

МФТИ

Лабораторная работа

---

Эффект Холла в полупроводниках.

---

Выполнил:  
Солодилов Михаил  
(Б01-306)

# Введение

**Цель работы:** измерение подвижности и концентрации носителей заряда в проводнике.

**Оборудование:** электромагнит, источник питания, миллитесламетр, амперметр, образец германия, вольтметр.

$a$ , mm	$L$ , mm	$l$ , mm
2.2	6.0	7.0

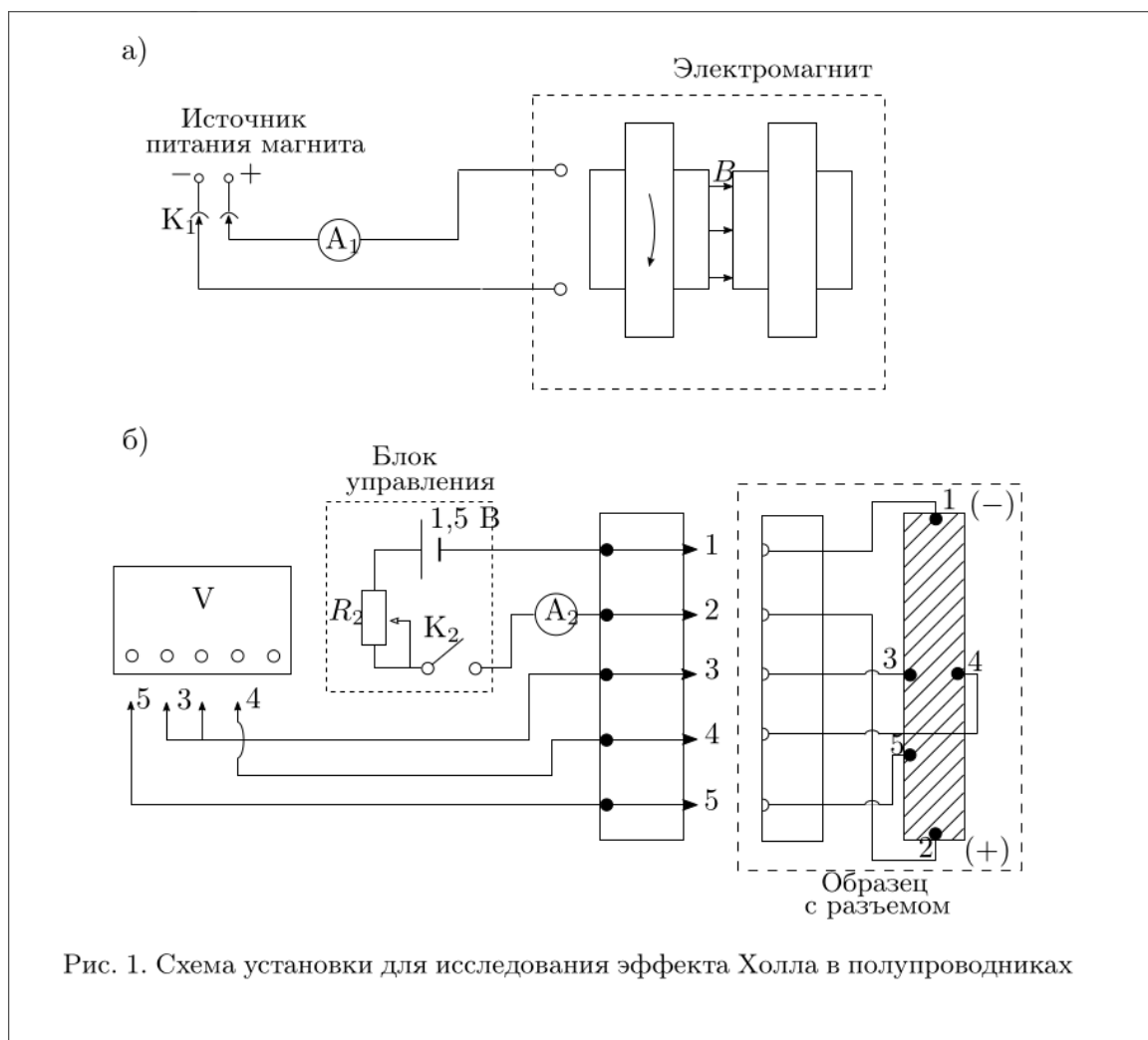
## Экспериментальная установка

Электрическая схема установки для измерения ЭДС Холла представлена на рис. 1. В зазоре электромагнита (рис. 1а) создаётся постоянное магнитное поле, величину которого можно менять с помощью регулятора источника питания электромагнита. Ток питания электромагнита измеряется амперметром  $A_1$  (внешним или встроенным в источник).

