

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Н.В. Савина
« 29 » 06 - 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
Физика полупроводников и диэлектриков
(наименование учебной дисциплины/модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 – «Физика»

Квалификация выпускника: бакалавр
Программа подготовки: академический бакалавриат

Год начала подготовки 2018г.
Курс III Семестр 7

Экзамен 7, 36 (акад. час.)
(семестр)

Лекции 36 (акад. час.)
Практические занятия 36 (акад. час.)
Самостоятельная работа 36 (акад. час.)
Общая трудоемкость дисциплины 144 (акад. час.) 4 (з.е.)

Составитель Е.В. Стукова, профессор, доктор. физ.-мат. наук.
(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет инженерно-физический
Кафедра физики

Благовещенск 2018 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика», квалификация: бакалавр

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

«18» 06 2018г., протокол № 11

Заведующий кафедрой Е.В. Стукова Е.В. Стукова

Рабочая программа одобрена на заседании УМС направления подготовки 03.03.02 – «Физика»

«19» 06 2018г., протокол № 3

Председатель Е.В. Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

Н.А. Чалкина Н.А. Чалкина

«18» 06 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

Е.В. Стукова Е.В. Стукова

«18» 06 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

Л.А. Проказина Л.А. Проказина

«18» 06 2018г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины заключается в получении студентами базовых знаний по физике диэлектриков и полупроводников, необходимые для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниках, и для понимания явлений, изучаемых в других курсах направления.

Задачами дисциплины являются: ознакомление с методами определения основных параметров полупроводников и полупроводниковых структур; освоение основ зонной теории твердых тел; изучение физических явлений в полупроводниках и диэлектриках; ознакомление с технологиями создания и физическими принципами работы полупроводниковых приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО:

Дисциплина «Физика полупроводников и диэлектриков» входит в вариативную часть.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) физику конденсированного состояния;
- 2) квантовую теорию.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

иметь представление о зонной теории твердых тел (ПК-1);

знать основные понятия физики диэлектриков и полупроводников, процессы, протекающие в полупроводниках и диэлектриках, основные явления, наблюдаемые в диэлектриках и полупроводниках (ПК-1, ПК-4);

уметь пользоваться основными формулами для оценок электрофизических параметров полупроводников; (ПК-1, ПК-4);

иметь навыки поиска необходимых табличных данных в справочной литературе (ПК-1, ПК-4).

4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Разделы дисциплины	Компетенции	
	ПК-1	ПК-4
Электропроводность полупроводников	+	+
Собственная и примесная проводимость полупроводников	+	+
Энергия диссоциации	+	+
Подвижность электронов и дырок	+	+
Эффективная масса носителей заряда	+	+
Статистика электронов в полупроводниках и диэлектриках	+	+
Работа выхода	+	+
Полупроводники в сильных электрических полях	+	+
Теплопроводность диэлектриков и полупроводников	+	+

5. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в акад. часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электропроводность полупроводников	7	1-2	4	4	4	Проверочная работа
2	Собственная и примесная проводимость полупроводников	7	3-4	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
3	Энергия диссоциации	7	5-6	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
4	Подвижность электронов и дырок	7	7-8	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
5	Эффективная масса носителей заряда	7	9-10	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
6	Статистика электронов в полупроводниках и диэлектриках	7	11-12	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
7	Работа выхода	7	13-14	4	4	4	Проверка в ходе практических работ
8	Полупроводники в сильных электрических полях	7	15-16	4	4	4	Проверка в ходе практических работ

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Теплопроводность ди- электриков и полу- проводников	7	17- 18	4	4	4	Проверка в ходе прак- тических работ
	Экзамен	7				36	
	Итого в 7-м семестре			36	36	72	

