

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 42

ИССЛЕДОВАНИЕ ТУННЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА

Выполнил студент гр. _____

Ф.И.О. _____

Подпись преподавателя _____
(обязательна после окончания эксперимента)

дата _____

Цель работы: изучение работы туннельного диода и ознакомление с туннельным эффектом, определение положения уровня Ферми в вырожденном полупроводнике.

Описание установки

Лабораторная установка включается ключом S. Потенциометр R позволяет регулировать напряжение на туннельном диоде Д

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с расположением элементов установки.
2. Включить установку в сеть.
3. Плавно изменяя напряжение U на диоде с помощью потенциометра R от 0 до максимума через равные интервалы, снять зависимость тока, текущего через диод от напряжения U . С увеличением U величина тока I сначала должна расти, потом уменьшаться, потом снова расти, как показано на рис.А. Полученные данные измерений занести в таблицу.
4. Выключить установку. Построить вольтамперную характеристику туннельного диода $I = f(U)$.

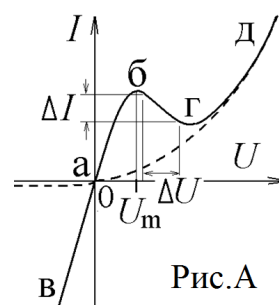
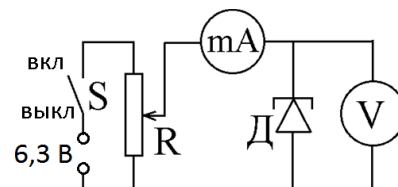


Рис.А

$U, \text{В}$														
I, mA														
$\Delta E =$														

5. Определить значение напряжения U_m , при котором туннельный ток имеет максимальное

значение (точка "б" на рис.А), и с помощью формулы

$$\Delta E = E_{\Phi}^n - E_{3П}^n = \frac{3}{4} e U_m \quad (*)$$

определить в электрон-вольтах положение уровня Ферми для туннельного p - n -перехода относительно

но дна зоны проводимости в n -области.

6. По построенному графику и формуле
$$R_d = -\frac{\Delta U}{\Delta I} < 0 \quad (**)$$

рассчитать дифференциальное сопротивление "падающего" участка вольтамперной характеристики (участок "б-г" на рис.А). Полученные величины ΔE и R_d занести в таблицу.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 42

1. Объясните причину возникновения разрешенных и запрещенных энергетических зон.
2. Какие энергетические зоны называются зоной проводимости и валентной зоной? Чем отличаются электроны, находящиеся в этих зонах?
3. Как образуются и где расположены акцепторные и донорные уровни энергии в примесных полупроводниках? Что с ними происходит в полупроводниках, образующих туннельный p - n -переход?
4. Что называется энергией Ферми? Где расположен уровень Ферми?
5. Сформулируйте принцип Паули. Какую роль он играет при заполнении электронами разрешенных энергетических зон?
6. В чем отличие обычного и туннельного полупроводникового диода? Какая функция распределения описывает электронный и дырочный газ в этих полупроводниках?
7. Каков физический смысл функции Ферми? Нарисуйте графики этой функции для собственного и сильно легированного примесью полупроводника и с их помощью объясните, чем отличается вырожденный и невырожденный электронный газ.
8. В чем заключается сущность туннельного эффекта?
9. Объясните, какой потенциальный барьер преодолевают электроны за счет туннельного эффекта в данной работе? Получите формулу $D = D_0 \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m_e^*eE_3}\delta^3}{3\hbar}\right)$ для коэффициента прохождения электрона через запирающий слой ширины δ (E_3 – напряженность электрического поля в запирающем слое).
10. По какой причине туннельные переходы отсутствуют, если на туннельный диод не подавать внешнее напряжение?
11. Нарисуйте энергетические диаграммы туннельного p - n -перехода при различных величинах внешнего напряжения и с их помощью объясните все участки "а-б", "б-г", "г-д" и "в-а" вольт-амперной характеристики на рис.А. Укажите положение уровня Ферми на этих диаграммах.
12. При каком условии туннельный ток в диоде будет максимальным?
13. Почему имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением и как его рассчитать?
14. Почему при обратном включении туннельного диода в нем появляется большой ток?
15. По каким причинам вольтамперная характеристика туннельного полупроводникового диода отличается от вольтамперной характеристики обычного p - n -перехода (пунктирная линия на рис.А)?

Теоретические сведения к данной работе можно найти в учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. : Т. 3 §45.
2. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А. Основы квантовой теории и атомной физики,- изд. ТулГУ. 2010, гл.5 §1.
3. Колмаков Ю. Н., Левин Д.М., Семин В.А. Основы физики конденсированных сред и физики микромира: Ч.1,- изд. ТулГУ. 2014, гл.3 §3.1-3.4, гл.6 §6.5.