

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра Общей и экспериментальной физики



Директор ИЭИС, профессор
С.И. Эминов
2016 г.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Учебный модуль по направлению подготовки
44.03.05 – Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)
Профили – Физика и информатика

Рабочая программа

Согласовано:

Начальник УМУ

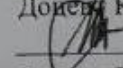
 Г.Н. Чурсинова
" 21 " 11 2016 г.

Разработали :

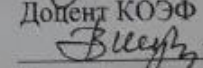
Профессор КОЭФ

 В.В. Гаврушко

Доцент КОЭФ

 В.Е. Удальцов

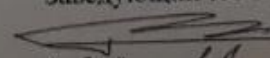
Доцент КОЭФ

 В.В. Шубин
" " " 2016 г.

Принято на заседании каф. ОЭФ:

Протокол № 2 от 02.11.2016 г.

Заведующий КОЭФ, проф.

 В.В. Гаврушко
" 2 " 11 2016 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Цели учебного модуля (УМ) «Физики полупроводников»:

- ознакомление студентов с видами и свойствами полупроводниковых материалов, основными понятиями и достижениями полупроводниковой электроники;
- изучение элементной базы и характеристик полупроводниковых приборов;
- формирование навыков решения задач в области физики полупроводников, включая дискретные диоды и транзисторы, светоизлучающие и лазерные диоды, фотоприёмные устройства, в том числе многоэлементные оптосенсоры и др.

Задачи, решение которых обеспечивает достижение цели:

- формирование у студентов системы теоретических знаний в области физики полупроводников;
- актуализация способности студентов использовать теоретические знания при решении задач и проведении экспериментов.

Ведущая идея – формирование у студентов понимания значимости знаний и умений, стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению учебного модуля и формированию необходимых компетенций.

2 Место учебного модуля в структуре ООП направления подготовки

Учебный модуль «Физика полупроводников» входит в блок дисциплин по выбору. Модуль преподается на основе ранее изученных модулей: Общая и экспериментальная физика, Оптика и строение атома.

В результате освоения предшествующих модулей и для изучения данного УМ, обучающиеся должны:

- знать и уметь пользоваться основными физическими законами из разделов «Электричество», «Магнетизм», «Распространение света в веществе», «Строение атома», «Оптика» и т.д.;
- уметь: решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности;
- владеть: методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях; методами экспериментальных исследований.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

- СК-3 способностью проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития.

В результате освоения учебного модуля «Физика полупроводников» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
СК-3	базовый	методы проектирования образовательных программ своего профессионального роста и личностного развития, связанных с современным развитием физики полупроводников.	проектировать образовательные программы в области физики полупроводников.	способностью проектировать образовательные программы в области физики полупроводников.

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	9 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	108	
- лекции	18	СК-3
- практические занятия	36	
- в т.ч. аудиторная СРС	18	
- внеаудиторная СРС	54	
Аттестация: - зачет		

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

1. Основы теории электропроводности полупроводников

1.1. Общие сведения о полупроводниках

1.1.1. Полупроводники с собственной электропроводностью.

1.1.2. Полупроводники с примесной электропроводностью.

1.2. Токи в полупроводниках

1.2.1. Дрейфовый ток.

1.2.2. Диффузионный ток.

1.2.3. Рекомбинационный ток.

1.3. Контактные явления

1.3.1. Электронно-дырочный переход.

1.3.2. Гетеропереходы.

1.3.3. Омические контакты и барьеры Шотки.

2. Фотоэлектрические, магнитоэлектрические и термоэлектрические явления в полупроводниках

- 2.1 Явление фотопроводимости и вентильный фотоэффект.
- 2.2 Полупроводниковые фотоприемники.
- 2.3 Магнетосопротивление и эффект Холла.
- 2.4 Термоэлектрические явления Зеебека, Пельтье и Томсона.
- 2.5 Термоэлектрические генераторы и микрохолодильники.
- 2.6 Фотоэлементы и солнечные батареи.
- 2.7 Радиоизотопный термоэлектрический генератор

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый – по окончании изучения УМ.

Семестровый контроль проводится в форме зачета. На зачете суммируются баллы, полученные по учебным элементам модуля. Максимальное количество баллов по модулю – 150.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9. В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи, опрос, лабораторные работы, контрольная работа.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорт компетенции

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Физика полупроводников»

Учебный модуль «**Физика полупроводников**» состоит из 6 тем, по которым предусмотрены лекционные, практические и лабораторные занятия.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студентам и ссылки на дополнительную литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний Физики полупроводников. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

А.2 Методические рекомендации по проведению практических занятий

Цель практических занятий – формирование у студентов навыков и умений использования теоретических знаний при решении типовых задач. На практических занятиях проводится решение задач по оценке параметров полупроводниковых материалов и микроэлектронных структур, диффузии и дрейфу носителей заряда, генерационно-рекомбинационным процессам.

