

Секция «Теория и методика педагогического образования (естественные и точные науки)»

Методика организации и проведения исследования эффекта Холла в условиях технопарка универсальных педагогических компетенций

Саулин Артём Сергеевич

Студент (бакалавр)

Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева, Саранск, Россия

E-mail: artempro7@yandex.ru

Эффект Холла — фундаментальное электротранспортное явление в полупроводниках, позволяющее определять тип носителей заряда, их концентрацию и подвижность [1, 2]. В школьном курсе физики тема «Полупроводники» изучается преимущественно теоретически из-за отсутствия доступного экспериментального оборудования [3]. Создание технопарков универсальных педагогических компетенций открывает возможности для внедрения цифровых лабораторий, в частности программно-аппаратного комплекса MeasureLAB, в образовательный процесс.

Цель работы — разработка методического обеспечения исследования эффекта Холла на базе комплекса MeasureLAB, включая теоретические основы, экспериментальную методику и обработку данных. Физическая сущность эффекта Холла заключается в возникновении поперечной разности потенциалов U_H в образце с током I , помещённом в магнитное поле с индукцией B :

$$U_H = R_H \frac{IB}{d},$$

где d — толщина образца, R_H — коэффициент Холла. Для электронного полупроводника $R_H = -1/(ne)$, для дырочного $R_H = 1/(pe)$, n и p — концентрации носителей [4].

Экспериментальная установка «Hall-effect unit» включает измерительный модуль, электромагнит, термодатчик и цифровые мультиметры, интегрированные с ПО MeasureLAB, которое обеспечивает регистрацию данных в реальном времени и их экспорт.

Проведены два цикла измерений. В первом исследовалась зависимость $U_H(B)$ при фиксированном токе $I = \text{const}$ и изменении B от -388 до -28 мТл. Полученные данные (19 точек) аппроксимированы линейной функцией в среде GNU Octave. Уравнение аппроксимации: $U_H = a \cdot B + b$, где $a = -0.607$ В/Тл, $b = -0.234$ В, коэффициент детерминации $R^2 = 0.999$. По тангенсу угла наклона рассчитан коэффициент Холла $R_H = ad/I = 1.2 \times 10^{-3}$ м³/Кл, что соответствует концентрации электронов $n \approx 5.2 \times 10^{21}$ м⁻³.

Во втором эксперименте изучалась температурная зависимость $U_H(T)$ в диапазоне $29-141$ °С при постоянных I и B . Напряжение Холла монотонно уменьшается по модулю с ростом температуры, что связано с увеличением концентрации собственных носителей. В координатах $\ln |U_H|$ от $1000/T$ зависимость линейна, что позволило оценить энергию активации проводимости $E_a \approx 0.32$ эВ по наклону прямой $\ln |U_H| = k \cdot (1000/T) + c$, $k = -3.71$.

Разработанная методика включает подробное описание подключения образца, настройки измерительных каналов в MeasureLAB, порядок проведения опытов и алгоритм обработки данных в GNU Octave (листинги программ приведены в приложении к работе). Такой подход обеспечивает наглядность, снижает технические барьеры и позволяет студентам самостоятельно планировать эксперимент, проверять гипотезы и анализировать результаты.

Таким образом, предложенное методическое обеспечение эффективно для практико-ориентированного изучения физики полупроводников в условиях технопарка, формирует исследовательские компетенции будущих учителей физики.

Источники и литература

- 1) Бонч-Бруевич, В. Л. Физика полупроводников / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. – Москва : Наука, 1990. – 685 с. – Текст : электронный.
- 2) Карпунин, В. В. Основы экспериментальной физики: квантовая физика : лабораторный практикум / В. В. Карпунин, Н. Н. Хвастунов ; Мордовский государственный педагогический институт. – Саранск, 2018. – 68 с. – ISBN 978-5-8156-0974-7. – Текст : непосредственный.
- 3) Касьянов, В. А. Физика. 11 класс : учебник для общеобразовательных учреждений. Базовый и углублённый уровни / В. А. Касьянов. – Москва : Дрофа, 2025. – 496 с. – Текст : непосредственный.
- 4) Савельев, И. В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика : в 3 т. Т. 2 / И. В. Савельев. – Москва : Наука, 1988. – 496 с. – Текст : электронный.
- 5) Изучение эффекта Холла в германиевом проводнике n- и p-типа : методические указания к выполнению лабораторной работы / RHYWE Systeme GmbH & Co. KG. – Göttingen : RHYWE, [б. г.]. – 18 с. – (curricuLAB). – Текст : электронный.