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционный курс

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	2	3
1	Электропроводность полупроводников	Рекомбинация электронов. Энергетический спектр: энергетические уровни, энергетические зоны. Диаграммы энергетических спектров валентных электронов в диэлектриках и полупроводниках. Ширина запрещенной зоны.
2	Собственная и примесная проводимость полупроводников	Энергетические уровни электронов примесей с полупроводниках: с донорными примесями, в полупроводниках с акцепторными примесями. Электронный, дырочный и смешанный механизмы электропроводности. Температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках. Дрейфовый ток, диффузионный ток, ток проводимости.
3	Энергия диссоциации	Энергия активации и энергия диссоциации. Зависимость удельной электропроводности от температуры в примесных полупроводниках. Температурная зависимость энергии диссоциации. Роль поляризации среды и ее диэлектрических свойств.
4	Подвижность электронов и дырок	Подвижность дырок. Подвижность электронов. Рассеяние электронов в реальных полупроводниках. Механизмы рассеяния носителей тока. Измерение подвижности электронов на практике.
5	Эффективная масса носителей заряда	Движение электрона в периодическом электрическом поле кристалла. Понятие эффективной массы. Волновой характер движения электрона. Групповая скорость электрона. Энергия электрона. Движение электронов вблизи дна зоны проводимости. Динамика движения электронов, находящихся вблизи верхнего края валентной зоны.
6	Статистика электронов в полупроводниках и диэлектриках	Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок. Уравнение электронейтральности. Заполнение электронами примесных центров. Зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей заряда от температуры в собственном и примесном полупроводниках. Полупроводник, содержащий донорную и акцепторную примесь.
7	Работа выхода	Термоэлектронная эмиссия. Работа выхода. Причины возникновения электронной эмиссии полупроводника. Зависимость эффективности работы электронных приборов от работы выхода.

1	2	3
8	Полупроводники в сильных электрических полях	Закон Пауля для электропроводности полупроводников. Термоэлектронная ионизация. Ударная ионизация.
9	Теплопроводность диэлектриков и полупроводников	Коэффициент теплопроводности. Механизм электронной теплопроводности. Фононы и квазичастицы. Температура Дебая.

6.2 Практические занятия

1. Электропроводность полупроводников.
2. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
3. Энергия диссоциации.
4. Подвижность электронов и дырок.
5. Эффективная масса носителей заряда.
6. Статистика электронов в полупроводниках и диэлектриках.
7. Работа выхода.
8. Полупроводники в сильных электрических полях.
9. Теплопроводность диэлектриков и полупроводников.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа – 72 акад. час. По данному курсу в рамках самостоятельной работы студента предполагается подготовка к устной защите практических работ, текущая подготовка по темам лекционных занятий (36 акад. часов), подготовка к экзамену в конце семестра (36 акад. часов).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Форма (вид самостоятельной работы)	Трудоемкость (в академических часах)
1	2	3	4
1	Электропроводность полупроводников	Подготовка в проверочной работе	4
2	Собственная и примесная проводимость полупроводников	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
3	Энергия диссоциации	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
4	Подвижность электронов и дырок	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
5	Эффективная масса носителей заряда	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
6	Статистика электронов в полупроводниках и диэлектриках	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
7	Работа выхода	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
8	Полупроводники в сильных электрических полях	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4

1	2	3	4
9	Теплопроводность диэлектриков и полупроводников	Подготовка к практическим работам (выполнение домашнего задания)	4
10	Экзамен		36
Итого			72

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. **Стукова Е.В.** Сборник учебно-методических материалов по дисциплине «Физика полупроводников и диэлектриков» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9915.pdf

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

Распределение образовательных технологий соответствует проведению занятий в интерактивной форме в объеме 20 акад. час.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Физика полупроводников и диэлектриков».

9.1. Вопросы к экзамену

1. Рекомбинация электронов. Энергетический спектр: энергетические уровни, энергетические зоны. Диаграммы энергетических спектров валентных электронов в диэлектриках и полупроводниках. Ширина запрещенной зоны.
2. Энергетические уровни электронов примесей с полупроводниках: с донорными примесями, в полупроводниках с акцепторными примесями. Электронный, дырочный и смешанный механизмы электропроводности.
3. Температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках. Дрейфовый ток, диффузионный ток, ток проводимости.
4. Энергия активации и энергия диссоциации. Зависимость удельной электропроводности от температуры в примесных полупроводниках.