Темы практических занятий:

- 1 Электропроводность твердых тел.
- 2 Диффузия и дрейф носителей заряда.
- 3 Генерационно-рекомбинационные процессы в полупроводниках.
- 4 Явление фотопроводимости. Вентильный фотоэффект.
- 5 Эффект Холла.
- 6 Эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.

Проведение практических занятий строится следующим образом:

- 60% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовых задач у доски;
- 30% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени – разбор ошибок при решении задач (в конце текущего занятия).

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов планируется по следующим основным направлениям:

- Изучение отдельных вопросов тематического плана дисциплины по указанию лектора.
- Подготовка к практическим занятиям и решение задач по указанию преподавателя, ведущего практические занятия.
- Подготовка к выполнению контрольных работ.

Пример решения задачи

Найти положение уровня Ферми относительно дна зоны проводимости при для кристалла германия с концентрацией доноров , если все примеси ионизованы.

Решение:

При полной ионизации примесей уравнение электронейтральности запишется в виде:

В этом случае уровень Ферми определяется выражением:

где n_c – плотность энергетических состояний электронов в зоне проводимости. Для германия при комнатной температуре она известна и составляет $1.5 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$, это значение приведено в приложении указанного выше пособия. Значение m^* можно также рассчитать при известной эффективной массе электронов, которая также известна и приведена в приложении.

Подставляя численные значения для n_c и m^* при комнатной температуре, получим:

Вариант контрольной работы

Задача 1.

Найти положение уровня Ферми в собственном полупроводнике относительно середины запрещенной зоны при температуре , если соотношение эффективных масс электронов и дырок .

Ответ: Уровень Ферми ниже середины запрещенной зоны на $436 \times 10^{-2} \text{ эВ}$.

Задача 2.

Определить подвижность электронов в невырожденном полупроводнике при температуре , если коэффициент диффузии .

Ответ:

Задача 3.

Вычислить плотность тока насыщения в резком $p-n$ переходе с площадью S , если под действием прямого напряжения U через переход течет ток I .

Ответ:

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля «Физика полупроводников»

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
Введение	-вводная лекция	- изучение литературы по теме	1.Левинштейн М.Е., Силин Т.С. Знакомство с полупроводниками , Библ.Квант, вып 33, М., Наука, 1984г.-240 с. 2. Капцов Л. Н., Курочкин В. А. Электроны - полупроводники - транзисторы: Кн. для внеклас. чтения учащихся. 8-10 кл. - М.: Просвещение, 1982. - 96 с, ил.
2 Основы теории электропроводности полупроводников	- информационная лекция, - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1 Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы , Учебник для вузов, М., Лань, 2006г.-480 с. 2 Физика конденсированного состояния: контрольные задания к практическим занятиям / сост. Б.И. Селезнев; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2012. – 18 с.
3 Дрейфовый , диффузионный и рекомбинационный токи в полупроводниках.	- информационная лекция - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1 Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы , Учебник для вузов, М., Лань, 2006г.-480 с. 2 Физика конденсированного состояния: контрольные задания к практическим занятиям / сост. Б.И. Селезнев; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2012. – 18 с.
4.Электронно-дырочный переход. Омические контакты и барьеры Шоттки.	- информационная лекция - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1 Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы , Учебник для вузов, М., Лань, 2006г.-480 с. 2 Физика конденсированного состояния: контрольные задания к практическим занятиям / сост. Б.И. Селезнев; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2012. – 18 с.
5Явление фото-проводимости. Полупроводниковые фотоприемники.	- информационная лекция - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1.Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника., учебник - М., "Высшая школа", 2011 г.,- 656 с. 2. Шуберт Ф. Светодиоды, М., Физматлит, 2008г.-496 с.
6 Магнетосопротивление и эффект Холла.	- информационная лекция - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1.Стильбанс Л. С. Физика полупроводников. – М., Наука,1967г. – с.75-83, 292-311
7 Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	-информационная лекция - практические занятия	- изучение литературы по теме - решение задач	1.Стильбанс Л. С. Физика полупроводников. – М., Наука,1967г. – с.75-83, 292-311.

