

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.3.4

# Эффект Холла в полупроводниках

выполнила студентка группы Б04-108

Брюквина Дарья

Долгопрудный, 2022 г.

# 1 Аннотация

В работе исследован эффект Холла. Определены значения константы Холла для полупроводника легированного германия. Определена удельная проводимость, знак зарядов в образце и концентрация основных носителей.

# 2 Введение

Известно, что проводимость полупроводников зависит не только от состава материала, но также и от внешнего магнитного поля. При наличии внешнего магнитного поля на заряды в полупроводниках начинает действовать сила Лоренца, которая изменяет направление движения носителей тока и характер проводимости образца. Целью данной работы являлось изучение проводимости материала под действием сильного внешнего магнитного поля, перпендикулярного току, в геометрии мостика Холла, а также определение основных характеристик проводимости и полученного тока.

# 3 Методика

Рассмотрим плоскую пластину диэлектрика, вдоль оси  $x$  которой течет ток. Поместим образец во внешнее магнитное поле, перпендикулярное пластине. На движущие заряды будет действовать сила Лоренца

$$F = qE + [qu, B], \quad (1)$$

где  $B$  - вектор внешнего магнитного поля,  $E$  - электрическое поле, создающее ток,  $u$  - Вектор скорости зарядов.

Поскольку в общем случае вектор силы не совпадает по направлению с вектором  $E$ , в полупроводнике появится дополнительный ток, перпендикулярный основному движению зарядов.

Значение ЭДС Холла  $U_{\perp}$  можно определить как половина алгебраической разности показаний вольтметра, полученных в противоположных направлениях магнитного поля в зазоре:

$$U_{\perp} = \frac{1}{2}(U_{\text{кл}}^{(+)} - U_{\text{кл}}^{(-)}), \quad (2)$$

где  $U_{\text{кл}}$  - напряжения на выходных клеммах образца, расположенных с противоположных концов образца в направлении тока Холла.

Измерив ток  $I$  в образце и напряжение  $U_{\text{кл}1}$  на клеммах с одной стороны образца в отсутствии магнитного поля, определяется проводимость материала

$$\rho_0 = \frac{U_{\text{кл}1} ah}{Il}, \quad (3)$$

где  $l$  - расстояние между клеммами,  $a$  - ширина образца,  $h$  - его толщина.

Также значение напряжения поперек пластины можно выразить через константу Холла  $R_H$ :

$$U_{\perp} = R_H \cdot \frac{B}{h} \cdot I. \quad (4)$$

В работе использовалась экспериментальная установка, представленная на рисунке 1:

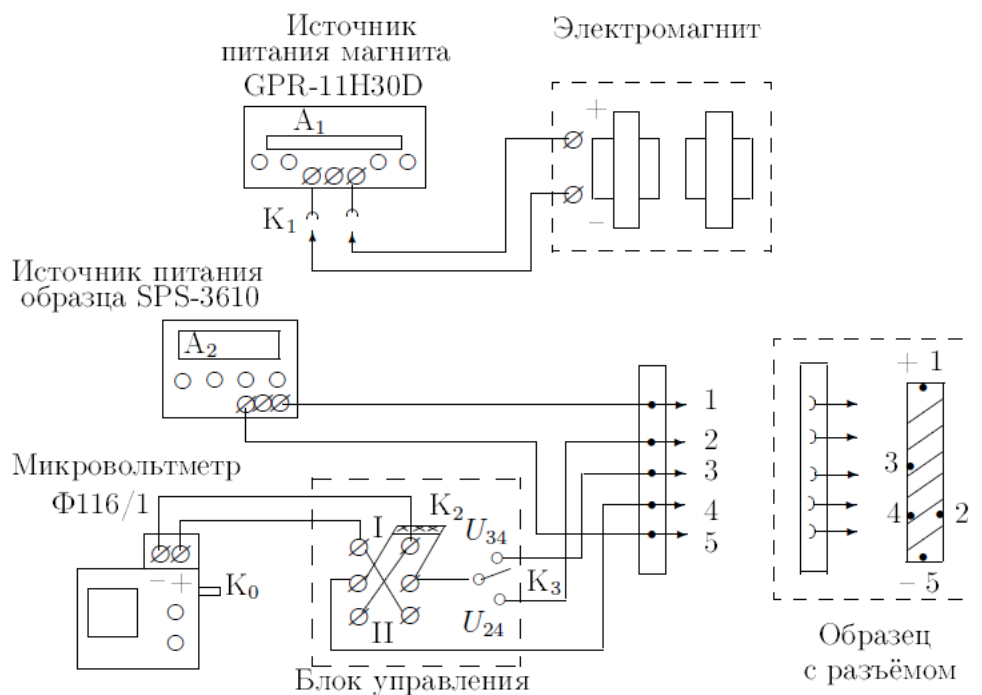


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки исследования эффекта Холла в полупроводниках. Образец с разъемом - используемый полупроводник из легированного германия с обозначенным расположением используемых клемм.

В зазоре электромагнита создается постоянное магнитное поле, величина которого изменялась с помощью регулятора источника питания электромагнита. Ток питания электромагнита измерялся амперметром  $A_1$ , направление тока в обмотках электромагнита изменялось переключением разъема  $K_1$ .

Градуировка электромагнита проводилась милливеберметра.

По прямоугольному образцу из легированного германия пускался ток по клеммам 1-2, величина которого регулировалась реостатом, а значение измерялось амперметром.

При помещении образца в магнитное поле снималось значение напряжения на клеммах 3-4, откуда получалось значение ЭДС Холла.

