

Работа 3.3.4

Эффект Холла в полупроводниках

Работу выполнил Матренин Василий Б01-006

Цель работы: Измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках и проводниках.

В работе используются: Электромагнит с источником питания, амперметр, милливеберметр, реостат, источник питания, цифровой вольтметр, образцы легированного германия.

1 Экспериментальная установка

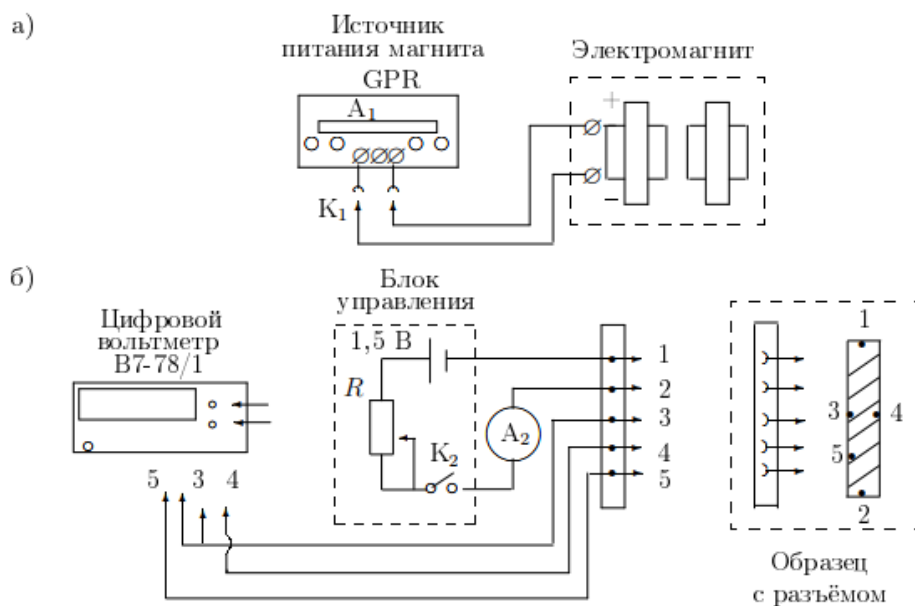


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Схема для измерения ЭДС Холла представлена на рисунке 1. В зазоре электромагнита создаётся постоянное магнитное поле, величину которого можно менять регуляторами источника питания электромагнита.

Образец из легированного германия, смонтированный в специальном держателе, подключается к источнику питания. При замыкании K_2 вдоль длинной стороны образца течёт ток, величина которого регулируется реостатом R и измеряется миллиамперметром. В образце, помещённом в зазор, возникает разность потенциалов U_{34} , которая измеряется с помощью цифрового вольтметра.

Влияние омического падения напряжения исключается измерением напряжения U_0 между 3 и 4 в отсутствие магнитного поля. По знаку $\mathcal{E} = U_{34} \pm U_0$ можно определить характер проводимости – электронный или дырочный, зная направление тока в образце и направление магнитного поля.

2 Теоретические сведения

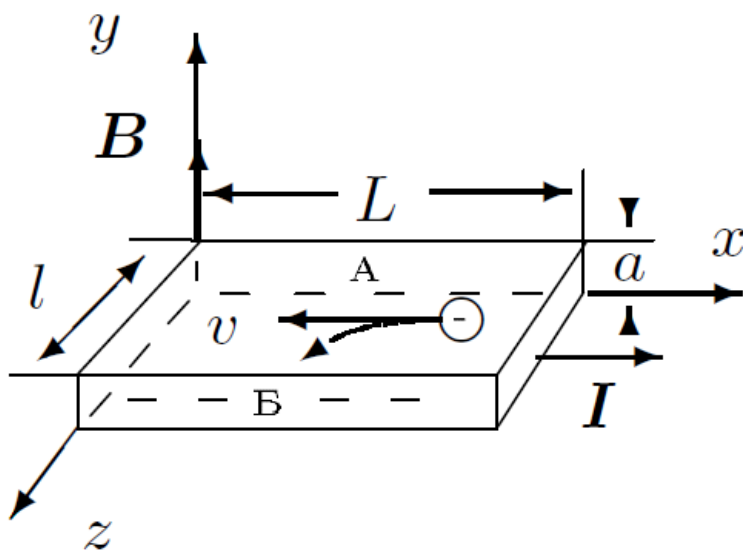


Рис. 2: Эффект Холла

На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Также на пластине с током, помещённой в магнитное поле, возникает разность потенциалов. В итоге, сила, действующая на электрон:

$$F_1 = -eE - e \langle v \rangle B \quad (1)$$

Под действием этой силы электроны отклоняются к грани Б, на грани А создаётся нескомпенсированный положительный заряд. Из-за разности потенциалов возникает электрическое поле, направленное от грани А к Б: $F_2 = eE_z$. Приравнявая F_1 и F_2 , найдём ЭДС Холла:

$$U_{ab} = -\frac{IB}{nea} = -R_x \frac{IB}{a} \quad (2)$$

Также в эксперименте проводится измерение удельной проводимости образца:

$$\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al} \quad (3)$$

Концентрация носителей тока в образце:

$$n = \frac{1}{R_x e} \quad (4)$$

Подвижность носителей тока:

$$b = \frac{\sigma}{en} \quad (5)$$

3 Ход работы

3.1 Зависимость В от тока через обмотку

Данные представлены в таблице 1.

I, А	0,58	0,74	0,90	1,07	1,23	1,40	1,55
U, мТл	608	750	880	972	1043	1088	1137

Таблица 1: $B(I)$.

3.2 ВАХ для германия

Данные представлены в таблице 2.

U, мкВ	327	673	1004	1178	1344	1501	1686
I, мА	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1

Таблица 2: ВАХ германия.

Полученная зависимость линейна. К-т наклона $k_{\text{ВАХ}} = 0,598 \pm 0,002 \frac{\text{А}}{\text{В}}$

Параметры образца: $L_{35} = 3,0$ мм; $l = 1,7$ мм; $a = 1,5$ мм.

Тогда удельная проводимость образца: $\sigma = \frac{IL_{35}}{U_{35}al} = 7,07 \pm 0,03 \frac{1}{\Omega \cdot \text{см}}$

3.3 Зависимость ЭДС Холла от В

Для нескольких значений тока снял зависимость ЭДС Холла от В.

В, мТл	U _х , мкВ	-U _х , мкВ	U _{ср} , мкВ
1137	515	-434	474
1088	506	-418	462
1043	483	-397	440
972	458	-370	415
880	416	-335	376
750	367	-287	327
608	300	-224	262

Таблица 3: ЭДС Холла от В для 1мА.

B, мТл	U _x , мкВ	-U _x , мкВ	U _{ср} , мкВ
1137	267	-222	245
1088	263	-200	232
1043	247	-192	221
972	235	-182	209
880	215	-163	190
750	188	-137	163
608	157	-106	132

Таблица 4: ЭДС Холла от B для 0,5мА.

B, мТл	U _x , мкВ	-U _x , мкВ	U _{ср} , мкВ
1137	133	-98	116
1088	131	-95	113
1043	128	-90	109
972	121	-84	103
880	111	-75	93
750	97	-62	80
608	82	-47	65

Таблица 3: ЭДС Холла от B для 0,25мА.

На рисунке 3 представлены графики для этих данных:

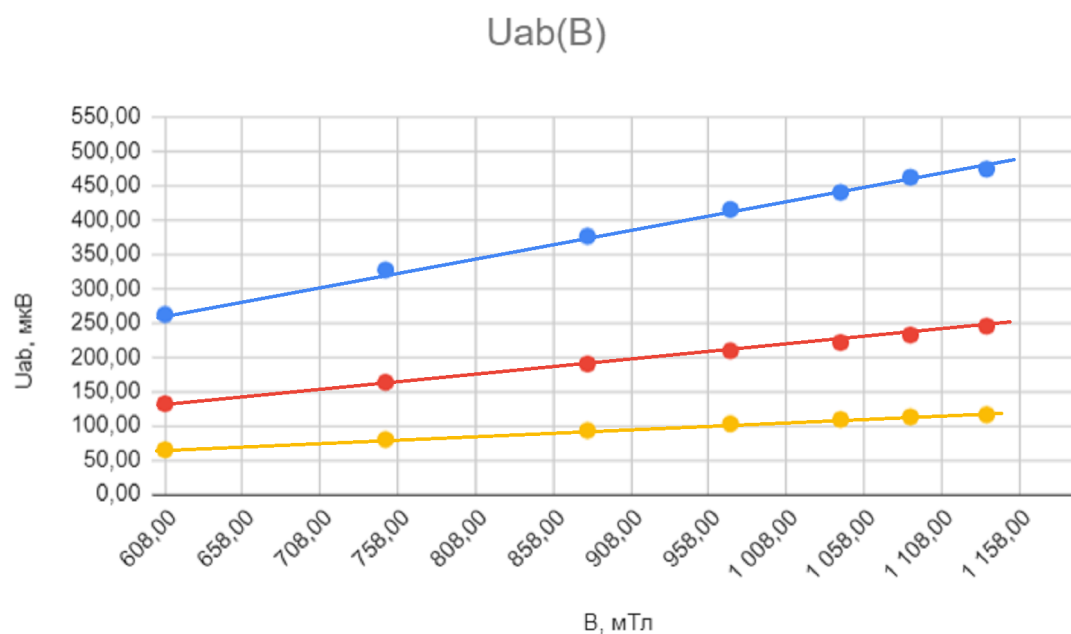


Рис. 3: $U_{ab}(B)$

3.4 Расчетные значения

Расчетные значения для к-та Холла:

$$R_1 = (54,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

$$R_2 = (55,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

$$R_3 = (55,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{Кл}}$$

Значения R_i совпали с высокой точностью.

Также рассчитал концентрацию носителей заряда в образце:

$$n = (1.1 \pm 0.1) \cdot 10^{22} \text{м}^{-3}$$

И подвижность носителей тока:

$$b = (3,76 \pm 0,1) \cdot 10^3 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

4 Вывод

В ходе данной лабораторной работы была снята зависимость ЭДС Холла от В. Данная зависимость оказалась линейной, что хорошо согласуется с теорией. Также по данной зависимости были рассчитаны к-т Холла, концентрация носителей заряда и подвижность носителей заряда. Значения для двух последних величин с высокой точностью совпали с табличными.