

Работа 19

Лабораторная работа «Исследование эффекта Холла в полупроводнике»

Цель работы: изучение действия магнитного поля на движущиеся заряды в полупроводнике, с электронным типом проводимости, определение постоянной Холла, концентрации и подвижности носителей заряда.

Приборы и принадлежности:

Установка для исследования эффекта Холла (Рис.1) включает:

- датчик Холла $ДХ$, выполненный в виде пленки, напыленной на подложку из диэлектрика с четырьмя электродами для подведения электрического тока и измерения разности потенциалов Холла;
- электромагнит $ЭМ$ – состоящий из соосной системы двух круговых катушек с током, расположенных на сердечнике из магнитомягкого материала;
- источников питания $E1$ и $E2$;
- потенциометр $R1$ «Ток $ДХ$ », регулирующий ток I_1 через $ДХ$;
- потенциометр $R2$ «Ток $ЭМ$ », регулирующий ток I_2 через электромагнит $ЭМ$;
- миллиамперметр mA , измеряющий ток I_1 через $ДХ$;
- вольтметр $V2$, измеряющий падение напряжения на резисторе R . Поскольку сопротивление $R = 10\text{ м}$ – значение напряжения U_2 численно равно I_2 ;
- операционный усилитель $ОУ$ с коэффициентом усиления k ;
- вольтметр $V1$, измеряющий напряжение U_1 на выходе $ОУ$, пропорциональное ЭДС на выходе датчика Холла U_x .

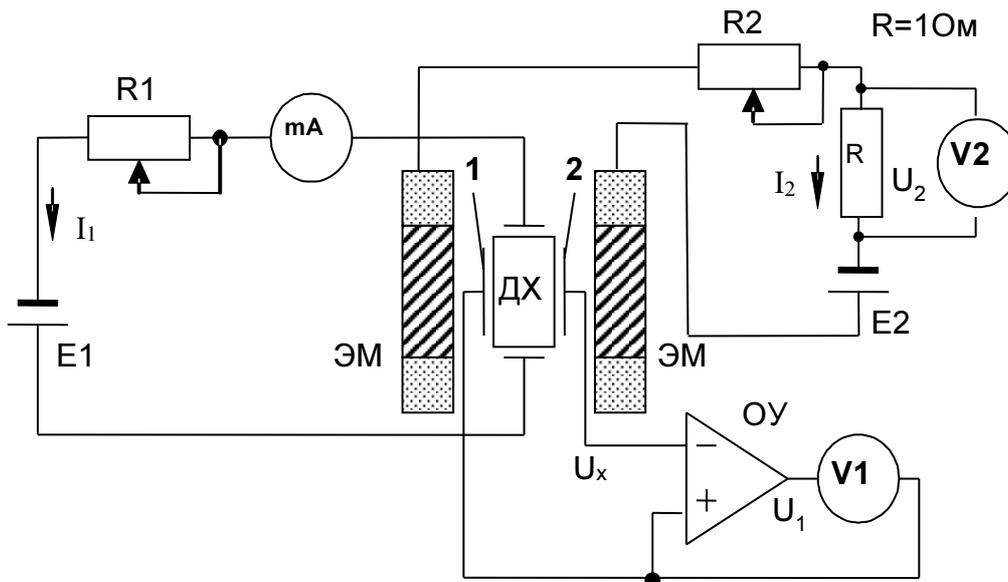


Рис.1

Исследуемые закономерности

Эффект Холла. Если вдоль пластины полупроводника (Рис 8.1 а, б), помещенной в магнитное поле, перпендикулярное вектору плотности тока, а, следовательно, и средней скорости направленного движения заряженных частиц, то на заряженную частицу, движущуюся со средней скоростью $\langle v \rangle$, будет действовать сила Лоренца

$$\vec{F} = e\langle \vec{v} \rangle \times \vec{B}$$

в направлении, перпендикулярном вектору плотности тока. В результате между гранями с электродами 1 и 2 появится поперечное электрическое поле. (эффект Холла).

$$E_x = \frac{F}{e} = \langle v \rangle B \quad (1)$$

Между электродами 1,2 создается разность потенциалов Холла.

$$U_x = E_x b \quad (2)$$

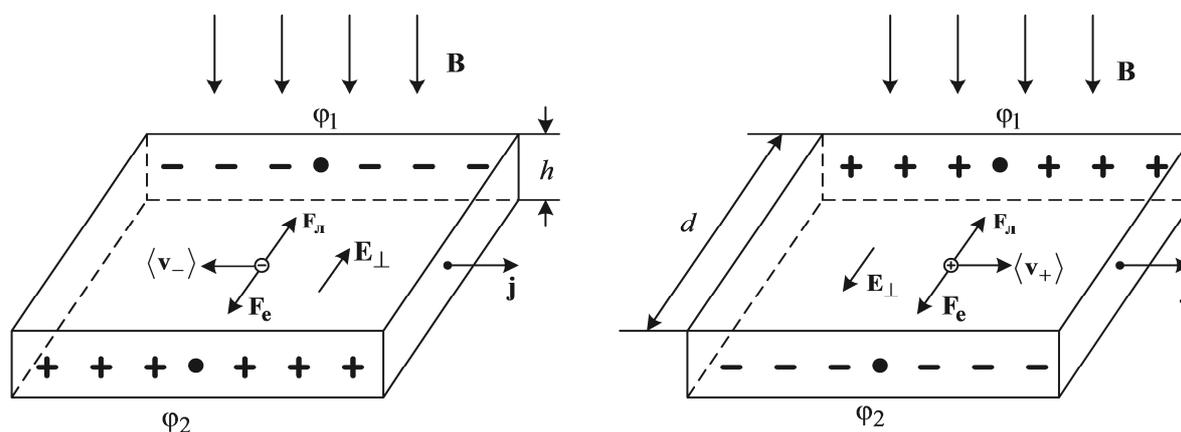


Рис 8.1

При этом знак разности потенциалов определяет тип носителей заряда в материале полупроводника. В используемом датчике Холла носителями заряда являются электроны. Учитывая, что сила тока

$$I = nbe \langle v \rangle d \quad (3)$$

n – концентрация носителей тока в полупроводнике, и решая совместно (1), (2) и (3), получим

$$U_x = \frac{1}{ne} \frac{IB}{d} = R \frac{IB}{d}$$

где константа

$$R = \frac{1}{ne} \quad (5)$$

называется постоянной Холла.

Определив величину R , можно с помощью (5) найти концентрацию носителей заряда n , а по знаку U_x установить тип проводимости полупроводника – электронный или дырочный.

Зная удельную электропроводность полупроводника σ , можно найти подвижность носителей тока. Действительно, плотность тока

$$j = ne \langle v \rangle = ne \mu E$$

где E – продольная составляющая электрического поля. Таким образом,

$$\sigma = \frac{j}{E} = ne \mu,$$

следовательно

$$\mu = R \sigma \quad (6)$$

Магнитное поле ЭМ в центре симметрии определяется по формуле

$$B = B_n + a \times I_2 \quad (7)$$

где, B_n – начальная индукция магнитного поля сердечника электромагнита, I_2 – сила тока (А), a – коэффициент пропорциональности в диапазоне изменения силы тока в электромагните от 0,1А до 1А. Необходимые параметры для расчетов указаны на панели установки.

Задание по подготовке к работе

При подготовке к работе учащийся должен:

- 1) изучить описание работы и продумать ответы на контрольные вопросы;
- 2) подготовить общую часть отчета по лабораторной работе, содержащую титульный лист, краткое описание исследуемых закономерностей, задачи эксперимента, описание (схема или эскиз) лабораторной

установки и методики проведения эксперимента;

3) подготовить протокол наблюдений с соответствующими таблицами.

Указания по проведению наблюдений

1. На мультиметрах установите следующие пределы измерений:

U_1 - «20VDC»; «Ток ДХ»- «200 mADC»; «Ток ЭМ» - «20VDC».

2. Потенциометр R1 «Ток ДХ» выведите в крайнее левое положение.

3. Потенциометр R2 «Ток ЭМ» выведите в крайнее левое положение.

4. Включите установку. При этом включаются источники питания **E1, E2**.

5. Снимите зависимость $U_1 = f(I_2)$ при не менее чем 7 значениях тока I_2 , изменяемого потенциометром R2.

Значения тока I_2 в амперах соответствуют показаниям вольтметра V_2 , так как сопротивление **R** равно 1 Ом.

6. Повторите измерения по п.5 для 5 значений тока I_1 , устанавливая его потенциометром R1 в диапазоне от **2 мА до 10 мА**.

Задание по обработке результатов

1. Рассчитайте значения U_x по формуле $U_x = U_1/k$, где **k** – коэффициент усиления операционного усилителя. Вычислите значение индукции магнитного поля **B** по формуле 7.

2. Постройте семейство зависимостей $U_x = f(B)$ для разных токов I_1 , откладывая по оси ординат- U_x в вольтах, а по оси абсцисс – **B** в Теслах.

3. По величинам угловых коэффициентов полученных прямых рассчитайте среднее значение и доверительную погрешность постоянной Холла **R**.

4. Вычислите концентрацию n носителей тока в полупроводнике и их подвижность μ .