Для исключения неточностей, связанных с пайкой, измерялось напряжение между клеммами 3-5.

## 4 Результаты и обсуждения

В ходе работы был построен калибровочный график  $B(I_M)$ , представленный на рисунке 2. Полученные значения использовались для дальнейшей интерполяции значений поля по измеренным токам  $I_M$ .

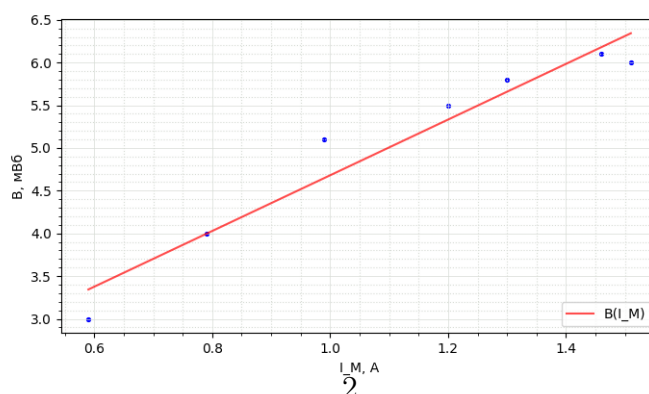


Рисунок 2. График зависимости поля магнита  $B(I_M)$  от значения протекающего тока.

Используя формулу (2) и полученную выше зависимость были получены значения  $U_{\perp}$  при различных значениях поля. Графики полученных зависимостей представлены на рисунке 3. Из полученных графиков был сделан вывод о линейности функций.

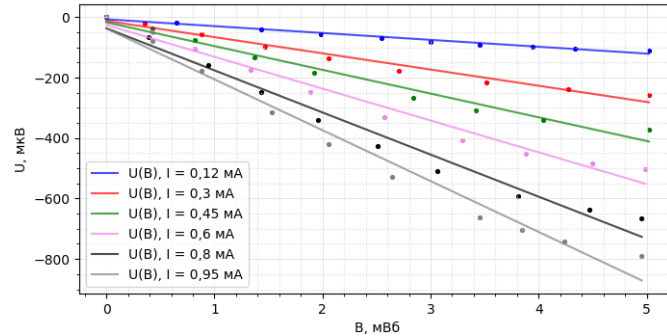


Рисунок 3. График зависимости напряжения  $U_{\perp}(B)$  тока Холла от значения внешнего поля  $B$  при значениях тока через образец  $I_1 = 0,12\text{мА}$ ,  $I_2 = 0,3\text{мА}$ ,  $I_3 = 0,45\text{мА}$ ,  $I_4 = 0,6\text{мА}$ ,  $I_5 = 0,8\text{мА}$ ,  $I_6 = 0,95\text{мА}$ .

Затем была найдена зависимость углового коэффициента наклона  $k(I)$  полученных выше прямых от значения тока через полупроводник. По полученной зависимости из формулы (4) была найдена константа Холла:  $R_H = -0,17 \pm 0,01\text{м}^3/\text{Кл}$

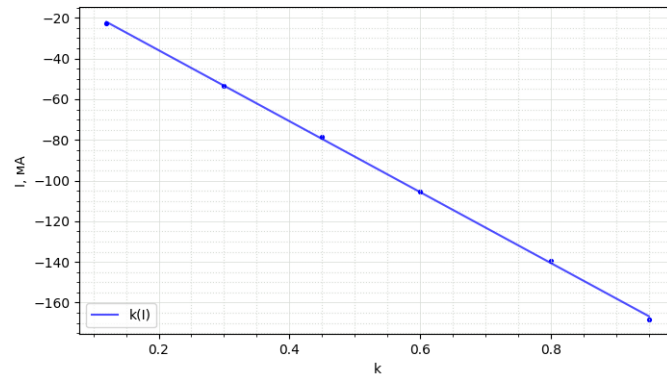


Рисунок 4. График зависимости углового коэффициента  $k(I)$  зависимости напряжения на образце от магнитного поля от тока, текущего через образец.

На основе полученных зависимостей, используя формулы от раздела Методика, были найдены значения концентрации зарядов  $n = 3,7 \cdot 10^{19} \pm 0,2 \cdot 10^{19}\text{м}^{-3}$  и удельного сопротивления  $\rho_0 = 3,3 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}\text{Ом/м}$ . Из полученных данных вытекает, что в данном полупроводнике знак носителей заряда отрицательный.

## 5 Выводы

В результате работы было экспериментально доказано, что напряжение тока Холла линейно зависит от внешнего магнитного поля. Были найдены характеристики полупроводника, такие как константа Холла  $R_H = -0,17 \pm 0,01\text{м}^3/\text{Кл}$ , удельное сопротивление  $\rho_0 = 3,3 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}\text{Ом/м}$ , концентрация носителей  $n = 3,7 \cdot 10^{19} \pm 0,2 \cdot 10^{19}\text{м}^{-3}$ , также заряд носителей заряда, который оказался отрицательным, что говорит о том, что в данном полупроводнике электронный тип проводимости.

## Используемая литература.

1. **Лабораторный практикум по общей физике:** Учебное пособие. В трех томах. Т. 2. Электричество и магнетизм /Гладун А.Д., Александров Д.А., Берулёва Н.С. и др.; Под ред. А.Д. Гладуна - М.: МФТИ, 2007. - 280 с.
2. **Дополнительное описание лабораторной работы 3.3.5:** Эффект Холла в металлах; Под ред. МФТИ, 2016. - 5 с.