Направление тока в обмотках электромагнита меняется переключением разъёма  $K_1$ .

Градировка электромагнита (связь тока с индукцией поля) проводится при помощи миллитесламетра на основе датчика Холла.

Прямоугольный образец из легированного германия, смонтированный в специальном держателе (рис. 1б), подключается к источнику питания ( $\approx 1,5\text{В}$ ). При замыкании ключа  $K_2$  вдоль длинной стороны образца течёт ток, величина которого регулируется реостатом  $R_2$  и измеряется миллиамперметром  $A_2$ . В образце, помещённом в зазор электромагнита, между контактами 3 и 4 возникает разность потенциалов  $U_{34}$ , которая измеряется с помощью вольтметра  $V$ .



Однако контакты 3 и 4 могут лежать не на одной эквипотенциали, поэтому напряжение между ними является суммой омического падения напряжения и ЭДС Холла.

$$U_{34} = \varepsilon_{\text{Холла}} + U_0$$

$$\varepsilon_{\text{Холла}} = U_{34} - U_0$$

Затем вольтметр ставится на контакты 3 и 5. Таким образом, зная  $I$  и  $U_{35}$  можно найти удельное сопротивление образца.

$I_{sc}, \text{ mA}$	$U_{35}, \text{ mV}$
1	2.657

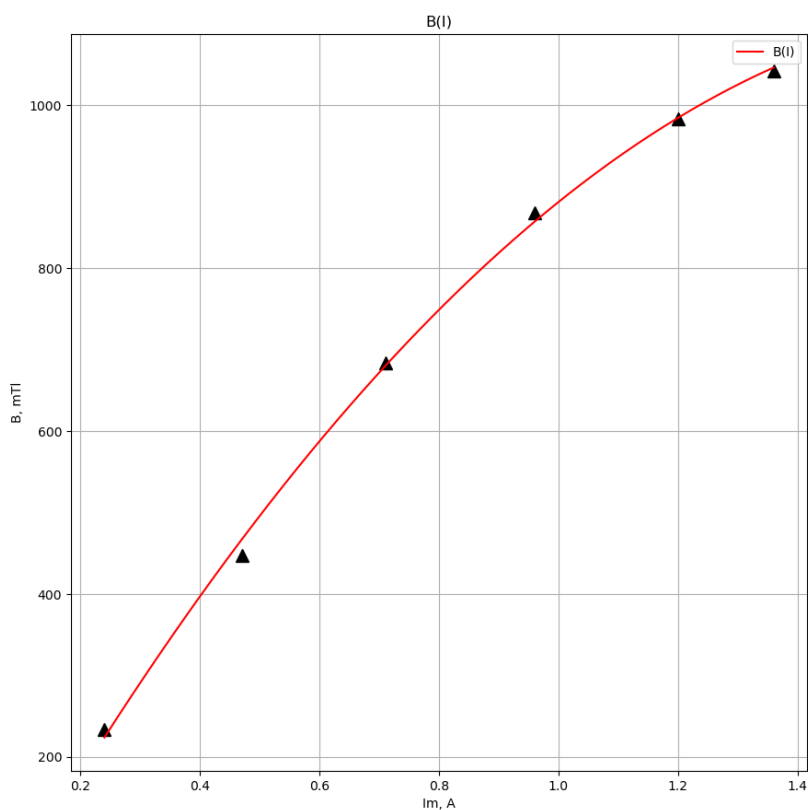
$$\sigma = \frac{I_{sc} L}{U_{35} l a} = 146.64 \cdot (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1},$$

где  $L$  - длина образца,  $l$  - ширина,  $a$  - толщина.

## Результаты

Для начала проградуируем наш магнит, измерив зависимость  $B(I)$ .