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Физика полупроводников»

семестр – 9, ЗЕ – 3, вид аттестации – зачёт, акад. часов – 108, баллов рейтинга – 150

Номер и наименование раздела учебного модуля	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС)	Максимальное количество баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
1. Основы теории электропроводности полупроводников	1-9	10	18		9	27	Контрольная работа	75
2. Фотоэлектрические, магнитоэлектрические и термоэлектрические явления в полупроводниках	10-18	8	18		9	27	Контрольная работа	75
Итого	1-18	18	36		18	54	Все формы контроля	150

Для итоговой аттестации по модулю баллы выставляются по шкале:
«зачтено» - более 75 баллов (75 – 150 баллов)

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций

– СК-3 способностью проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития.

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	Знает методы проектирования образовательных программ своего профессионального роста и личностного развития, связанных с современным развитием физики полупроводников	Испытывает трудности при проектировании образовательных программ своего профессионального роста и личностного развития, связанных с современным развитием физики полупроводников	Допускает неточности при проектировании образовательных программ своего профессионального роста и личностного развития, связанных с современным развитием физики полупроводников	Имеет хорошие знания в области проектирования образовательных программ своего профессионального роста и личностного развития, связанных с современным развитием физики полупроводников
	Умеет проектировать образовательные программы в области физики полупроводников	Допускает существенные ошибки при проектировании образовательной программы в области физики полупроводников	Допускает неточности при проектировании образовательной программы в области физики полупроводников	Успешно применяет полученные знания для проектирования образовательной программы в области физики полупроводников
	Владеет способностью проектировать образовательные программы в области физики полупроводников.	Испытывает затруднения при проектировать образовательные программы в области физики полупроводников.	Допускает неточности при проектировании образовательных программы в области физики полупроводников	Способен применить на практике проектирование образовательных программы в области физики полупроводников

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического

обеспечения Учебного модуля «Физика полупроводников»

Направление (специальность) 44.03.05 Педагогическое образование

Профили - **Физика и информатика** Формы обучения дневная

Курс 5 Семестр 9

Всего зачетных единиц 3 из них часов: ЛК – 18, ПР – 36, ауд. СРС – 18, внеауд. СРС – 54

Обеспечивающая кафедра КОЭФ институт ИЭИС

Таблица Г.1 – Обеспечение дисциплины учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол-во экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Основная литература		
1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. - М. : Лань, 2010г.-400 с.	15	+
2. Г.Г. Зегря, В.И. Перель Основы физики полупроводников. - М. : Физматлит, 2009г.-336 с.	1	
3. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. - М. : Лань, 2008г.- 624 с.	6	
4. Бонч-Бруевич В. Л., Звягин И. П., Карпенко И. В. и др. Сборник задач по физике полупроводников. [электронный ресурс] - М.: Наука, 1987 г.- 144 с. Режим доступа: www.novsu.ru/doc/study/dep/1245/?id=10		
Учебно-методические издания		
1. Рабочая программа. Физика полупроводников /Авт. – сост. В.Е.Удальцов; НовГУ - Великий Новгород; 2017г.- 13 с.		
2. Баранов А.В. Сборник задач по физике полупроводников. Учебное пособие. [электронный ресурс] Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986г. - 80 с. Режим доступа: www.novsu.ru/doc/study/dep/1245/?id=10		
3. Физика конденсированного состояния: контрольные задания к практическим занятиям / сост. Б.И. Селезнев; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2012. – 18 с.	10	+
Дополнительная литература		
1. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника. : учебник - М. : "Высшая школа", 2012 г.,- 656 с.	10	
2. Левинштейн М.Е., Силин Т.С. Знакомство с полупроводниками [электронный ресурс] - Библ.Квант, вып. 33. - М. : Наука, 1984г.-240 с. Режим доступа: www.novsu.ru/doc/study/dep/1245/?id=10		
3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для вузов. - М. : Лань, 2006г.-480 с.	10	
4 Шуберт Ф. Светодиоды.М., "Физматлит", 2008г.-496 с.	2	
5 Полупроводниковые фотоприемники [электронный ресурс]- / Под ред. В.И. Стафеева. - М. : Радио и связь, 1984.- 216 с. Режим доступа: www.novsu.ru/doc/study/dep/1245/?id=10		
6 Стилбанс Л. С. Физика полупроводников. [электронный ресурс] – М. : Наука,1967г. – 365 с. Режим доступа: www.novsu.ru/doc/study/dep/1245/?id=10		

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Разработка урока по физике. Тема «Электрический ток в полупроводниках», 2015г.	https://infourok.ru	Автор Лобачева Ф.С.

Действительно для учебного года ____ / ____

Зав. кафедрой _____ В.В. Гаврушко

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка