

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКА  
С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА ХОЛЛА**

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

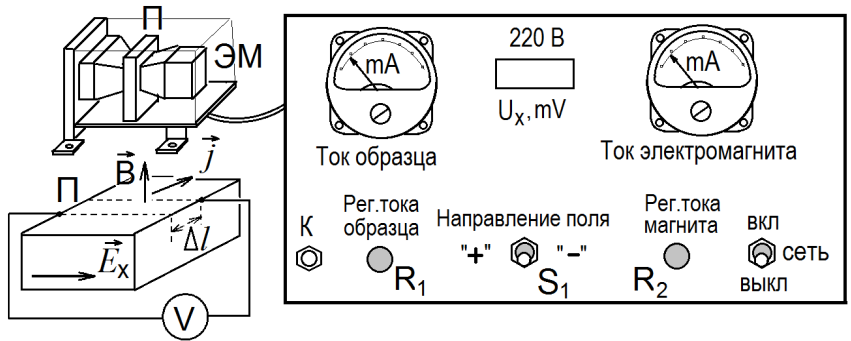
Подпись преподавателя \_\_\_\_\_  
(обязательна после окончания эксперимента)

дата \_\_\_\_\_

**Цель работы:** измерить холловскую разность потенциалов и вычислить постоянную Холла, концентрацию носителей заряда и их подвижность в исследуемом полупроводнике.

Описание установки

Полупроводниковый образец П расположен между полюсами электромагнита ЭМ. Ток электромагнита  $I_{\text{магн}}$ , регулируемый потенциометром  $R_2$ , создаёт поперечное магнитное поле с индукцией  $B$ , которую можно определить по градуировочному графику на лабораторной установке. При пропускании по образцу тока  $j$ , регулируемого потенциометром  $R_1$ , в образце возникает поперечная холловская разность потенциалов  $U_x$  (поле с напряженностью  $E_x$ ). Чтобы избежать неточности измерения  $U_x$ , вызванного смещением контактов измерителя на расстояние  $\Delta l$ , измерения производят при разных направлениях магнитного поля, которое меняют тумблером  $S_1$ . Результат измерения  $U_x$  виден в окошке на панели установки **при нажатой кнопке К**.



Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с установкой для исследования полупроводника. Электромагнит перед размещением образца проградуирован для определенного межполюсного зазора, поэтому **категорически запрещается крутить винты крепления полюсных наконечников электромагнита**.

2. Поставьте на пульте управления тумблер направления поля  $S_1$  в положение «+», а ручки «Ток образца» и «Ток электромагнита» в крайнее положение против часовой стрелки.

3. Вставьте шнур питания в розетку «220 В» и тумблером «Сеть» включите источник питания. При этом на пульте должна загореться сигнальная лампа.

4. Ручкой «Ток образца» настроить ток  $I_{\text{обр}} = 40$  мА, а ручкой «Ток электромагнита» –  $I_{\text{магн}} = 50$  мА.

5. Записать значение поперечного напряжения  $U_1$  на контактах образца, появляющееся в окошке измерителя в таблицу (все значения  $U_1$  соответствуют знаку «+» переключателя  $S_1$ ).

6. Изменить направление магнитного поля в зазоре электромагнита, поставив тумблер  $S_1$  в положение «-». Записать измеренное  $U_2$  в таблицу (все значения  $U_2$  соответствуют знаку «-» переключателя  $S_1$ ).

7. Аналогичные измерения выполнить при токах электромагнита  $I_{\text{магн}} = 100, 150, 200$  и  $250$  мА. При этом потенциометром  $R_1$  всё время поддерживать величину тока в образце  $I_{\text{обр}} = 40$  мА (использовать рекомендуемые значения  $I_{\text{обр}}$  и  $I_{\text{магн}}$ , приведенные на установке).

8. Для всех значений тока  $I_{\text{магн}}$  по градуировочному графику на лабораторной установке найти значения магнитной индукции  $B$  в зазоре электромагнита, а по формуле  $U_x = \frac{U_1 - U_2}{2}$  вычислить напряжение Холла  $U_x$ . Значения  $U_x$  и  $B$  занести в таблицу. Построить график зависимости  $U_x = f(B)$ .

9. По формуле  $R_x = \frac{U_x a}{I_{\text{обр}} B}$  вычислить постоянную

Холла для различных значений  $B$  и найти ее среднее значение  $\langle R_x \rangle$  (размер  $a$  образца указан на градуировочном графике).

10. По формуле  $n = \frac{3\pi}{8e\langle R_x \rangle}$ , где  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,

вычислить концентрацию носителей заряда в полупроводниковом образце.

11. По формуле  $\mu = \frac{3\pi}{8}\sigma\langle R_x \rangle$  вычислить подвижность носителей заряда (значение удельной проводимости  $\sigma$  указано на градуировочном графике). Все результаты вычислений занести в таблицу.

$I_{\text{обр}} =$             мА;     $a =$             м;     $\sigma =$             Ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup>.

Таблица

$I_{\text{магн}}, \text{мА}$	$B, \text{Тл}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_x, \text{В}$	$R_x, \text{м}^3/\text{Кл}$	$\langle R_x \rangle, \text{м}^3/\text{Кл}$	$n, \text{м}^{-3}$	$\mu, \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$

#### Контрольные вопросы к лабораторной работе № 45

- В чем заключается эффект Холла?
- Объясните механизм возникновения разности потенциалов Холла.
- Сделайте и объясните вывод формулы  $U_x = R_x \frac{IB}{a}$  для холловской разности потенциалов, где  $I$  – ток, текущий по образцу..
- Возникнет ли эффект Холла в собственном полупроводнике, в котором концентрации электронов и дырок, а также их дрейфовые скорости одинаковы? Почему в работе исследуется примесный полупроводник?
- Каким образом с помощью эффекта Холла можно определить тип примесного полупроводника?
- Что называется подвижностью свободных носителей заряда?
- В какой среде подвижность электронов больше – в металле или в полупроводнике  $n$ -типа и почему?
- Приведите формулы для вычисления постоянной Холла в металле и в полупроводнике. Почему эти формулы различны? В какой среде постоянная Холла больше?
- Проделайте и объясните вывод формулы  $\mu = \frac{3\pi}{8}\sigma\langle R_x \rangle$  для подвижности носителей заряда.
- Изменится ли подвижность носителей заряда в исследуемом полупроводнике, если увеличить напряженность стороннего магнитного поля?
- Почему для того, чтобы измерить холловскую разность потенциалов приходится делать два измерения с разным направлением магнитного поля?
- Почему в работе холловская разность потенциалов вычисляется по формуле  $U_x = \frac{U_1 - U_2}{2}$ ?

Теоретические сведения к данной работе можно найти в учебных пособиях:

- Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. : Т. 2 §45; Т. 3 §43.
- Колмаков Ю. Н., Левин Д.М., Семин В.А. Основы физики конденсированных сред и физики микромира: Ч.1, - изд. ТулГУ. 2014, гл.5 §5.2.