

Работа 3.3.4

Эффект Холла в полупроводниках

Малиновский Владимир

galqiwi@galqiwi.ru

Цель работы: измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках

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

Идея

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.

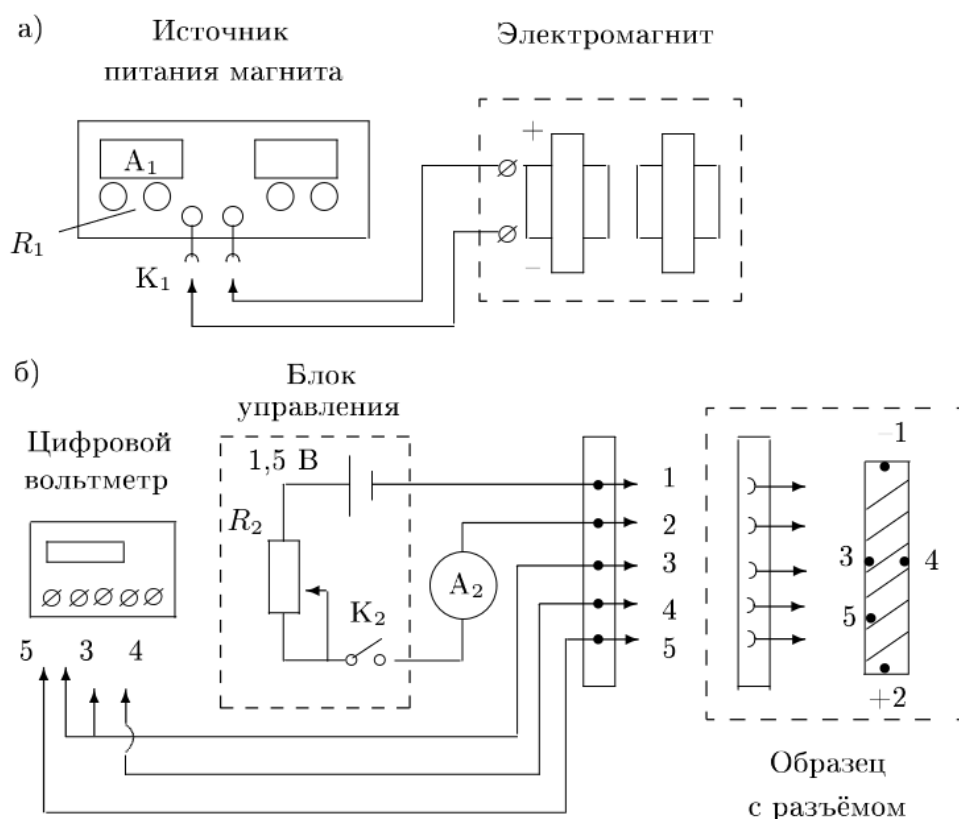


Рис. 1. Схема установки для исследования эффекта Холла в полупроводниках

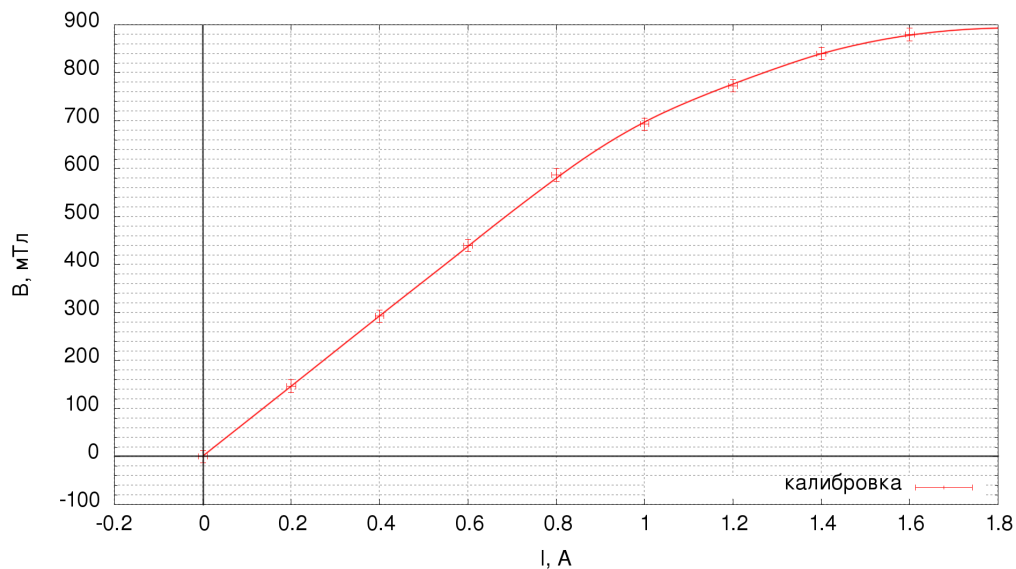
Метод, результаты и обработка

1-4

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 $NS = 75 \text{ см}^2$.

$I, \text{ A}$	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
$\Phi, \text{ мВб}$	1.10	2.20	3.30	4.40	5.20	5.80	6.30	6.60
$B, \text{ мТл}$	147	293	440	587	693	773	840	880

$$\Delta I = 0.005 \text{ A}, \Delta \Phi = 0.05 \text{ мВб}, \Delta B = 13 \text{ мТл}$$



5

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

$I, \text{ мА}$									
0.26	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	-1.00
$U_{34}, \text{ мкВ}$									
40	46	63	78	93	109	125	141	157	172
22	23	32	40	48	57	62	73	80	248
1	2	1	1	4	1	2	5	4	329
-16	-19	-25	-33	-39	-45	-51	-57	-65	405
-31	-37	-50	-63	-75	-89	-103	-113	-127	466
-45	-52	-70	-87	-104	-123	-141	-156	-175	520
-52	-61	-82	-104	-124	-125	-165	-185	-206	554
-58	-68	-91	-115	-137	-161	-183	-206	-228	580
-62	-72	-96	-122	-145	-170	-193	-217	-241	593

$$\Delta I = 0.01 \text{ мА}, \Delta U_{34} = 1 \text{ мкВ}$$

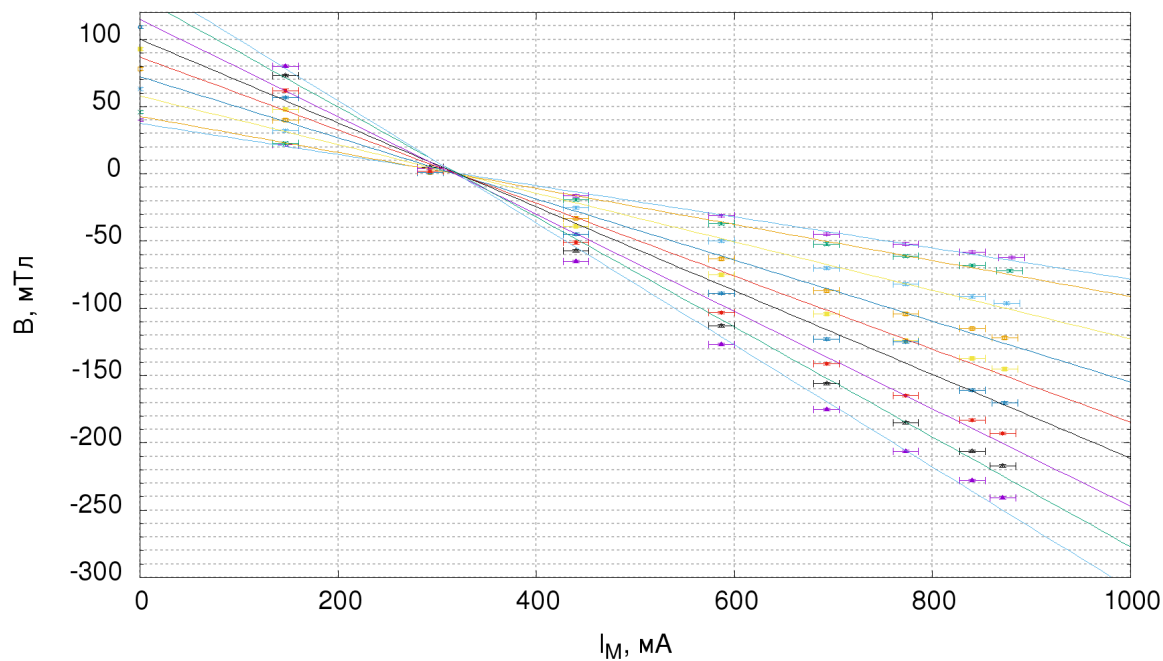
I_M, A									
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
1.60	1.59	1.57	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.54