	$U, \text{ V}$	$I_m, \text{ A}$	$B1, \text{ mTl}$	$B2, \text{ mTl}$	$B3, \text{ mTl}$	$\overline{B}, \text{ mTl}$
0	21.10	0.24	234.20	233.90	233.70	233.93
1	39.30	0.47	447.10	446.90	448.70	447.57
2	60.00	0.71	683.50	684.00	686.40	684.63
3	81.00	0.96	868.00	869.10	868.80	868.63
4	101.40	1.20	983.30	985.10	986.20	984.87
5	115.10	1.36	1042.50	1045.90	1044.60	1044.33



По МНК приближаем эту кривую к квадратичной:

$$B(I_m) = -362.82I_m^2 + 1314.38I_m - 70.43$$

Далее снимем зависимости  $\varepsilon_{\text{Холла}}(I_m)$  для разных токов через наш образец,  $I_{sc}$  - ток в образце,  $U_0$  - напряжение на контактах 3, 4 вне поля:

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.02	0.24	0.00	0.02
-0.02	0.47	0.01	0.03
-0.02	0.71	0.03	0.05
-0.02	0.96	0.03	0.05
-0.02	1.20	0.04	0.06
-0.02	1.36	0.04	0.06

(a)  $I_{sc} = 0.14, mA$

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.05	0.24	0.00	0.05
-0.05	0.47	0.05	0.10
-0.05	0.71	0.09	0.14
-0.05	0.96	0.12	0.17
-0.05	1.20	0.14	0.19
-0.05	1.35	0.14	0.19

(c)  $I_{sc} = 0.48, mA$

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.09	0.24	0.01	0.10
-0.09	0.47	0.08	0.17
-0.09	0.71	0.15	0.24
-0.09	0.96	0.20	0.29
-0.09	1.20	0.23	0.32
-0.09	1.34	0.25	0.34

(e)  $I_{sc} = 0.82, mA$

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.03	0.24	0.00	0.03
-0.03	0.47	0.03	0.06
-0.03	0.71	0.06	0.09
-0.03	0.96	0.07	0.10
-0.03	1.20	0.09	0.12
-0.03	1.36	0.09	0.12

