

Лабораторная работа № 3.3.6  
Влияние магнитного поля на проводимость  
полупроводников

Струков О. И.  
Б04-404

**Цель работы:** измерение зависимости сопротивления полупроводниковых образцов различной формы от индукции магнитного поля.

**В работе используются:** электромагнит, миллитесламетр (на основе датчика Холла), вольтметр, амперметр, миллиамперметр, реостат, образцы монокристаллического антимонида индия (InSb) n-типа.

## Теоретическая часть

В работе исследуется эффект зависимости сопротивления проводника от магнитного поля на примере диска Корбино.

При отсутствии магнитного поля, направленного перпендикулярно плоскости диска, по диску течёт ток, определяемый по закону

$$I = \frac{U}{R_0}, \quad R_0 = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\sigma_0 2\pi r h}$$

Однако при включении магнитного поля индукции  $B$  на частицы-переносчики тока начинает действовать сила Лоренца, из-за чего траектория частиц увеличивается в расстоянии, проходимом между двумя точками с фиксированной разницей потенциалов  $U$ .

В этом случае проводимость равна

$$\sigma_r = \frac{\sigma_0}{1 + (\mu B)^2}$$

Закон Ома преобразовывается в следующий вид:

$$I = \frac{U}{R}, \quad R = R_0(1 + (\mu B)^2)$$

Таким образом, зависимость  $I(U)$  поменялась из-за геометрических особенностей диска Корбино. Такой эффект называют геометрическим магнетосопротивлением.

Отсюда можно выразить подвижность носителей заряда:

$$k = \frac{R}{B^2} = R_0 \mu^2 \quad \Rightarrow \quad \mu = \sqrt{\frac{k}{R_0}}$$

где  $k$  – угловой коэффициент зависимости  $R(B^2)$ ,  $R_0$  – сопротивление при  $B = 0$ .

## Экспериментальная установка

Зависимость  $R(B)$  исследуется следующим образом:

1. Производится калибровка электромагнита: находится зависимость индукции создаваемого магнитного поля от тока в контуре электродвигателя  $B(I_m)$ , который регистрируется амперметром  $A_1$ , чтобы в дальнейшем считать величину магнитного поля с помощью тока в контуре  $I_m$ .
2. При постоянной силе тока  $I_0$ , которая настраивается с помощью сопротивления реостата в контуре с источником питания, меняется величина индукции магнитного поля, тем самым меняется напряжение  $U$ , подаваемое на диск Корбино. Исследуется зависимость  $R(B)$  через калибровочную кривую и зависимость  $U(I_m)$ .

3. Проводится тот же самый опыт с прямоугольной пластинкой с исследованием зависимости её сопротивления  $R(B)$ .

