Лабораторная работа 3.3.6

«Влияние магнитного тока на проводимость полупроводников»

Выполнила:

Прохорова Юлия Б04-906

МФТИ, 2020

**Цель работы:** измерение магнетосопротивления полупроводниковых образцов различной формы.

**В работе используются:** электромагнит, милливеберметр, цифровой вольтметр, амперметр, миллиамперметр, реостат, образцы монокристаллического антимонида индия (InSb), n-типа.

**Теоретическая часть:**

При комнатной температуре, увеличение сопротивления в магнитном поле сильнее всего проявляется в полупроводниках.

Уравнение, описывающее движение носителей тока при наложении электрического и магнитного полей:

Учитывая, что усредним это равенство:

Нас интересует установившееся движение, приравнивая левую часть в нулю получаем:

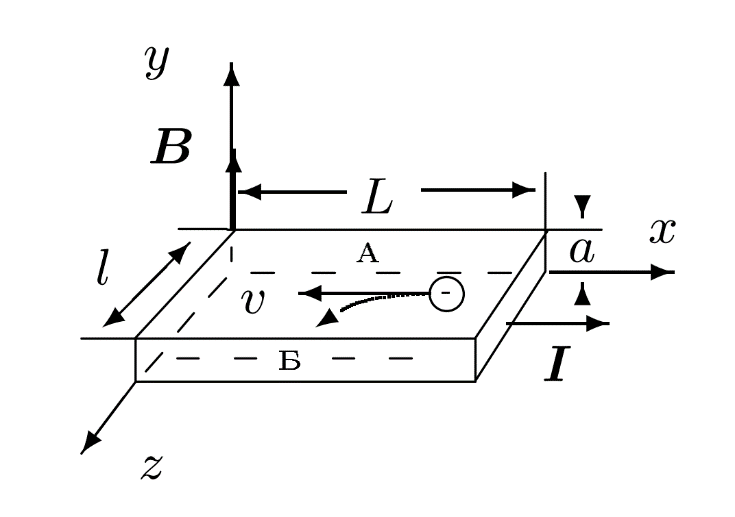
Считая, что магнитное полу однородно, выберем направление поля вдоль оси y (см. рис.1).

Рис. 1 Образец с током в магнитном поле.

Пусть на рассматриваемом участке полупроводника внешнее электрическое поле направлено по оси x (а поля некомпенсированных зарядов отсутствуют).

Распишем (3) для декартовых координат:

, (5)

Равенство (6) показывает, что при наложении магнитного поля появляется поперечная составляющая и соответственно ток вдоль оси z.

Проведя вычисления, получим:

,

где b – подвижность электронов в отсутствие магнитного поля.

Сравнивая (8) и (7), находим, что в присутствии магнитного поля подвижность электронов уменьшается.

Согласно (9) подвижность однозначно связана с проводимостью. В магнитном поле удельное сопротивление равно:

,

где - удельное сопротивление без поля. Тогда относительное увеличение удельного сопротивления

Это отношение называют магнетосопротивлением.

При выводе формул (3)-(6) считалось, что , хотя это не всегда так.

Рассмотрим пример, когда образец имеет форму пластинки (рис.1). Движение электронов вдоль оси z не может происходить беспрепятственно. Начавшееся при включении магнитного поля перемещение электрических зарядов вдоль оси z приводит к появлению пространственных зарядов на боковых гранях, а, значит, к появлению электрического поля по оси z – к появлению ЭДС Холла, которая препятствует дальнейшему перемещению электронов вдоль оси z. Также сопротивление образца при этом зависит не только от магнитного поля, но и от формы образца – возникает геометрический резистивный эффект.

Простые условия для исследования магнетосопротивления возникают в том случае, если проводник имеет форму диска, электрическое поле приложено между его центром и периферией, а магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости диска (см. рис.2).