5. Температурная зависимость энергии диссоциации. Роль поляризации среды и ее диэлектрических свойств.
6. Подвижность дырок. Подвижность электронов. Рассеяние электронов в реальных полупроводниках. Механизмы рассеяния носителей тока.
7. Движение электрона в периодическом электрическом поле кристалла. Понятие эффективной массы. Волновой характер движения электрона. Групповая скорость электрона.
8. Энергия электрона. Движение электронов вблизи дна зоны проводимости. Динамика движения электронов, находящихся вблизи верхнего края валентной зоны.
9. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака.
10. Концентрация электронов и дырок. Уравнение электронейтральности. Заполнение электронами примесных центров.
11. Зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей заряда от температуры в собственном и примесном полупроводниках. Полупроводник, содержащий донорную и акцепторную примесь.
12. Термоэлектронная эмиссия. Работа выхода. Причины возникновения электронной эмиссии полупроводника.
13. Зависимость эффективности работы электронных приборов от работы выхода.. Закон Пауля для электропроводности полупроводников.
14. Термоэлектронная ионизация. Ударная ионизация.
15. Коэффициент теплопроводности. Механизм электронной теплопроводности. Фононы и квазичастицы. Температура Дебая.

9.2. Критерии оценки

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения аудиторных занятий посредством устного опроса, проведения контрольных работ или осуществления лекции в форме диалога.

Промежуточный контроль осуществляется два раза в семестр в виде тестового задания (1-ая контрольная точка) и в виде анализа самостоятельной работы по решению задач (2-я контрольная точка).

Экзамен – итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде устного или письменного экзамена при ответах студента на два вопроса в билете и дополнительные вопросы по желанию экзаменатора.

Знания студента оцениваются как **отличные** при полном изложении теоретического материала экзаменационного билета и ответах на дополнительные вопросы со свободной ориентацией в материале и других литературных источниках.

Оценка **“хорошо”** ставится при твердых знаниях студентом всех разделов курса, но в пределах конспекта лекций и обязательных заданий по самостоятельной работе с литературой.

Оценку **«удовлетворительно»** студент получает, если дает неполные ответы на теоретические вопросы билета, показывая поверхностное знание учебного материала, владение основными понятиями и терминологией; при неверном ответе на билет ответы на наводящие вопрос.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за незнание студентом одного из разделов курса. Студент не дает полные ответы на теоретические вопросы билета, показывая лишь фрагментарное знание учебного материала, незнание основных понятий и терминологии; наводящие вопросы остаются без ответа.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ»

Основная литература:

1. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 624 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71742>.
2. Шалимова, К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648>.

Дополнительная литература:

1. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.А. Корнилович [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 71 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45187>. – ЭБС «IPRbooks».
2. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс]: учеб. / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67462>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	2	3
1	www.pitbooks.ru/seti/	Сайт бесплатных электронных книг. Некоммерческий проект, создан с целью оказания помощи школьникам и студентам в изучении физики и других предметов. На этом ресурсе размещены различные материалы: учебники, задачки, лекции, другие учебные пособия. Все выложенные материалы для вас бесплатны и при скачивании не требуют каких-либо регистраций.
2	Электронно-библиотечная система IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
3	Электронная библиотечная система «Издательства Лань» http://www.e.lanbook.com	Тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия.
4	Операционная система MS Windows 7 Pro	Dream Spark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года

1	2	3
5	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html На условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов.

Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками. Лекция не должна превращаться в урок-диктант.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребует потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников.

Таким образом, на лекции студент должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Перед каждой последующей лекцией рекомендуется просмотреть материал по предыдущей лекции.

Подготовка к практическим занятиям: темы – в соответствии с п. 6.2 списка тем практических занятий, содержание – в соответствии с программой и вопросами для самопроверки.

В высшей школе студент должен прежде всего сформировать потребность в знаниях и научиться учиться, приобрести навыки самостоятельной работы, необходимые для непрерывного самосовершенствования, развития профессиональных и интеллектуальных способностей.

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Самостоятельная работа сопровождается эффективным контролем и оценкой ее результатов.

Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

Основная цель подготовки к экзамену — достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить. При этом следует учитывать ваши индивидуальные особенности.

В процессе подготовки к экзамену при изучении того или иного закона, кроме формулировки и математической записи закона, следует обратить внимание на опыты, которые обнаруживают этот закон и подтверждают его справедливость, границы и условия его применимости. Также полезно отметить, как этот закон используется на практике. То же самое можно сказать и об изучаемой теории в целом. Помимо основных понятий, положений, законов и принципов теории следует обратить внимание на опыты, благодаря которым была создана эта теория, эксперименты, подтверждающие ее справедливость. Вспомните, как используется данная теория на практике.

Основная цель подготовки к экзамену – достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. На занятиях применяется техническое оборудование: