

3.3.4 Эффект Холла в проводниках

Александр Романов Б01-107

1 Введение

1.1 Цель работы

Измерение подвижности и концентрации носителей заряда в проводниках.

1.2 В работе используются

Электромагнит с регулируемым источником питания; вольтметр; амперметр; миллиамперметр; милливольметр; источник питания (1.5 V); Образец легированного германия.

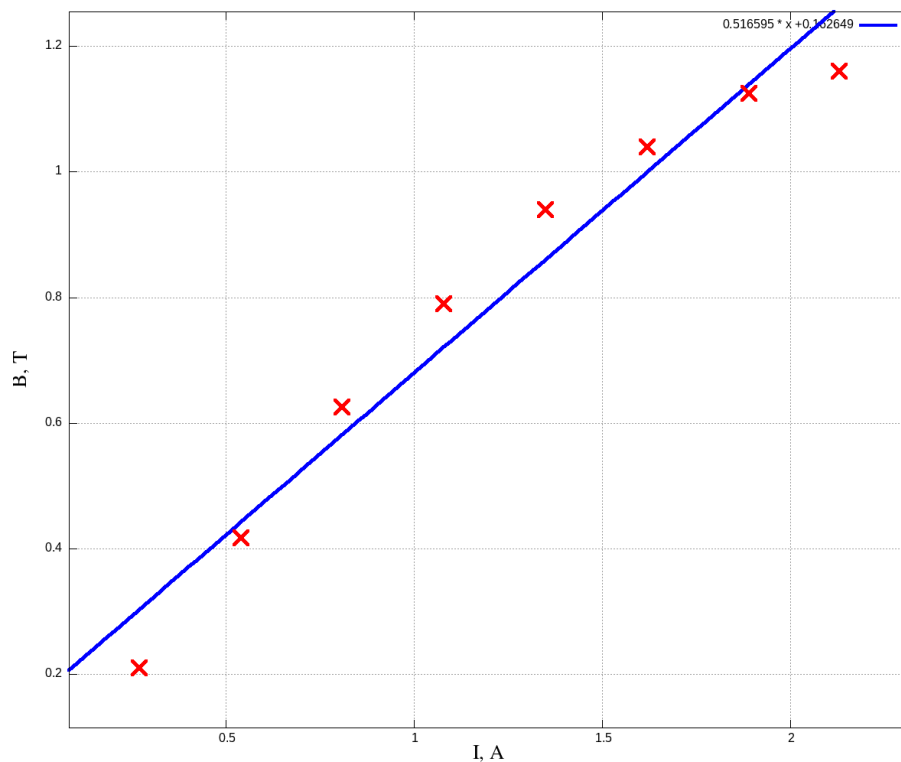
2 Работа

2.1 Подготовка приборов

Проверим, что ток через образец не превышает 1 мА.

Измерим калибровочную кривую электромагнита (Учитывая параметр милливольметра $S \cdot N = 72 \text{ см}^2$):

| I, A | B, T |
|------|-------|
| 0.27 | 0.21 |
| 0.54 | 0.42 |
| 0.81 | 0.625 |
| 1.08 | 0.79 |
| 1.35 | 0.94 |
| 1.62 | 1.04 |
| 1.89 | 1.125 |
| 2.13 | 1.16 |



Получим зависимость:

$$U = k \cdot I + b$$

$$k = (0.52 \pm 0.04) \text{ V/A}$$

$$b = (0.16 \pm 0.02) \text{ V}$$

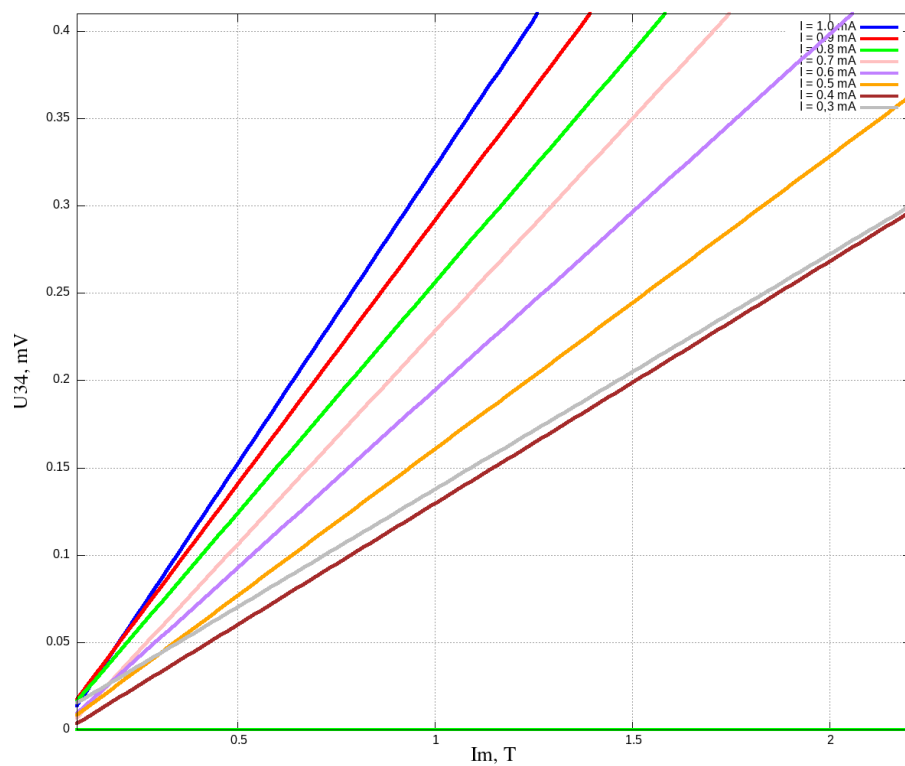
Вставим образец в зазор выключенного электромагнита и определим напряжение ($U_0 = -0.017 \text{ V}$) между Холловскими контактами при минимальном токе через образец ($I = 0.3 \text{ mA}$). Примем это значение за начало отсчёта напряжения.

2.2 Измерения ЭДС Холла

Снимем зависимость холловского напряжения U_{34} от тока электромагнита I_M для разных токов I через образец:

| I, mA | U0, mV | I _m , A | U34, mV | I, mA | U0, mV | I _m , A | U34, mV |
|-------|--------|--------------------|---------|-------|--------|--------------------|---------|
| 0.3 | -0.017 | 0.27 | -0.04 | 0.7 | -0.037 | 0.27 | 0.017 |
| | | 0.54 | -0.065 | | | 0.54 | 0.074 |
| | | 0.81 | -0.089 | | | 0.81 | 0.128 |
| | | 1.08 | -0.111 | | | 1.08 | 0.175 |
| | | 1.35 | -0.130 | | | 1.35 | 0.214 |
| | | 1.62 | -0.140 | | | 1.62 | 0.240 |
| | | 1.89 | -0.150 | | | 1.89 | 0.257 |
| | | 2.11 | -0.155 | | | 2.04 | 0.265 |
| 0.4 | -0.017 | 0.27 | 0.013 | 0.8 | -0.042 | 0.27 | 0.019 |
| | | 0.54 | 0.044 | | | 0.54 | 0.086 |
| | | 0.81 | 0.074 | | | 0.81 | 0.145 |
| | | 1.08 | 0.102 | | | 1.08 | 0.203 |
| | | 1.35 | 0.123 | | | 1.35 | 0.240 |
| | | 1.62 | 0.138 | | | 1.62 | 0.270 |
| | | 1.89 | 0.148 | | | 1.89 | 0.292 |
| | | 2.08 | 0.153 | | | 2.04 | 0.3 |
| 0.5 | -0.025 | 0.27 | 0.013 | 0.9 | -0.05 | 0.27 | 0.022 |
| | | 0.54 | 0.052 | | | 0.54 | 0.096 |
| | | 0.81 | 0.094 | | | 0.81 | 0.165 |
| | | 1.08 | 0.127 | | | 1.08 | 0.222 |
| | | 1.35 | 0.152 | | | 1.35 | 0.275 |
| | | 1.62 | 0.170 | | | 1.62 | 0.306 |
| | | 1.89 | 0.183 | | | 1.89 | 0.328 |
| | | 2.07 | 0.190 | | | 2.03 | 0.339 |
| 0.6 | -0.03 | 0.27 | 0.016 | 1 | -0.055 | 0.27 | 0.027 |
| | | 0.54 | 0.064 | | | 0.54 | 0.103 |
| | | 0.81 | 0.110 | | | 0.81 | 0.180 |
| | | 1.08 | 0.151 | | | 1.08 | 0.250 |
| | | 1.35 | 0.184 | | | 1.35 | 0.302 |
| | | 1.62 | 0.205 | | | 1.62 | 0.340 |
| | | 1.89 | 0.220 | | | 1.89 | 0.365 |
| | | 2.06 | 0.228 | | | 2.03 | 0.375 |

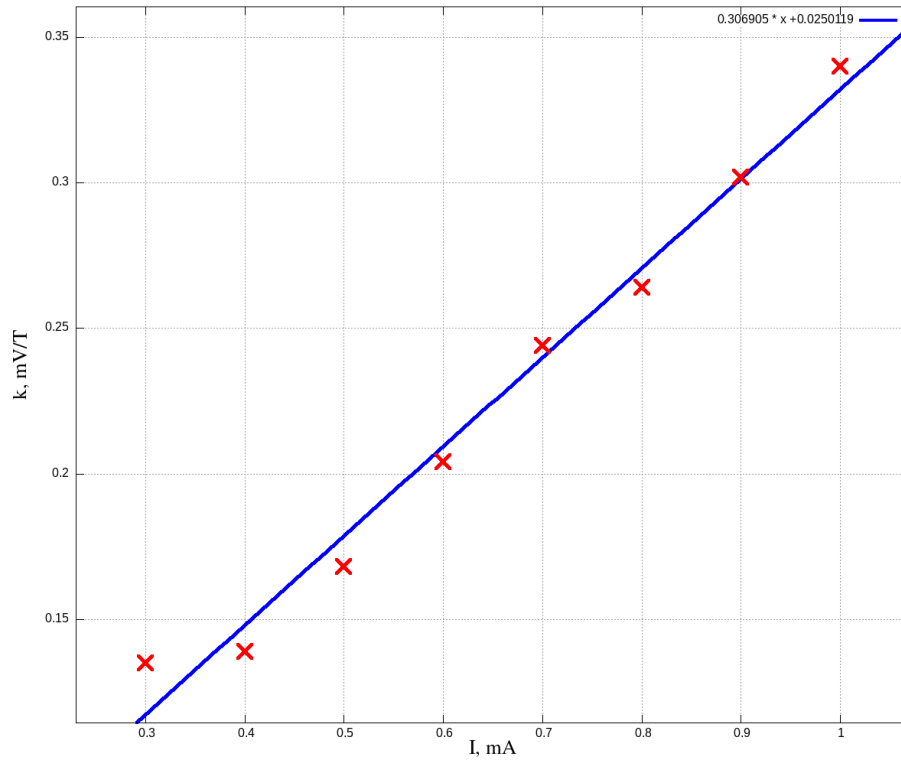
Изобразим все графики $U(B)$ на одном чертеже:



Угловые коэффициенты полученных прямых $U = k \cdot B + b$:

| I, mA | $k, mV/T$ |
|---------|-------------------|
| 0.3 | 0.135 ± 0.006 |
| 0.4 | 0.139 ± 0.007 |
| 0.5 | 0.168 ± 0.008 |
| 0.6 | 0.204 ± 0.01 |
| 0.7 | 0.244 ± 0.01 |
| 0.8 | 0.264 ± 0.007 |
| 0.9 | 0.302 ± 0.011 |
| 1.0 | 0.340 ± 0.015 |

Построим график $k(B)$:



Получилась зависимость $k = a \cdot I + b$, где

$$a = (0.31 \pm 0.014) \frac{V}{T \cdot A}$$

$$b = (0.025 \pm 0.003) \text{ mV/T}$$

Отсюда по формуле:

$$a = \frac{U_{34}}{B \cdot I} = \frac{R_H}{h}$$

Можно вычислить величину постоянной Холла (Учитывая $h = 1.5 \text{ mm}$):

$$R_H = a \cdot h = (0.47 \pm 0.02) 10^{-3} \frac{V \cdot m}{T \cdot A}$$

Тогда отсюда согласно формуле

$$R_H = \frac{1}{n \cdot e}$$

Получим значение концентрации n свободных носителей заряда в образце:

$$n = (1.33 \pm 0.31) 10^{-22} \text{ m}^{-3}$$

Расчитаем теперь Удельную проводимость образца. По формуле:

$$\sigma = \frac{I \cdot L_{35}}{U_{35}al}$$

Взяв измеренные значения ($I = 1.0 \text{ mA}$, $U_{35} = 1.681 \text{ mV}$) и учтя параметры образца ($L_{35} = 3.0 \text{ mm}$, $h = 1.5 \text{ mm}$, $l = 1.7 \text{ mm}$) получим:

$$\sigma = (699.8 \pm 81) (\Omega \cdot m)$$

Расчитаем подвижность носителей заряда по формуле:

$$b = \frac{\sigma}{en} = \sigma \cdot R_H = (3285 \pm 395) \frac{cm^2}{V \cdot s}$$

3 Выводы