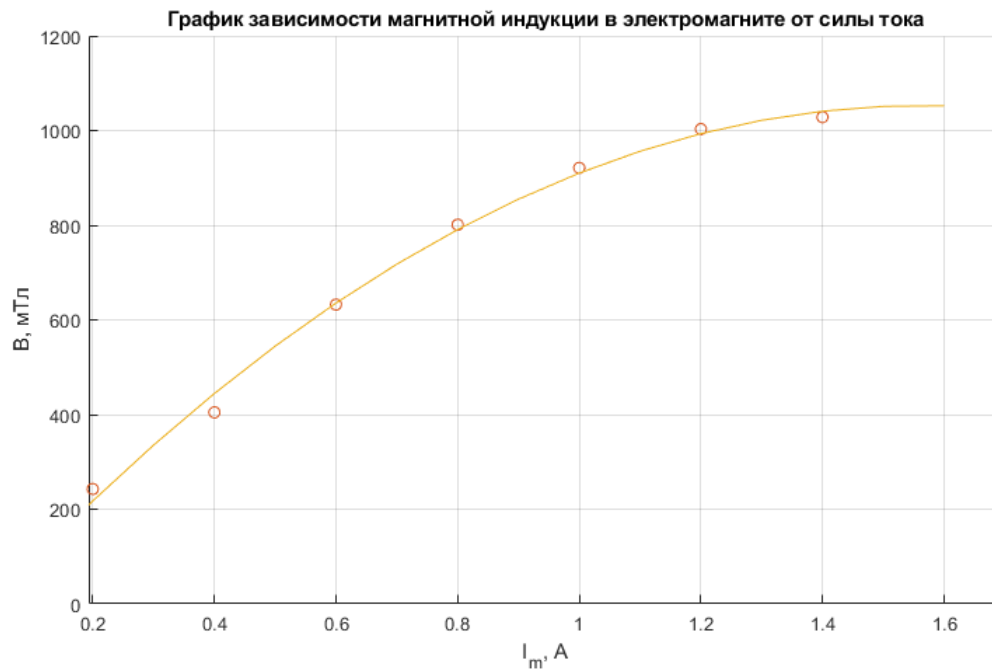
Ход работы:

1. Откалибруем электромагнит: для этого установим связь между индукцией магнитного поля в зазоре электромагнита и током через обмотку магнита.

I_m , А	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
B , мТл	242.7	404.5	632.3	801.0	921.1	1003.1	1028.3

№	1	2	3	4	5	6	7
$I_m, \text{ A}$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
$U_0 = 66, \text{ мкВ } (I_0 = 0.3 \text{ A})$	51	108	158	205	240	263	281
$U_0 = 90, \text{ мкВ } (I_0 = 0.4 \text{ A})$	75	143	214	275	322	356	381
$U_0 = 112, \text{ мкВ } (I_0 = 0.5 \text{ A})$	86	181	266	347	402	445	475
$U_0 = 132, \text{ мкВ } (I_0 = 0.6 \text{ A})$	101	219	322	379	485	536	572
$U_0 = 153, \text{ мкВ } (I_0 = 0.7 \text{ A})$	123	251	373	483	568	625	667
$U_0 = 175, \text{ мкВ } (I_0 = 0.8 \text{ A})$	140	293	429	552	648	715	762
$U_0 = 197, \text{ мкВ } (I_0 = 0.9 \text{ A})$	157	329	482	632	731	804	858
$U_0 = 218, \text{ мкВ } (I_0 = 1.0 \text{ A})$	172	356	535	693	808	894	953

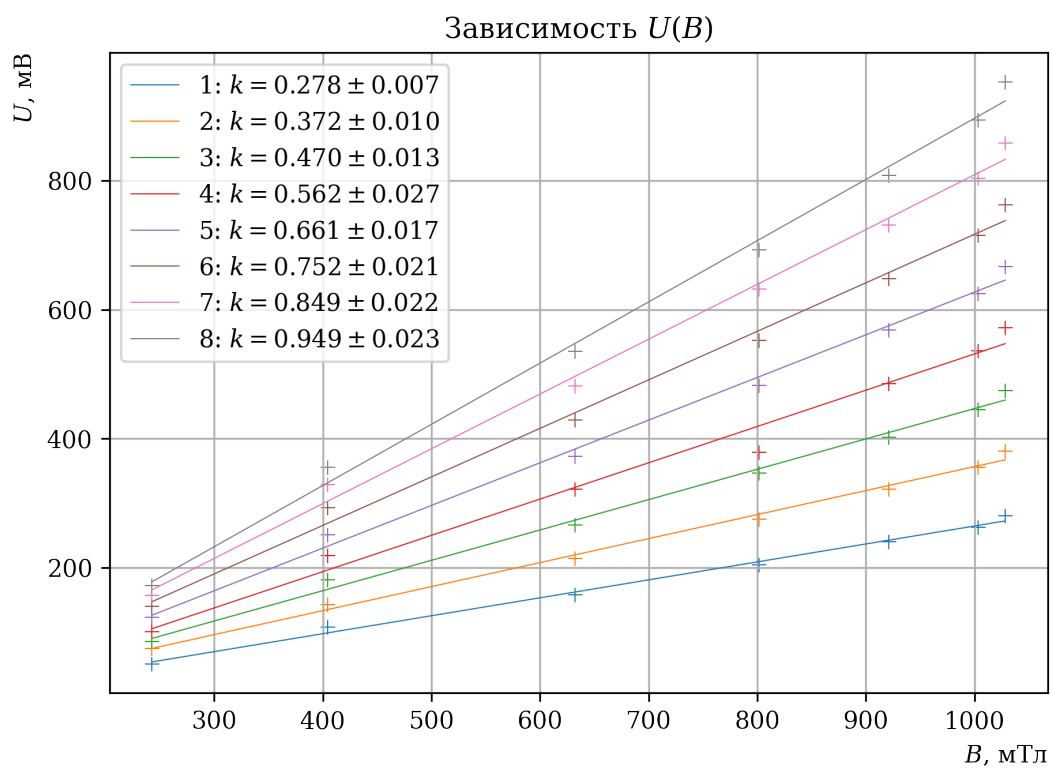
2. На основе этих данных построим график зависимости $B(I)$. Получаем квадратичную зависимость