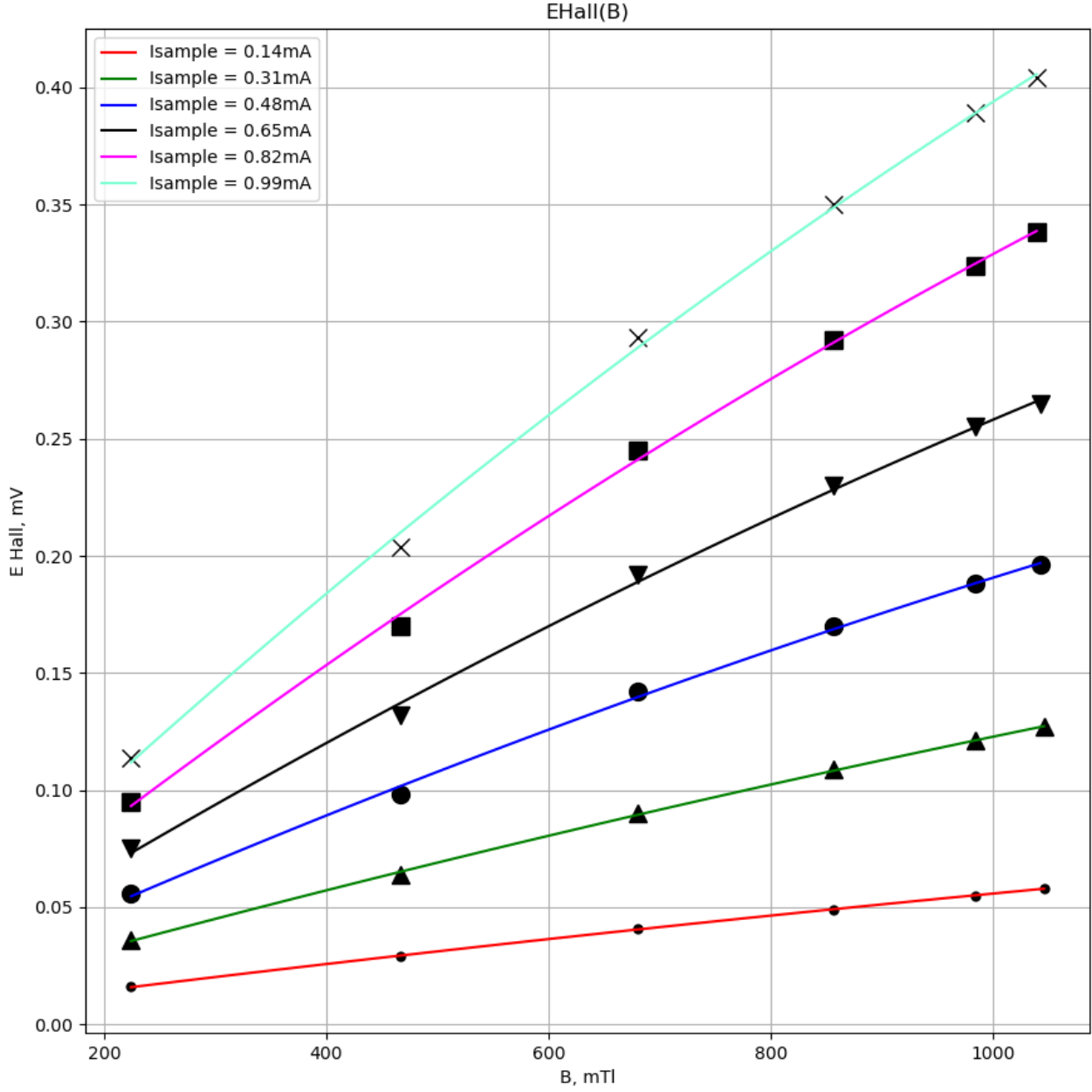
(b)  $I_{sc} = 0.31, mA$

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.07	0.24	0.01	0.08
-0.07	0.47	0.06	0.13
-0.07	0.71	0.12	0.19
-0.07	0.96	0.16	0.23
-0.07	1.20	0.18	0.25
-0.07	1.35	0.20	0.27

