

МОСКОВСКИЙ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.3.4

---

## Эффект Холла в полупроводниках

---

Студент

Преподаватель

\_\_\_\_\_

(имя)

\_\_\_\_\_

(фамилия)

\_\_\_\_\_

(имя)

\_\_\_\_\_

(отчество)

\_\_\_\_\_ группа

\_\_\_\_\_

(фамилия)



\_\_\_\_\_

(дата)

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

**В работе используются:** *электромагнит с источником питания, амперметр, миллиамперметр, милливольтметр, реостат, цифровой вольтметр, источник питания, образцы легированного германия.*

## 1. Теоретическая часть

**Дырки** Эффект Холла, возникающий в проводниках, происходит из-за наличия некоторого количества свободных электронов в зоне проводимости и такого же количества дырок в валентной зоне. Чтобы понять причину образования дырок, нужно рассмотреть дырочную проводимость.

Дырочную проводимость можно объяснить при помощи следующей аналогии: если представить ряд людей, сидящих в аудитории, где нет запасных стульев. Когда кто-нибудь из середины ряда хочет уйти, он перелезает через спинку стула в пустой ряд и уходит. Здесь пустой ряд — аналог зоны проводимости, а ушедшего человека можно сравнить со свободным электроном. Теперь представим, что ещё кто-то пришёл и хочет сесть. Из пустого ряда плохо видно, поэтому там он не садится. Вместо этого человек, сидящий возле свободного стула, пересаживается на него, вслед за ним это повторяют и все его соседи. Таким образом, пустое место как бы двигается к краю ряда. Когда это место окажется рядом с новым зрителем, он сможет сесть. В этом процессе каждый сидящий передвинулся вдоль ряда. Если бы зрители обладали отрицательным зарядом, такое движение было бы *электрической проводимостью*. Если вдобавок стулья заряжены положительно, то ненулевым суммарным зарядом будет обладать только свободное место. Это простая модель, показывающая как работает *дырочная проводимость*. Однако на самом деле, из-за свойств кристаллической решётки, дырка не локализована в определённом месте, как описано выше, а размазана по области размером во много сотен элементарных ячеек.

**Эффект Холла** Магнитного поле в проводнике действует на свободные электроны в зоне проводимости, поэтому между гранями наблюдается добавочная разность потенциалов, связанная с силой Лоренца.

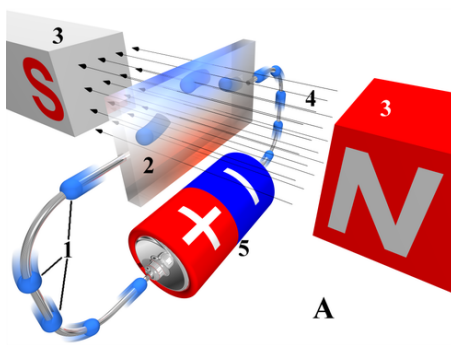


Рис. 1: Пример действия эффекта Холла на свободные заряды

$$\mathbf{F}_\text{Л} = -e\mathbf{E} - e\langle \mathbf{v} \rangle \times \mathbf{B},$$

где  $e$  - абсолютная величина заряда электрона,  $\mathbf{B}$  - индукция магнитного поля,  $\mathbf{E}$  - напряженность электрического поля,  $\langle \mathbf{v} \rangle$  - средняя скорость заряда.

Из этого выражения получим разность потенциалов между двумя гранями:

$$U = -E_z l = -|\langle v \rangle| B l \quad (1)$$

С этой возникшей разностью потенциалов и связан Эффект Холла.

Далее, если выразить ток:

$$I = ne|\langle v \rangle| la$$

И совместить его с (1), получим ЭДС Холла:

$$\mathcal{E}_x = U = -\frac{IB}{nea} = -R_x \cdot \frac{IB}{a}, \quad (2)$$

где  $R_x = \frac{1}{ne}$  называется *постоянной Холла*.