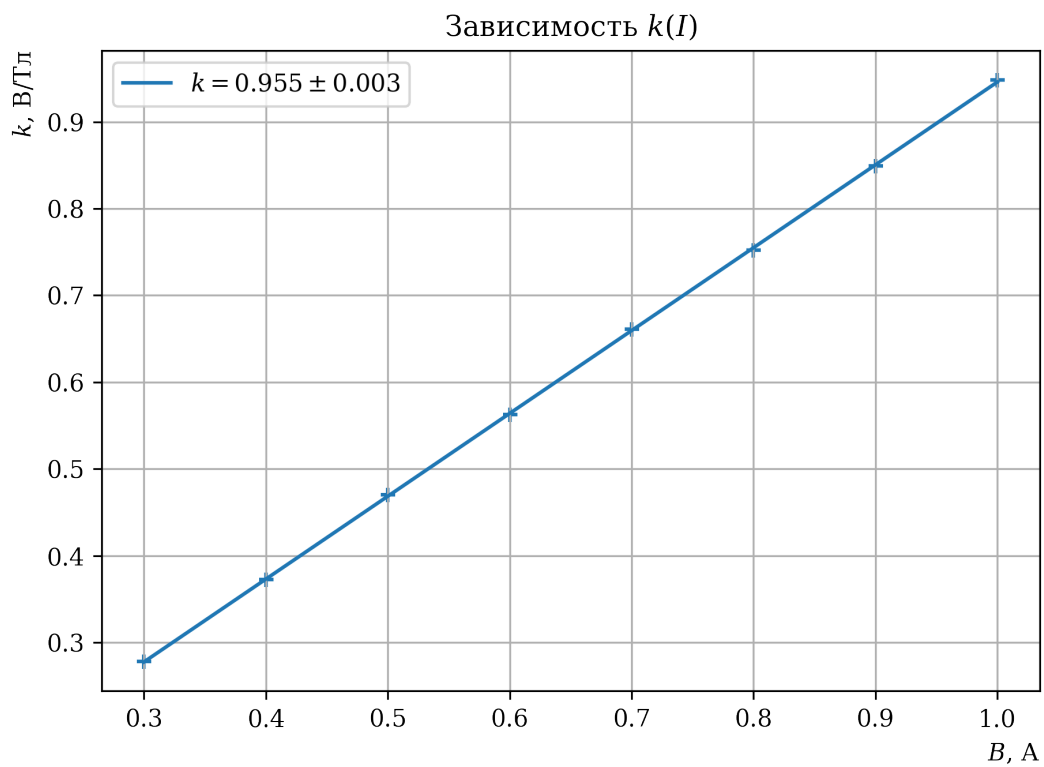
3. Произведем измерения ЭДС Холла. В таблице приведены значения, при которых начальное на U_{34} напряжение при $I_0 = 0$ уже учтено и вычтено.

Далее, исходя из полученных данных, построим график зависимости $U(B)$, воспользовавшись методом наименьших квадратов (МНК).

Определим коэффициенты наклона графика $k = \frac{dU_{\perp}}{dB}$.



По полученным значениям коэффициента k , построим график $k(I)$, пользуясь МНК. Новая переменная $k = \frac{dU_{\perp}^2}{dBdI} \frac{B}{T_{\text{Л}} \cdot A}$



$$k \cdot h = 0.96 \cdot 0.22 = 0.21 \frac{\text{В} \cdot \text{см}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}$$

4. По формуле (2) рассчитаем постоянную Холла по:

$$R_{\text{н}} = 0.96 \cdot 72 = 691.2 \frac{\text{см}^3}{\text{Кл}}$$

5. По формуле (4) рассчитаем концентрацию носителей тока:

$$n = \frac{1}{691.2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 9.04 \cdot 10^{15} \text{ см}^3$$

6. Измерим $U_{35} = 4,07$ мВ По формуле (5) рассчитаем удельную проводимость:

$$\sigma = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{4.07 \cdot 0.22 \cdot 7} = 1.38 (\text{Ом} \cdot \text{см})^{-1}$$

Найдем подвижность электронов по формуле (6):

$$\mu = \frac{1.38}{9.04 \cdot 10^{15} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 954 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

Выводы:

1. Установили линейную зависимость ЭДС Холла от величины магнитного поля при различных значениях тока через образец

2. Рассчитали значения постоянной Холла $R_{\text{н}} = 691.2 \frac{\text{см}^3}{\text{Кл}}$

Подвижность электронов $\mu = 954 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$

3. Обнаружили дырочную зависимость