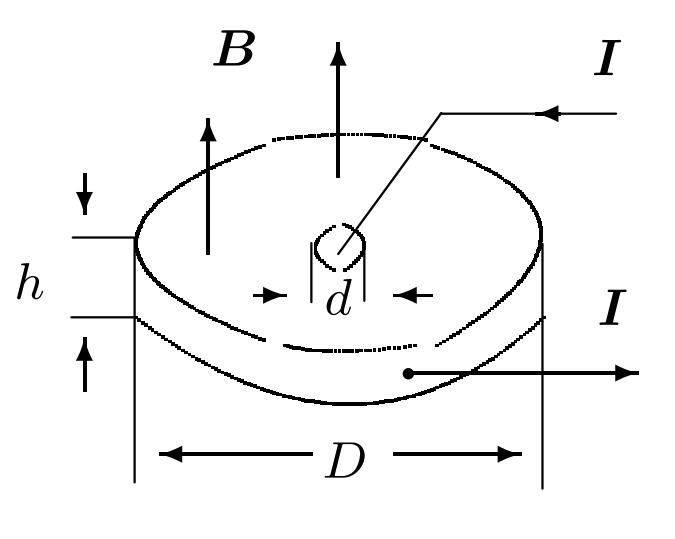


Рис. 2 Диск Корбино

Основная составляющая тока направлена по радиусу, а протеканию тока ничто не мешает.

Магнетосопротивление может быть выражено через сопротивление диска или напряжение на нем при постоянной температуре:

Сопротивление диска в наших условиях определяется формулой

где D, d, h – параметры диска.

**Экспериментальная установка:**

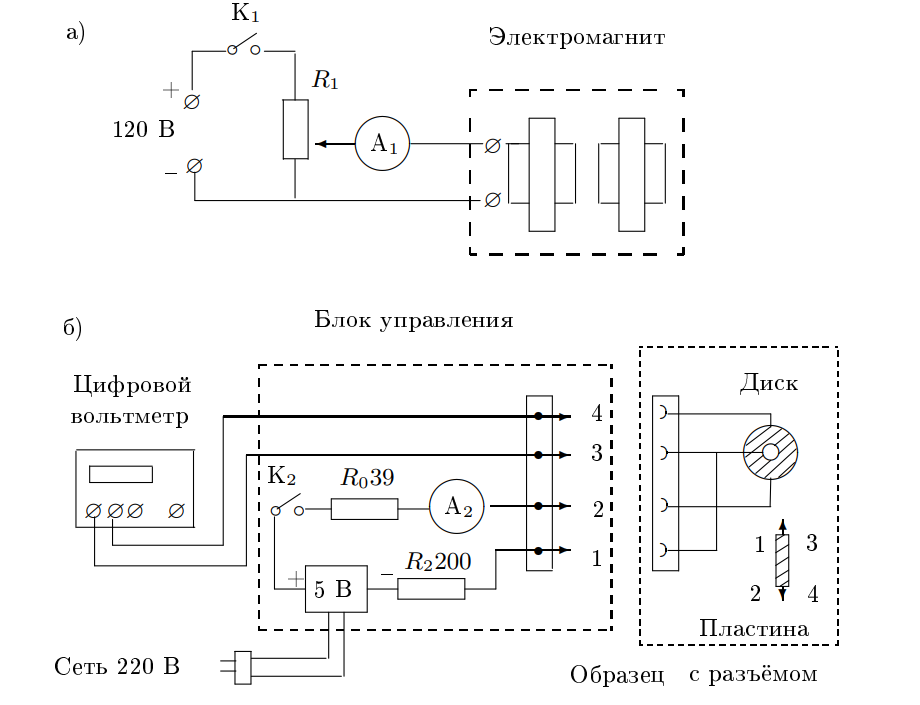


Рис.1 Схема установки для исследования влияния магнитного поля на проводимость полупроводников

В зазоре электромагнита создается постоянное магнитное поле. Ток питания магнита подается от сети (120 В), регулируется реостатом и измеряется амперметром .