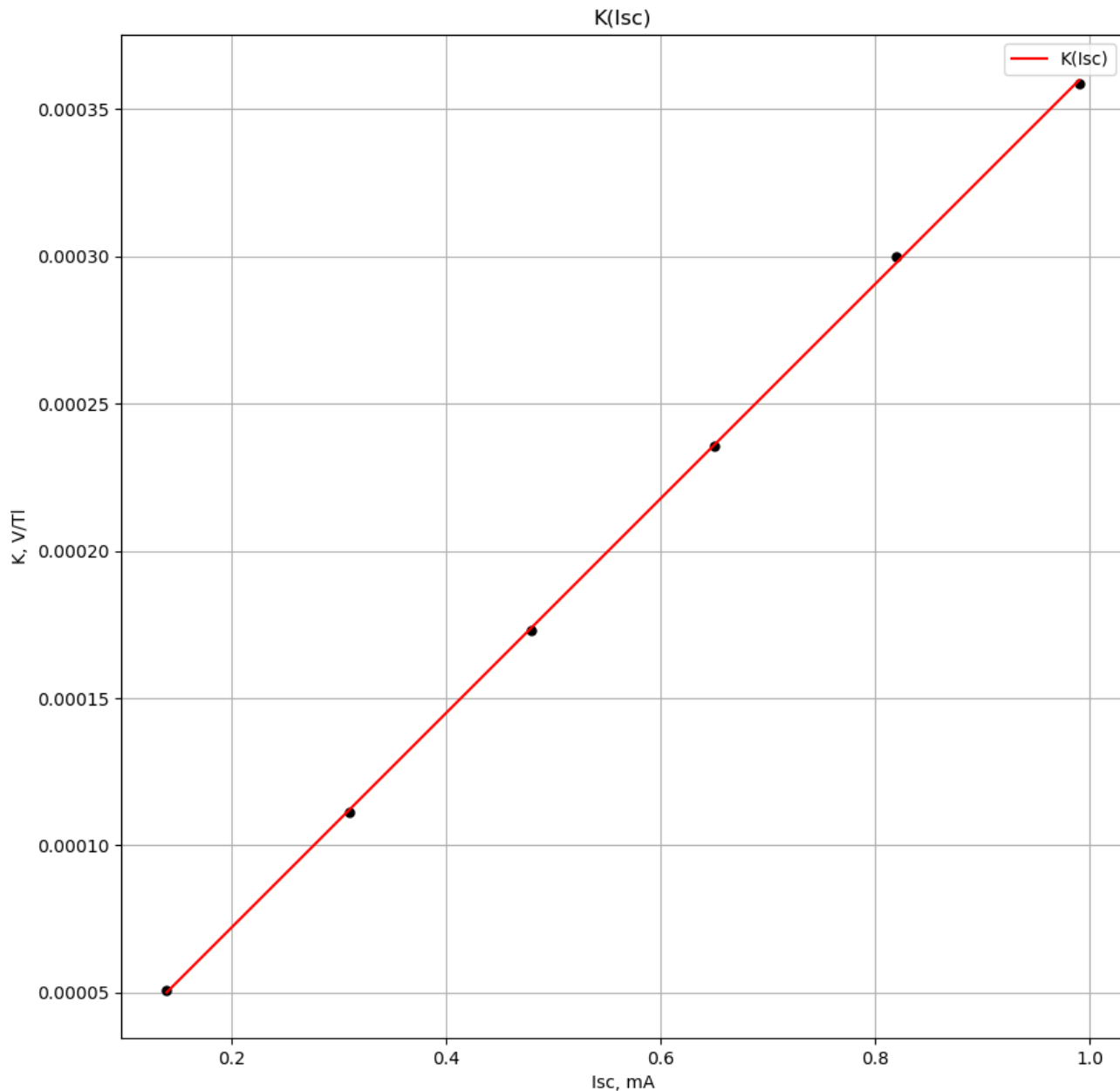
(d)  $I_{sc} = 0.65, mA$

U0, mV	Im, A	U34, mV	$\varepsilon_{\text{Холла}}, mV$
-0.11	0.24	0.01	0.12
-0.11	0.47	0.10	0.21
-0.11	0.71	0.19	0.30
-0.11	0.96	0.24	0.35
-0.11	1.20	0.28	0.39
-0.11	1.34	0.30	0.41

(f)  $I_{sc} = 0.99, mA$



$I_{sc}, mA$	$K, \frac{V}{Tl}$	$\sigma_K, \frac{V}{Tl}$	$\varepsilon_K, \frac{V}{Tl}$
0.14	5.10e-05	1.02e-06	0.02
0.31	1.11e-04	2.34e-06	0.02
0.48	1.73e-04	5.28e-06	0.03
0.65	2.35e-04	7.29e-06	0.03
0.82	3.00e-04	8.80e-06	0.02
0.99	3.59e-04	1.04e-05	0.02



Наклон  $k = \frac{dK}{dI_{sc}} = 3.64 \cdot 10^{-1} \frac{\text{V}}{\text{ТЛА}} (\varepsilon_k = 0.5\%)$ .

Согласно формуле 3.27:

$$\varepsilon_{\text{Холла}} = R_h \cdot \frac{B}{a} \cdot I_{sc}$$

Отсюда:

$$R_h = ak = 8.01 \cdot 10^{-4} \frac{\text{М}^3}{\text{К.Л}} (\varepsilon_{R_h} = \varepsilon_k = 0.5\%)$$

$$R_h = \frac{1}{nq} \implies n = \frac{1}{R_h q} = 7.80 \cdot 10^{21} \frac{1}{\text{М}^3} (\varepsilon_n = \varepsilon_{R_h} = 0.5\%)$$

Так как  $R_h$  положительные, а также по правилу левой руки можно сказать, что в нашем образце дырочная проводимость.

$$\sigma = qnb$$

$$b = \frac{\sigma}{qn} = \sigma R_h = 1.17 \cdot 10^{-1} \frac{\text{М}^2}{\text{В} \cdot \text{с}} = 1.17 \cdot 10^3 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}} (\varepsilon_b = \varepsilon_{R_h} = 0.5\%)$$

$R_h \pm \Delta R_h$ $10^{-4} \text{М}^3 / \text{КЛ}$	Знак носит.	$n \pm \Delta n$ $(\text{М}^3)^{-1}$	$\sigma \pm \Delta \sigma$ $(\Omega \cdot \text{М})^{-1}$	$b \pm \Delta b$ $\text{см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$
$8.01 \pm 0.04$	+	$7.80 \cdot 10^{21} \pm 3.9 \cdot 10^{19}$	146.64	$1.17 \cdot 10^3 \pm 5.85$