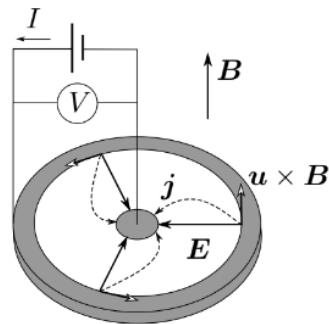


Рис. 1: Диск Корбино

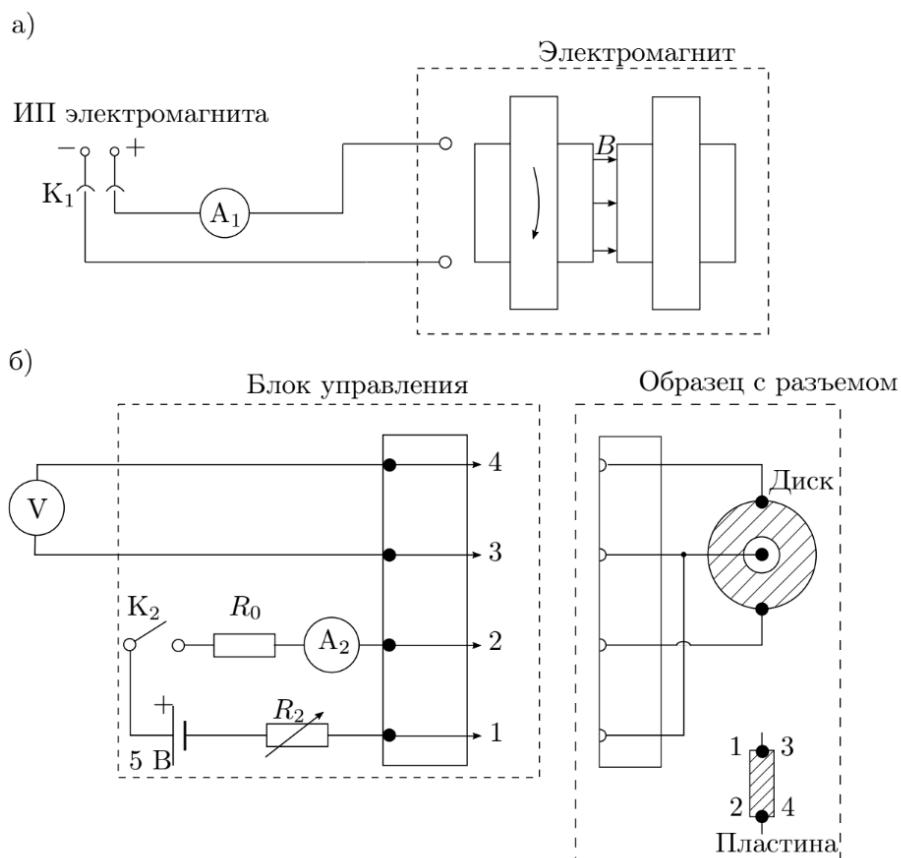


Рис. 2: Схемы экспериментальных установок

## Ход работы

1. Были проведена калибровка электромагнита и получена зависимость  $B(I)$ , которую в рассматриваемом диапазоне значений силы тока можно аппроксимировать квадратичной функцией  $B = 11,5 + 1550I - 1560I^2$  (размерность  $I$  – А,  $B$  – мТл). Экспериментальные представлены в таблице, зависимость изображена на графике.

I, A	B, mT
(0,00 ± 0,01)	(11,5 ± 0,1)
(0,08 ± 0,01)	(120,3 ± 0,1)
(0,11 ± 0,01)	(151,8 ± 0,1)
(0,16 ± 0,01)	(222,4 ± 0,1)
(0,23 ± 0,01)	(288 ± 1)
(0,29 ± 0,01)	(340 ± 1)
(0,38 ± 0,01)	(368 ± 1)

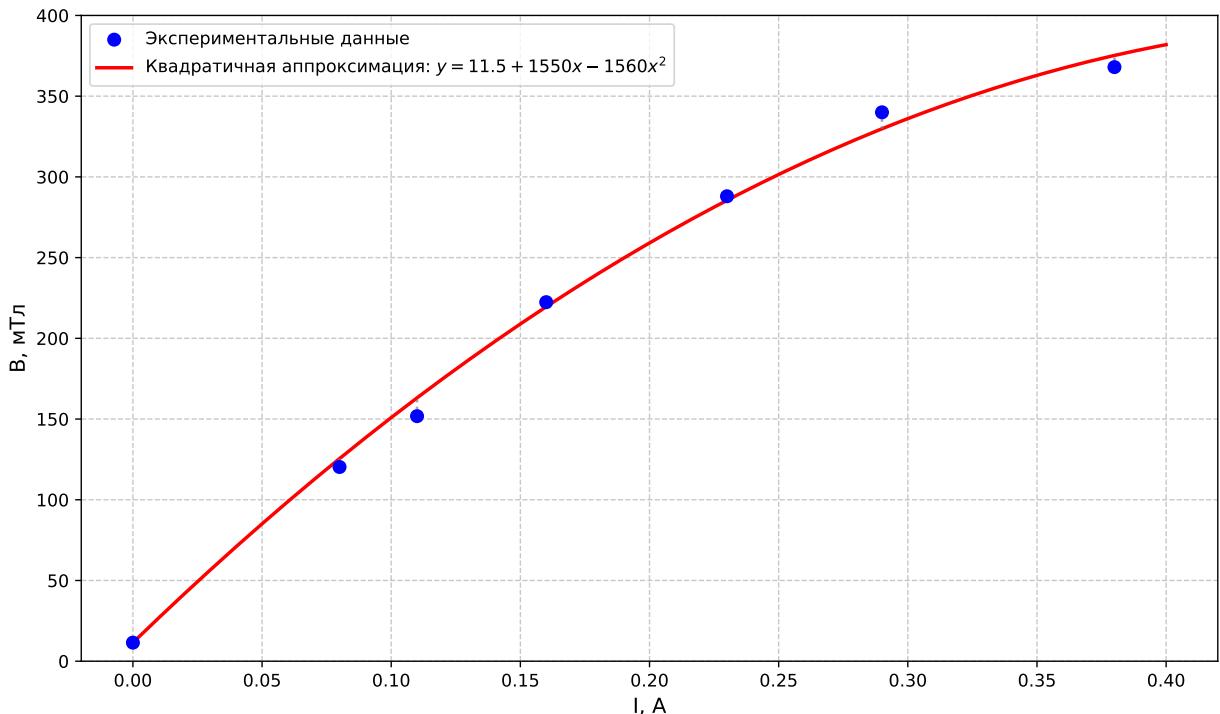


Рис. 3: Зависимость  $B = f(I)$ .

- Проведено исследование магнетосопротивления образцов. Для этого сначала была измерена зависимость напряжения на образце от силы тока в электромагните, откуда затем была выражена зависимость  $R = f(B^2)$ . Результаты исследования с диском Карбино и пластиной, расположенной в первом случае вдоль, а во втором поперёк поля представлены на графике.

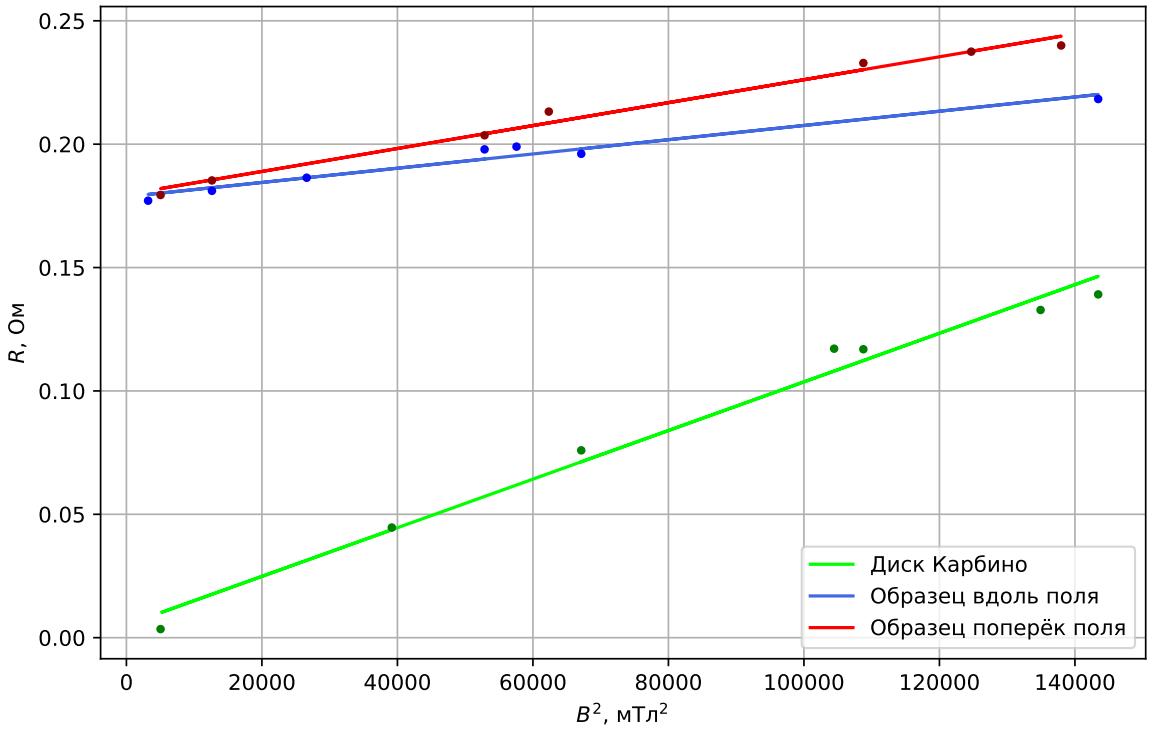


Рис. 4: Зависимость  $R = f(B^2)$ .

3. Определены угловые коэффициенты наклона прямых  $k_1$  – для диска Карбино,  $k_2$  – для образца вдоль поля,  $k_3$  – для образца поперёк поля, и из них определена подвижность носителей заряда:

$k_1$	$k_2$	$k_3$
$(0, 99 \pm 0, 09) \text{ Ом/Тл}^2$	$(0, 29 \pm 0, 04) \text{ Ом/Тл}^2$	$(0, 46 \pm 0, 06) \text{ Ом/Тл}^2$

$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$
$(5, 35 \pm 0, 4) \text{ м}^2/(\text{B} \cdot \text{с})$	$(1, 28 \pm 0, 2) \text{ м}^2/(\text{B} \cdot \text{с})$	$(2, 6 \pm 0, 4) \text{ м}^2/(\text{B} \cdot \text{с})$

4. По известным параметрам диска Карбино вычислено его удельное сопротивление:

$$\rho = R_0 \cdot \frac{2\pi h}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}$$

Больший диам. D	Меньший диам. d	Высота h	Сопр. $R_0$	Удельное сопр. $\rho$
18 мм	3 мм	1,8 мм	$(0, 034 \pm 0, 02) \text{ Ом}$	$(2, 2 \pm 0, 1) \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

5. Через полученное удельное сопротивление можно выразить концентрацию носителей заряда:

$$n = \frac{1}{\rho e \mu} = (5, 4 \pm 0, 4) \text{ м}^{-3}$$

## **Выход**

В результате выполнения работы была проведена калибровка электромагнита, исследована зависимость сопротивления образцов от магнитного поля и найдена концентрация носителей заряда в диске Карбино. Табличное значение подвижности носителей заряда в антимониде индия составляет  $7,7 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ , что близко к полученному значению, однако не входит в рамки оценённой погрешности. Концентрация носителей заряда равна  $1,6 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ , это примерно в три раза больше полученного значения.