

Московский Физико-Технический Институт  
(государственный университет)

---

## Эффект Холла в полупроводниках

---

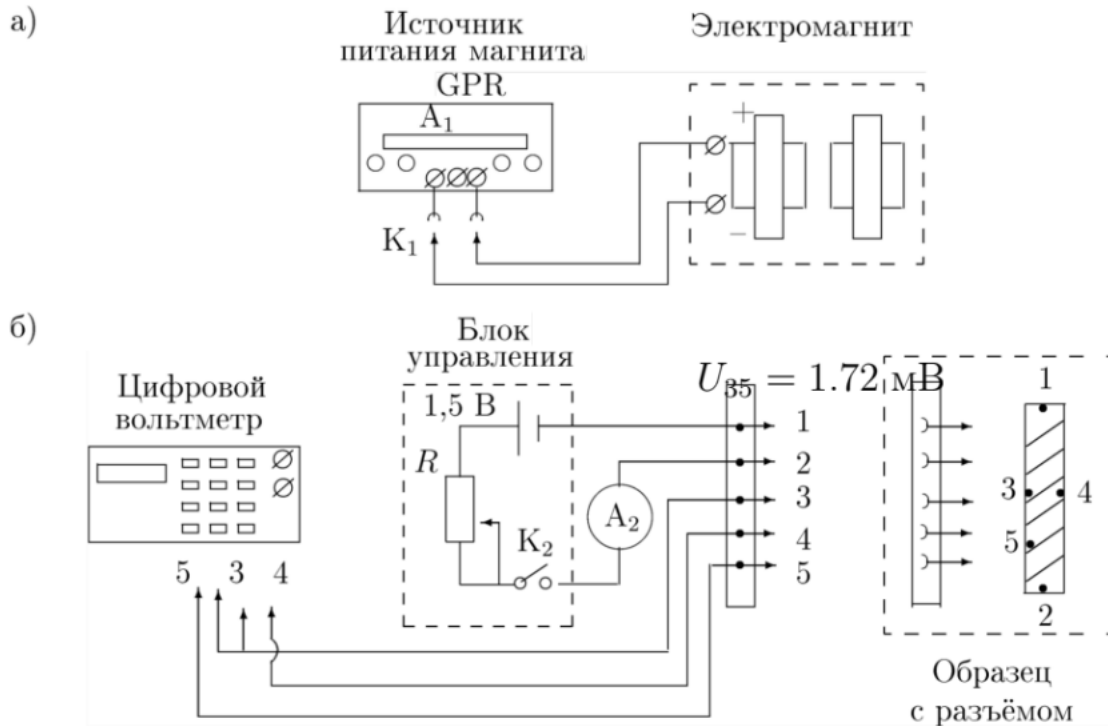
Сибгатуллин Булат, ФРКТ

**Цель работы:**

измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках

**В работе используются:**

электромагнит с регулируемым источником питания; вольтметр; амперметр; миллиамперметр; милливольтметр; источник питания (1,5 В), образцы легированного германия.

**Описание работы**

**Рис. 1:** Схема установки для измерения эффекта Холла в полупроводниках

Электрическая схема установки представлена на рисунке 1. В зазоре электромагнита создается постоянное магнитное поле. Его ток питания измеряется амперметром  $A_1$ .

Прямоугольный образец из легированного германия смонтированный в специальном держателе (рис. 1б), подключается к источнику питания. При замыкании ключа вдоль длинной стороны образца начинает течь ток.

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

Так как контакты 3 и 4 могут лежать не на одной эквипотенциали стоит измерить напряжение в системе без магнитного поля  $U_0$  и считать итоговое напряжение по формуле:

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

## Ход работы

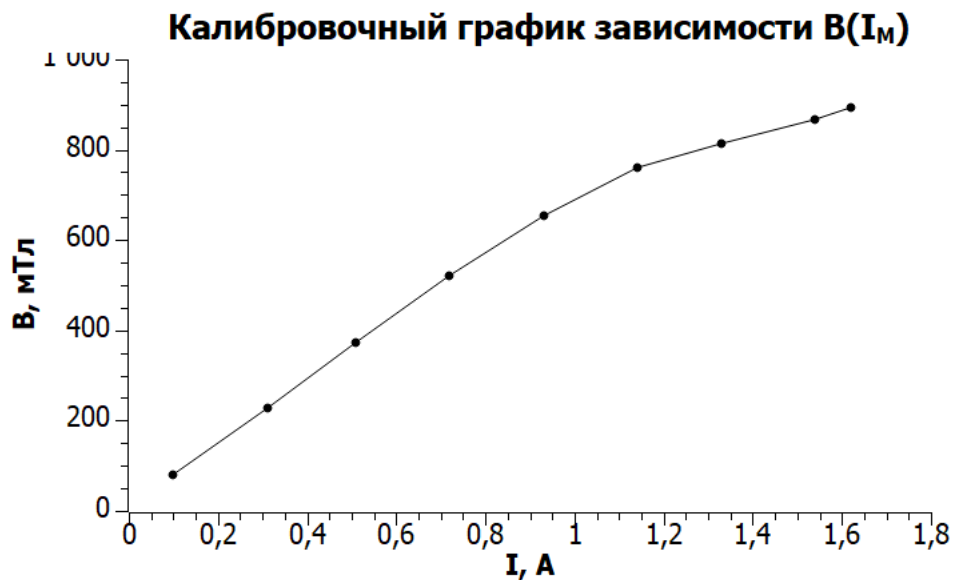
Измерим калибровочную прямую электромагнита - зависимость между индукцией  $B$  магнитного поля в его зазоре и током  $I_M$  через обмотки магнита. Данные занесем в таблицу. Значение индукции можем получить по формуле:

$$B = \frac{\Phi}{SN}, \quad (1)$$

где  $SN = 75 \text{ см}^2 \cdot \text{витков}$ .

$\Phi(I_m)$	
$\Phi, \text{ mWb}$	$I, \text{ A}$
0,6	0,1
1,7	0,31
2,8	0,51
3,9	0,72
4,9	0,93
5,7	1,14
6,1	1,33
6,5	1,54
6,7	1,62

По получившимся данным построим график  $B(I_M)$ :



Проведем измерения ЭДС Холла, сняв зависимость напряжения  $U_{34}$  от тока электромагнита  $I_M$ , при фиксированном токе через образец, для токов в диапазоне 0,3 - 1 мА. Данные занесем в таблицу. Для значение тока через образец равного 1 мА также проведем измерения при обратном направлении магнитного поля.

Для получившихся данных построим на одном листе семейство характеристик  $U_{\perp}(B)$ .

U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,3mA)		U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,4mA)		U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,5mA)	
U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A	U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A	U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A
41	0	57	0	71	0
31	0,1	42	0,1	53	0,1
6	0,31	8	0,31	13	0,31
-15	0,51	-18	0,5	-23	0,51
-36	0,72	-46	0,72	-60	0,75
-52	0,93	-68	0,93	-83	0,92
-64	1,14	-84	1,14	-105	1,14
-71	1,33	-94	1,33	-118	1,34
-77	1,54	-102	1,53	-128	1,55
-79	1,61	-104	1,6	-129	1,59

U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,6mA)		U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,7mA)		U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,8mA)	
U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A	U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A	U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A
86	0	101	0	117	0
65	0,1	78	0,1	89	0,1
16	0,31	20	0,31	22	0,31
-27	0,51	-30	0,51	-34	0,51
-66	0,72	-79	0,73	-94	0,74
-102	0,94	-120	0,94	-134	0,93
-125	1,14	-147	1,15	-166	1,14
-140	1,33	-162	1,33	-185	1,33
-151	1,54	-176	1,55	-201	1,57
-153	1,58	-178	1,57		

U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 0,9mA)		U <sub>34</sub> (I <sub>m</sub> ) (I = 1mA)		--->>	В обратном направлении	
U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A	U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A		U, mV*10 <sup>^(-3)</sup>	I, A
132	0	147	0		159	0
100	0,1	112	0,1		195	0,1
27	0,31	31	0,31		275	0,3
-38	0,51	-41	0,51		354	0,51
-102	0,73	-117	0,74		432	0,75
-151	0,93	-167	0,93		487	0,94
-186	1,14	-205	1,14		529	1,14
-207	1,33	-230	1,34		556	1,34
-228	1,57	-250	1,56		578	1,56

По значениям угловых коэффициентов  $k$  полученных прямых построим график  $k(I)$ .

По значению углового коэффициента получившейся прямой  $k = 49,79 \pm 3,44$  определим величину постоянной Холла  $R_H$  по формуле:

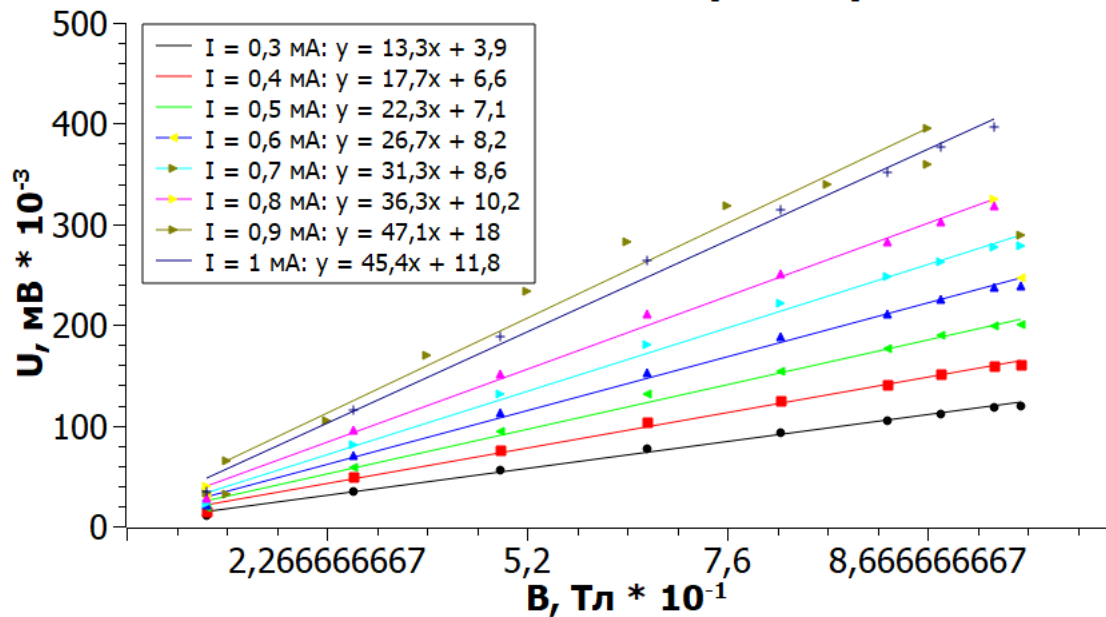
$$R_H = k \cdot a,$$

где  $a = 2,2 \text{ мм}$ . Тогда в итоге получаем:

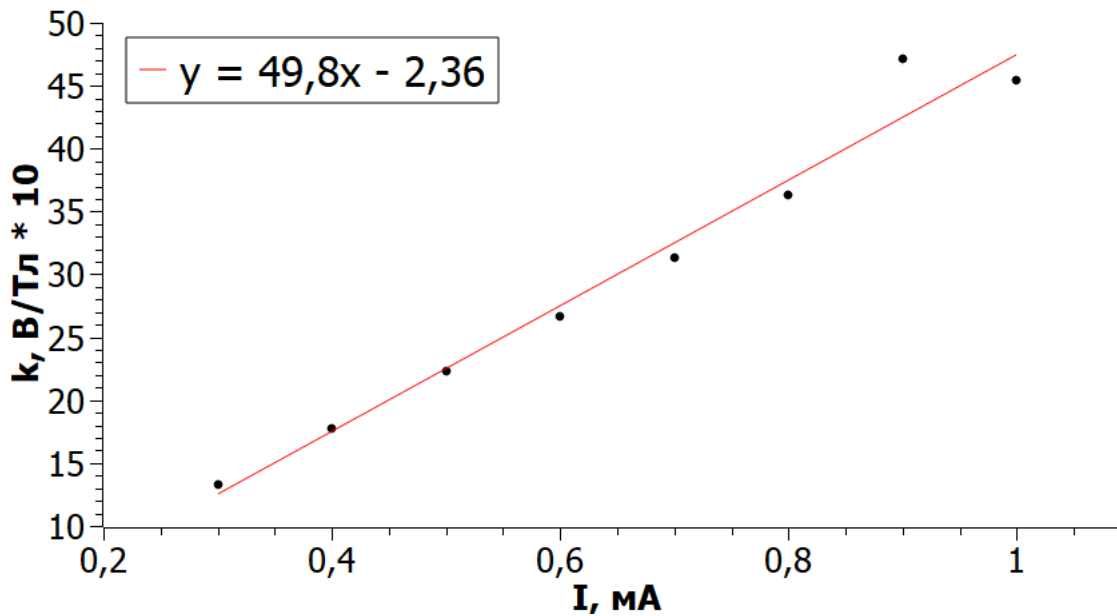
$$R_H = (1096 \pm 76) \frac{\text{м}^3}{\text{А} \cdot \text{с}}$$

Определим концентрацию носителей заряда:

### Семейство характеристик $U(B)$ , при разных значениях тока $I$ через образец.



### Зависимость коэффициента угла наклона от силы тока



$$n = \frac{1}{R_H \cdot e} = (5,68 \pm 0,39) \cdot 10^{21} \frac{1}{\text{м}^3}$$

Измерим падение напряжения на контактах 3 и 5,  $U_{35} = 2,476 \text{ мВ}$  при значении тока через образец  $I = 1 \text{ мА}$ . Параметры образца:  $L = 6 \text{ мм}$ ,  $L = 7 \text{ мм}$ . Рассчитаем удельную проводимость:

$$\sigma_0 = \frac{I \cdot L}{U_{35} \cdot a \cdot l} = 157 \pm 5 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$

Вычислим подвижность  $\mu$  носителей тока:

$$\mu = \frac{\sigma}{en} = 0,173 \pm 0,013 \quad \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

## Вывод

Определили постоянную Холла для Германия и оценили удельную проводимость и подвижность носителей тока для нашего образца. Также определили, что в нашем случае реализуется проводимость дырочного типа.