

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

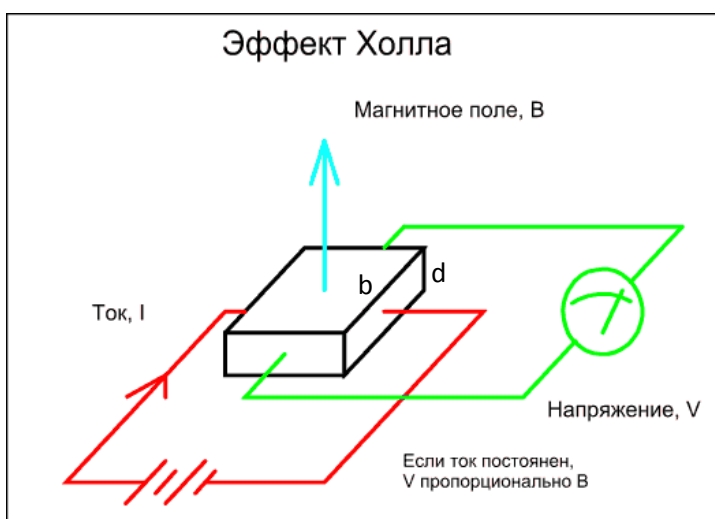
Цель работы: определить концентрацию носителей заряда в исследуемом полупроводнике.

Теоретическое введение. При помещении проводящей пластины, вдоль которой течет постоянный электрический ток, в перпендикулярное к ней магнитное поле, между гранями, параллельными направлению тока, возникает разность потенциалов. Возникновение в твердом проводнике с током плотностью j , помещенном в магнитное поле с индукцией B , электрического поля в направлении, перпендикулярном векторам j и B называется эффектом Холла.

При достижении некоторого значения вектора напряженности E электрического поля, при котором, сила, действующая на заряд со стороны этого поля, становится равна силе Лоренца, действующей на движущийся заряд со стороны магнитного поля. При этом в проводнике устанавливается стационарное распределение зарядов в поперечном сечении:

$$qE = qvB \sin \alpha$$

где v - средняя скорость упорядоченного движения носителей электрического заряда, α - угол между векторами B и v . Если вектор B перпендикулярен вектору v , то величина вектора E максимальна:



$$E = \frac{\Delta\varphi}{b} = vB$$

где $\Delta\varphi$ - холловская разность потенциалов, b - ширина пластинки.

Плотность тока в проводнике равна:

$$j = env.$$

В результате получим:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{en} jBb.$$

Плотность тока и сила тока связаны соотношением $I=jS$, где $S=bd$ - площадь поперечного сечения проводника, d - толщина пластинки (см. рис.). Окончательно получаем:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{ne} \frac{IB}{d},$$

где e - величина элементарного заряда. Коэффициент пропорциональности

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

называется постоянной Холла и является основной количественной характеристикой эффекта Холла в веществе. Знак R совпадает со знаком носителей заряда. Измерив постоянную Холла можно определить концентрацию носителей заряда в проводнике.

Границы применимости теории: для классического эффекта Холла характерна линейная зависимость $\Delta\varphi$ от B . Опыт показывает, что существуют вещества, для которых эта зависимость нелинейна. Причины нелинейности рассматриваются в квантовой теории твердого тела. Мы будем изучать эффект Холла в полупроводниках, поскольку в них эффект Холла имеет в основном классическую природу. Кроме того, выражение для холловской разности потенциалов получено из предположения, что все носители заряда имеют одинаковую скорость, которая к тому же не изменяется при движении зарядов в веществе. Различие в скорости зарядов и ее изменение в процессе движения мы учитывать не будем.

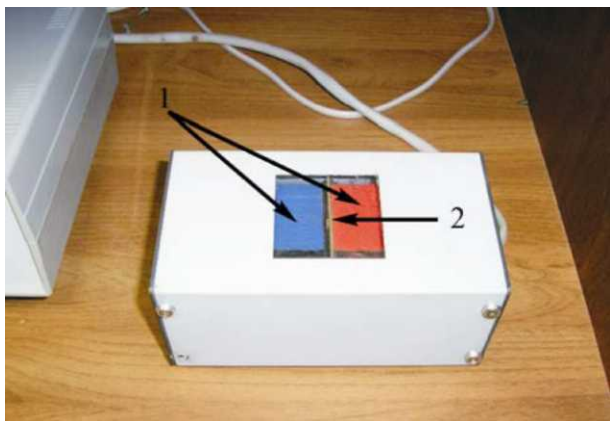
При экспериментальном определении холловской разности потенциалов следует обратить внимание, что наряду с эффектом Холла имеют место и другие эффекты: гальваномагнитный, термомагнитный и др. Для исключения влияния этих побочных эффектов используется свойство их четности, т.е. независимости от направления магнитного поля. Между тем, эффект Холла, являясь нечетным эффектом, меняет свой знак при изменении направления магнитного поля.

Для того, чтобы исключить побочные эффекты и определить холловскую разность потенциалов, напряжение между контактами измеряют при двух противоположных ориентациях магнитного поля. Тогда:

$$\Delta\varphi = \frac{|U_1| + |U_2|}{2} \quad (**),$$

где U_1 и U_2 - напряжение на датчике Холла при различной ориентации магнитного поля.

Экспериментальная установка: установка состоит из объекта исследования и устройства измерительного, выполненных в виде конструктивно законченных изделий, устанавливаемых на лабораторном столе и соединяемых между собой кабелем.

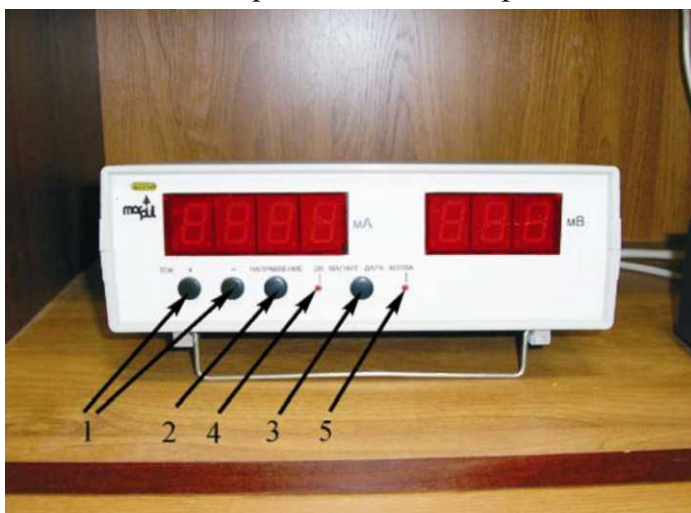


Объект исследования конструктивно выполнен в виде сборного корпуса, в котором установлены электромагнит (1) и датчик Холла (2). Сверху объект исследования имеет окно, через которое видны полюса электромагнита и плата с датчиком Холла. Для подключения объекта

исследования к устройству измерительному имеется соединительный шнур с разъемом.

Устройство измерительное выполнено в виде конструктивно законченного изделия. В ней применена однокристалльная микро - ЭВМ с соответствующими дополнительными устройствами, позволяющими производить измерение тока электромагнита и датчика, установленного в объекте исследования, а также осуществлять функции управления установкой (установка режимов прямого и обратного измерения и т.п.). В состав устройства измерительного входят также источники его питания. На передней панели устройства измерительного размещены следующие органы управления и индикации:

- кнопки ТОК "+" , "-" (1) и НАПРАВЛЕНИЕ (2) задают значение и направление тока через датчик Холла и через электромагнит;



- ЭЛ. МАГНИТ - ДАТЧ. ХОЛЛА (3) включает индикацию тока электромагнита (4) или датчика Холла (5), что индицируется соответствующим светодиодом;

- табло mA и mV индицируют значение тока через датчик Холла и электромагнит и э. д. с. Холла.

На задней панели устройства измерительного расположены выключатель СЕТЬ.

Порядок выполнения работы:

1. Установите необходимую полярность источников питания для датчика Холла и электромагнитов нажатием на соответствующие кнопки.
2. Установите ток, протекающего через датчик Холла равным 1 мА.
3. Снимите зависимость холловской разности потенциалов от величины тока в обмотке электромагнита. Зависимость необходимо получить для прямого и обратного тока через электромагнит. Старайтесь, чтобы прямому току через электромагнит соответствовал такой же обратный ток. Обратите внимание, что снятие зависимости происходит при постоянном токе через датчик Холла.
4. Вычислите холловскую разность потенциалов для каждого значения тока, протекающего через электромагнит по формуле (**).
5. Проведите измерения холловской разности потенциалов по п. 3-4 для значений токов, протекающих через датчик Холла, равных 2 и 3 мА.
6. Вид таблицы для занесения экспериментальных результатов разработайте самостоятельно.
7. Для каждого значения тока, протекающего через электромагнит, рассчитайте величину магнитного поля В. Индукция магнитного поля электромагнита линейно изменяется с изменением тока через электромагнит и вычисляется по формуле: $B(Tл)=1,69 \cdot I(A)$.
8. Постройте график зависимости холловской разности потенциалов от величины индукции магнитного поля электромагнита.
9. По графику определите величину постоянной Холла.
10. По найденной величине постоянной Холла, используя формулу (*), определите концентрацию носителей тока.

$$\text{Толщина датчика Холла } d=3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Как можно определить знак носителей заряда в данной работе? Что для этого нужно знать?