$$\Delta I_M = 0.01 \text{ A}$$

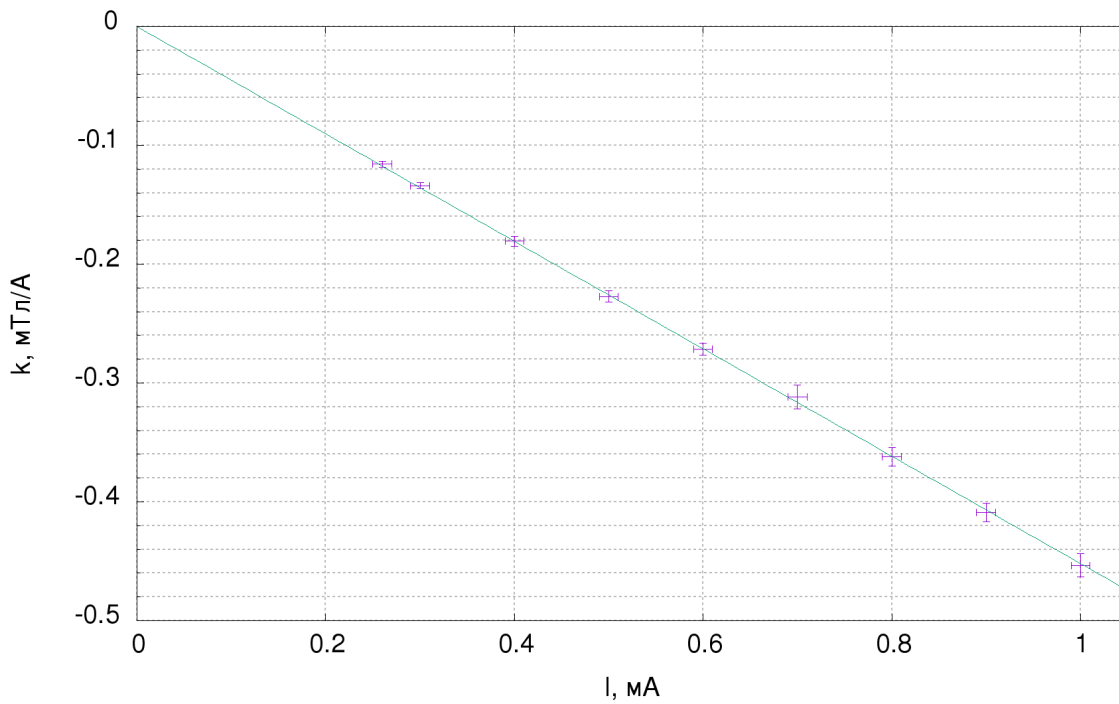
Пересчитаем значения поля В с помощью калибровочных данных.

$B, \text{мТл}$									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
293	293	293	293	293	293	293	293	293	293
440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
587	587	587	587	587	587	587	587	587	587
693	693	693	693	693	693	693	693	693	693
773	773	773	773	773	773	773	773	773	773
840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
880	878	875	873	873	873	871	871	871	869

$$\Delta B = 13 \text{ мТл}$$



Построим график $k = f(I)$, рассчитаем угловой коэффициент и по формуле $U_{34} = -R_x \cdot \frac{IB}{a}$ рассчитаем постоянную Холла R_X .



$I, \text{ мА}$	$k, \text{ мТл/А}$	$\Delta k, \text{ мТл/А}$
0.26	-0.115	0.003
0.30	-0.133	0.003
0.40	-0.180	0.004
0.50	-0.227	0.005
0.60	-0.271	0.005
0.70	-0.31	0.01
0.80	-0.361	0.008
0.90	-0.408	0.008
1.00	-0.45	0.01

$$\Delta I = 0.01 \text{ мА}$$

Из графика

$$\frac{Rx}{a} = (0.4519 \pm 0.0011) \frac{\text{м}^2}{\text{Кл}}.$$

В нашей установке $a = 2.2 \text{ мм}$.

$$Rx = (0.994 \pm 0.002) \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}.$$

Определим, что наши частицы движутся к клемме 4 образца. Зная направление магнитного поля в электромагните и тока через образец, мы определяем, что наши частицы заряжены отрицательно, т.е. являются электронами.

Теперь определим концентрацию электронов:

$$n = \frac{1}{Rx e} = (6.28 \pm 0.01) \cdot 10^{21} \frac{1}{\text{м}^3}$$

По формуле $\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al}$ рассчитаем удельную проводимость материала образца для максимального тока $I = 1,00 \pm 0,02 \text{ мА}$, напряжения $U_{35} = 552 \pm 1 \text{ мкВ}$ и $L_{35} = 6.0 \text{ мм}$, $a = 2.2 \text{ мм}$, $l = 7 \text{ мм}$:

$$\sigma = 706 \pm 15 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$

Подвижность электронов:

$$b = \frac{\sigma}{en} = (0.70 \pm 0.02) \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

Вывод

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