Магнитная индукция в зазоре измеряется при помощи милливеберметра. Диск Корбино или пластинки, смонтированные в специальном держателе, подключается к источнику постоянного напряжения. При замыкании ключа . Балластное сопротивление ограничивает ток через образец. Измеряемое напряжение подается на вход цифрового вольтметра.

**Ход работы:**

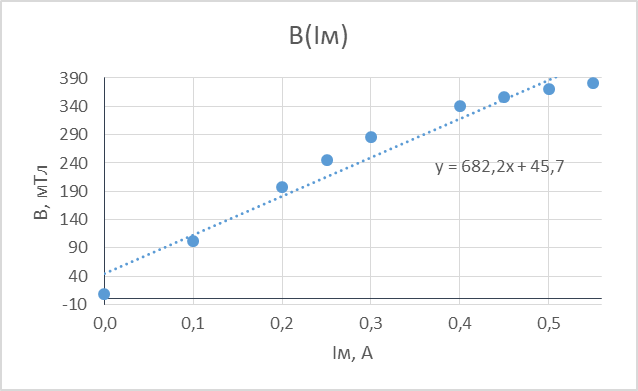
1. Построим график зависимости B=f().

Рис.1 Зависимость B()

1. Построим графики зависимостей () для диска Корбино и магнита, расположенного длинной стороной поперек и вдоль поля.

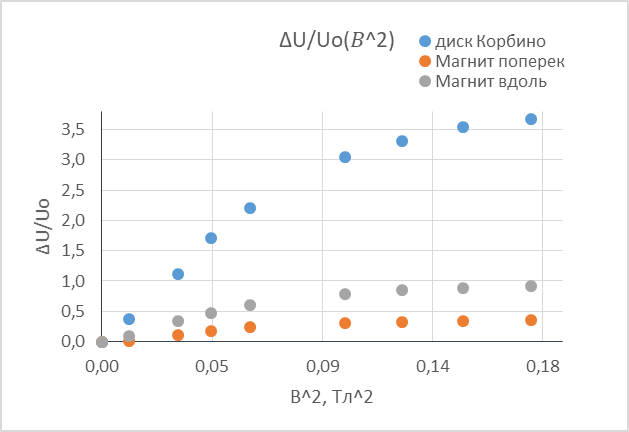


Рис.2 Зависимость () для диска Корбино и магнита

1. По наклону прямолинейного участка графика для диска Корбино рассчитаем с помощью формул (10) и (12) рассчитаем подвижность:

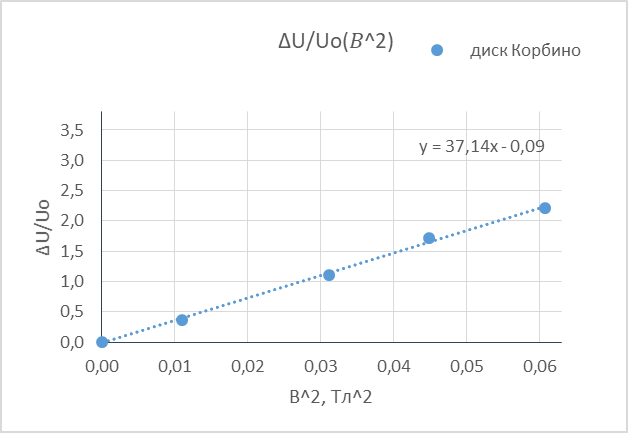


Рис. 3 Линейный участок для диска Корбино

Рассчитаем подвижность b = 6,12 .

1. Рассчитаем удельное сопротивление образца
2. Рассчитаем концентрацию носителей тока .

n=5,3 .

1. Оценим погрешности для определения B(I)

Тогда для b(свободный член в линейной функции B(I))

Погрешности для измерений I, U определяются точностью прибора и не превышают 1%.

Вывод: измерили удельное сопротивление, концентрацию носителей заряда и их подвижность для антимонида индия. Результаты не попали в табличное значению Погрешность в измерение внесла аппроксимация зависимости B(I).