## 2. Установка и параметры измерения

Параметры установки:

$$a =$$

$$L_{35} =$$

$$l =$$

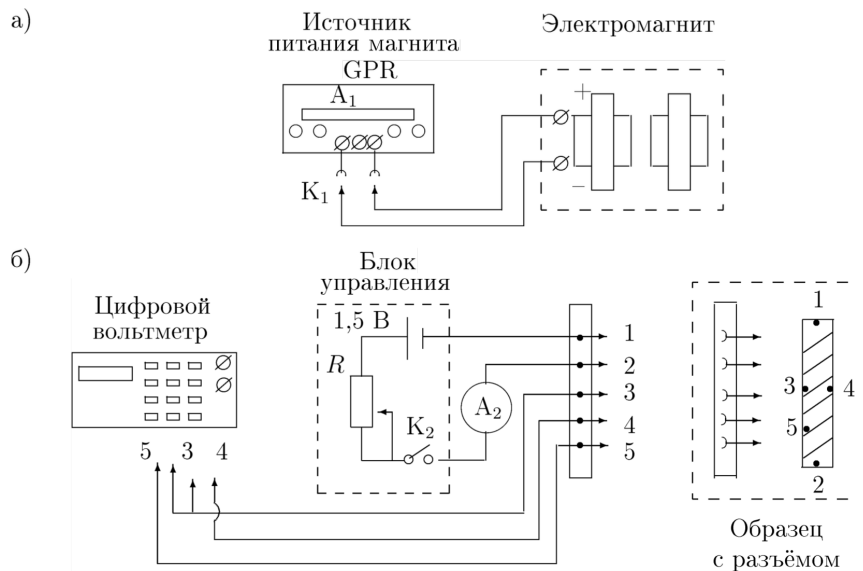


Рис. 2: Схема установки для измерения эффекта Холла в полупроводниках

с помощью изменения направления магнитного поля: в одном случае  $U_{34} = U_0 - \mathcal{E}_x$ , в другом  $U_{34} = \mathcal{E}_x - U_0$ . Тогда с помощью полуразности избавимся от  $U_0$  в наших измерениях.

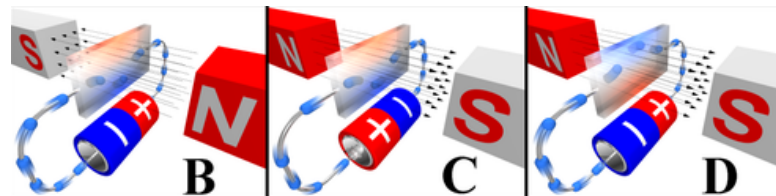


Рис. 3: Эффект Холла при различных направлениях магнитного поля и тока через образец

### 3. Обработка результатов

**Калибровка установки** Во время проведения работы мы сняли зависимость магнитного потока  $\Phi$  от силы тока  $I$ , также нам известно, что  $\Phi = BSN$ , где  $SN = 75 \text{ см}^2 \cdot \text{вит}$ .

Таблица 1: Данные для калибровки установки

$I$ , мА								
$\Phi$ , мВб								
$B$ , Тл								

С помощью МНК вычислим зависимость,  $B =$

В нашей установке вдоль длинной стороны образца будет течь ток, величина которого регулируется реостатом  $R_2$ . Так как он помещен в электромагнит, между точками 3 и 4 будет возникать разность потенциалов  $U_{34}$ , которую мы будем измерять.

Однако между точками 3 и 4 будет возникать некоторое дополнительное падение напряжения  $U_0$ , так как эти точки оказываются не на одной эквипотенциали. Исключить это влияние можно

Таблица 2: Зависимость ЭДС Холла от магнитного поля

$I$ , мА	$U_0$ , мВ	$I_M$ , мА								
		$B$ , Тл								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								
		$U$ , мВ								
		$\mathcal{E}_x$ , мВ								

Место для графика

Рис. 4: Калибровка установки

Проанализируем полученные данные с помощью МНК. Отообразим их в таблице 3:

Таблица 3: Зависимость углового коэффициента от силы тока

$I$ , мА								
$k$ , мВ · Тл/мА								
$\sigma_k$ мВ · Тл/мА								
$\sigma_I$ , мА								

Также изобразим эти данные на графике (рис. 6). Опять же с помощью МНК получаем, что

$$K =$$

Из формулы (2) посчитаем постоянную Холла:

$$R_x =$$

Место для графика

Рис. 5: График зависимости  $\mathcal{E}_x = f(B)$  для разных  $I$

## Место для графика

Рис. 6: График зависимости углового коэффициента от силы тока

Определим концентрацию носителей заряда:  $n =$

Вычислим удельную проводимость материала с помощью  $U_{35} =$  :

$$\sigma =$$

Рассчитаем подвижность электрона:

$$b =$$

$$\Delta b =$$

## 4. Вывод

---

---

---

---

---

---

---

---

---