

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,
д.ф.-м.н. профессор

С.Б. Вениг

" 7 "

10

2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Введение в специальность

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата
«Микро- и наноэлектроника, диагностика
нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Скрипаль Ал.В.	<i>Ал.В. Скрипаль</i>	5.10.21
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.	<i>Ан.В. Скрипаль</i>	5.10.21
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.	<i>Ал.В. Скрипаль</i>	5.10.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Введение в специальность» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение материала в области электроники и нанoeлектроники, основных свойств, присущих полупроводниковым материалам и физических явлений в полупроводниках, лежащих в основе работы приборов полупроводниковой и нанoeлектроники, приобретение студентами знаний и выработка навыков в исследованиях свойств полупроводников, приобретение студентами знаний в области создания современной элементной базы микро- и нанoeлектроники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний в области электроники и нанoeлектроники, о физических явлениях в полупроводниках и основных свойствах, присущих как этим материалам в целом, так и отдельным наиболее широко применяемым на практике материалам;
- формирование представлений о методах определения основных параметров полупроводников;
- овладение сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Введение в специальность» относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль подготовки «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»), в течение 1-го и 2-го учебных семестров. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин как «Электронные свойства кристаллов», «Физика полупроводников», «Современные аспекты инженерной деятельности в условиях наукоемкого производства», «Квантовая теория твёрдого тела», «Физика квантово-размерных структур», «Физические основы твердотельной электроники», «Материалы электронной техники и нанoeлектроники», «Микроэлектроника и нанoeлектроника», «Квантовая и оптическая электроника», «Технология материалов и структур электроники», «Микросхемотехника».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.</p> <p>2.1_Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>3.1_Б.УК-1. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p> <p>4.1_Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p>5.1_Б.УК-1. Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p>Знать подходы к анализу и декомпозиции задачи; различные варианты решения задачи.</p> <p>Уметь критически анализировать информацию; грамотно формировать собственные суждения; отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности; определять и оценивать практические последствия возможных решений задачи.</p> <p>Владеть методами анализа и декомпозиции задач.</p>
<p>УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время</p> <p>4.1_Б.УК-2. Публично</p>	<p>Знать правила формулирования совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих достижение поставленной цели проекта</p> <p>Уметь проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p> <p>Владеть приемами публичного представления результатов решения конкретной задачи проекта.</p>

	представляет результаты решения конкретной задачи проекта.	
<p>УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</p>	<p>1.1_Б.УК-6. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p>2.1_Б.УК-6. Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p> <p>3.1_Б.УК-6. Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p> <p>4.1_Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>5.1_Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	<p>Знать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной работы; важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p> <p>Уметь реализовать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда; критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач; использовать предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p> <p>Владеть навыками выстраивания траектории саморазвития с учетом собственных ресурсов;</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Се- мест р	Недел я се- мestr а	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					СРС	Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточно й аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	Пра к подг отов ка			
	1 семестр									
1.	Введение	1	1			2		10	Опрос	
2.	Основные положения зонной теории.	1	2-5			8		16	Опрос	
3.	Влияние нарушен ия периодичности на энергетический спек тр электронов в кристалле.	1	6-9			8		15	Опрос	
4.	Колебания кристаллическ ой решетки.	1	10-12			6		11	Опрос	
5.	Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах.	1	13-15			6		11	Опрос Рефера т	
6.	Электропроводность полупроводников.	1	16-17			4		11	Опрос. Контрольная работа	
	Итого за 1 семестр – 108ч.	1		0	0	34	0	74		
	2 семестр									
7	Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.	2	1-2			4		5	Опрос	

8	Термоэлектрические явления в полупроводниках.	2	3-4			4		5	Опрос
9	Оптические свойства полупроводников.	2	5-6			4		5	Опрос
10	Фотоэлектрические явления.	2	7-8			4		5	Опрос
11	Контактные явления в	2	9-10			4		5	Опрос

	полупроводниках.								
12	Явления в структурах с пониженной размерностью.	2	11-12			4		5	Опрос
13	Методы формирования квантово-размерных структур	2	13-14			4		5	Опрос
14	Приборы и методы исследования наносистем	2	15-17			4		5	Опрос Реферат. Контрольная работа
	Итого за 2 семестр – 72ч.	2		0	0	32	0	40	
	Промежуточная аттестация	2							Зачет с оценкой
	Общая трудоемкость дисциплины			180					

Содержание дисциплины

1. Введение.

1.1. Предмет и задачи курса. Основные задачи развития электроники и нанoeлектроники. Значение электроники и нанoeлектроники в современной физике, технике и различных отраслях народного хозяйства.

1.2. Краткий исторический очерк развития электроники и нанoeлектроники.

1.3. Роль отечественных ученых в развитии современной физики электроники и нанoeлектроники.

1.4. Классификация твердых тел по электрическим свойствам: диэлектрики, полупроводники, металлы.

2. Основные положения зонной теории.

2.1. Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.

2.2. Электронная и дырочная проводимости кристалла. Электрон и дырка в кристалле как квазичастицы. Разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники.

Контрольная работа.

3. Влияние нарушения периодичности на энергетический спектр электронов в кристалле.

3.1. Элементарная теория примесных состояний.

3.2. Мелкие и глубокие уровни. Амфотерные примеси. Многовалентные примесные центры.

4. Колебания кристаллической решетки.

4.1. Колебания одноатомной линейной цепочки. Закон дисперсии. Пределы изменения и дискретность волнового вектора колебаний.

4.2. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания.

4.3. Понятие о фононах.

5. Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах.

5.1. Плотность состояний и функции распределения электронов и дырок в кристалле. Уровень Ферми (собственном, некомпенсированном и компенсированном примесных полупроводниках)

5.2. Свойства электронных невырожденного и вырожденного газов.

6. Электропроводность полупроводников.

6.1. Температурная зависимость электропроводности.

6.2. Электропроводность в сильных полях.

6.3. Эффект Ганна.

7. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.

7.1. Классификация гальваномагнитных и термомагнитных явлений.

7.2. Эффект Холла, холловская и дрейфовая подвижности, коэффициент Холла.

7.3. Изменение сопротивления в магнитном поле.

8. Термоэлектрические явления в полупроводниках.

8.1. Эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона

9. Оптические свойства полупроводников.

9.1. Отражение и поглощение электромагнитного излучения. Оптические константы полупроводников. Спектры отражения и поглощения.

9.2. Собственное поглощение.

10. Фотоэлектрические явления.

10.1. Фотопроводимость. Параметры, определяющие фотопроводимость.

10.2. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.

11. Контактные явления в полупроводниках.

11.1. Контакт полупроводника с металлом. Энергетическая диаграмма контакта. Распределение потенциала. Условие образования запиорных и антизапиорных слоев на контактах.

11.2. Р-п-переход в полупроводниках.

11.3. Гетеропереходы в полупроводниках.

11.4. Сверхрешетки.

11.5. Полупроводниковые лазерные структуры.

12. Явления в структурах с пониженной размерностью.

12.1. Физические явления в структурах с пониженной размерностью. Энергетическая структура квантово-размерных полупроводниковых кристаллов.

12.2. Статистика равновесных электронов и дырок в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах. Плотность состояний, распределение носителей заряда по энергиям.

13. Методы формирования квантово-размерных структур.

13.1. Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными» методами (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография)

13.2. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур

13.3. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников

13.4. Периодически фасетированные поверхности

13.5. Поверхностные структуры плоских упругих доменов

13.6. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков

13.7. Массивы вертикально связанных квантовых точек

14. Приборы и методы исследования наносистем.

14.1. Методы сканирующей зондовой микроскопии

14.1.1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов

14.1.2. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Конструкции пьезосканеров

14.1.3. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца
Защита зондовых микроскопов от вибраций, акустических шумов

14.1.4. Формирование и обработка СЗМ изображений

14.2. Сканирующая туннельная микроскопия

14.2.1. Принципы сканирующей туннельной микроскопии

14.2.2. Зонды для туннельных микроскопов

14.2.3. Измерение локальной работы выхода

14.2.4. Туннельная спектроскопия

14.3. Сканирующая атомно-силовая микроскопия

14.3.1. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии

14.3.2. Контактная атомно-силовая микроскопия

14.3.3. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии

14.3.4. Бесконтактный режим колебаний кантилеверов

14.3.5. «Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов

14.4. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия

- 14.4.1. Ближнеполевая оптическая микроскопия
- 14.4.2. Зонды на основе оптического волокна
- 14.4.3. Метод контроля расстояния зонд-поверхность в ближнеполевом оптическом микроскопе
- 14.5. Сканирующая ближнеполевая СВЧ-микроскопия*
- 14.5.1. Характеристики ближнеполевых СВЧ-микроскопов
- 14.5.2. СВЧ-зонды для ближнеполевой микроскопии
- 14.5.3. Ближнеполевая СВЧ-микроскопия свойств материалов
- 14.6. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием*
- 14.6.1. Транзисторы с инжекцией горячих электронов
- 14.6.2. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Информационно-коммуникационные технологии
- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в осваиваемой предметной области;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;

- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с представителями российских компаний.

При проведении **практических** (семинарских) занятий в активной форме проводится детальное рассмотрение основ физики полупроводников, основных физических явлений в полупроводниках, основных электрических свойств полупроводников, основных явлений в структурах с пониженной размерностью, основных методов формирования квантово-размерных структур, принципов работы приборов и методы исследования наносистем, основных тенденций развития электронной компонентной базы в соответствии с приведенным ниже списком тем (по выбору преподавателя).

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В преподавании дисциплины «Введение в специальность» используются учебная и научно-исследовательская литература, Интернет сайты, сайт библиотеки Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Предлагаются темы рефератов, вопросы для текущего контроля и промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и практическим (семинарским) занятиям, в выполнении заданий преподавателя, работе в компьютерном классе или библиотеке, использовании интернет-технологий.

Рекомендуется:

- при подготовке к практическим (семинарским) занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую литературу по теме занятия;

- задания, которые даются преподавателем во время занятий по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе практических занятий:

1. Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
2. Основные положения модели Кронига-Пенни, уравнение Кронига-Пенни.
3. Эффективная масса электрона в кристалле, свойства эффективной массы.
4. Зонная диаграмма собственного и примесного полупроводников. Разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной модели твердых тел. Трехмерный периодический потенциал, заполненность энергетических зон в кристаллах.
5. Концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне невырожденного полупроводника и её температурная зависимость.
6. Температурная зависимость концентрации электронов в зоне проводимости примесного полупроводника.
7. Фазовая и групповая скорости распространения волны в дискретной одномерной решетке из одинаковых атомов, минимальная длина волны.
8. Акустическая и оптическая ветви колебаний кристалла, состоящего из атомов разных сортов. Фонон, энергия фонона, рождение и уничтожение фононов.

9. Эффект Холла, холловская и дрейфовая подвижности, коэффициент Холла.
10. Термоэлектрические явления в полупроводниках.
11. Рекомбинация неравновесных носителей. Уравнение непрерывности.
12. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение.
13. Фотоэлектрические явления. Кинетика фотопроводимости. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.
14. Поверхностные явления.
15. Образование приповерхностного слоя пространственного заряда. Область обогащения, обедненная и инверсная области.
16. Контакт полупроводника с металлом. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах.
17. $P-n$ -переход в полупроводниках.
18. Гетеропереходы в полупроводниках. Периодические полупроводниковые структуры (сверхрешетки).
19. Явления вентильной фото ЭДС на контакте.
20. Полупроводниковые лазерные диоды.
21. Явления в структурах с пониженной размерностью
22. Методы формирования квантово-размерных структур
23. Приборы и методы исследования наносистем
24. Сканирующая туннельная микроскопия
25. Сканирующая атомно-силовая микроскопия
26. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия
27. Сканирующая ближнеполевая СВЧ-микроскопия

При реализации программы дисциплины «Введение в специальность» студентам предлагается подготовить реферат. Темы рефератов, предлагаемых студентам на 1-м курсе, соответствуют содержанию дисциплины «Введение в специальность».

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Скорость и ускорение электронов в кристалле, эффективная масса носителей тока и ее анизотропия.
2. Колебания одноатомной линейной цепочки. Закон дисперсии. Пределы изменения и дискретность волнового вектора колебаний.

3. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания.
4. Плотность состояний и функции распределения электронов и дырок в кристалле. Уровень Ферми.
5. Уравнение нейтральности. Температурная зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей в полупроводниках.
6. Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость. Температурная зависимость электропроводности.
7. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.
8. Гальваномагнитные эффекты.
9. Термоэлектрические явления в полупроводниках.
10. Собственное поглощение. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение.
11. Фотоэлектрические явления. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.
12. Контакт полупроводника с металлом. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах.
13. $P-n$ -переход в полупроводниках.
14. Гетеропереходы в полупроводниках. Периодические полупроводниковые структуры (сверхрешетки).
15. Явления вентильной фото ЭДС на контакте.
16. Полупроводниковые лазерные диоды.
17. Явления в структурах с пониженной размерностью
18. Методы формирования квантово-размерных структур
19. Приборы и методы исследования наносистем
20. Сканирующая туннельная микроскопия
21. Сканирующая атомно-силовая микроскопия
22. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия
23. Сканирующая ближнеполевая СВЧ-микроскопия

Рефераты выполняются под руководством преподавателей и сотрудников выпускающей кафедры и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости студентов при реализации программы дисциплины «Введение в специальность» включают в себя проверку выполнения заданий

самостоятельной работы, проводимую в форме опроса на каждом занятии и проверку рефератов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта с оценкой (2-й семестр).

Вопросы для текущего контроля

1. Уравнение Шредингера для свободного электронного газа.
2. Уравнение Шредингера для свободного электронного газа в кристалле.
3. Плотность состояний свободных электронов.
4. Функция распределения свободных электронов по энергиям.
5. Положение уровня Ферми в металле при $T=0$ К.
8. Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
9. Основные положения модели Кронига-Пенни.
10. Уравнение Кронига-Пенни.
11. Графическое решение уравнения Кронига-Пенни в случае произвольной связи.
12. Соотношение Блоха для волновой функции электрона в периодическом потенциале и выражение для Блоховской функции.
13. Понятие зоны Бриллюэна.
14. Эффективная масса электрона в кристалле, свойства эффективной массы.
15. Понятие дырки.
16. Энергетический спектр примеси типа замещения.
17. Зонная диаграмма собственного и примесного полупроводников.
18. Разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной модели твердых тел.
19. Заполненность энергетических зон в кристаллах.
20. Функция распределения электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне полупроводника.
21. Концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне невырожденного полупроводника.
22. Температурная зависимость концентрации электронов в зоне проводимости собственного полупроводника.
23. Температурная зависимость концентрации электронов в зоне проводимости примесного полупроводника.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины во 2-м семестре.

1. Эффект Холла.

2. Магнитосопротивление.
3. Термоэлектрические явления в полупроводниках.
4. Рекомбинация неравновесных носителей.
5. Время жизни. Уравнение непрерывности.
6. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы.
7. Экситоны и экситонное поглощение.
8. Примесное поглощение.
9. Фотопроводимость.
10. Диффузия и дрейф неравновесных носителей. Соотношение Эйнштейна. Длина диффузии.
11. Фото ЭДС.
12. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.
13. Контакт полупроводника с металлом. Энергетическая диаграмма контакта. Распределение потенциала. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах.
14. *P-n*-переход в полупроводниках.
15. Гетеропереходы в полупроводниках. Периодические полупроводниковые структуры (сверхрешетки).
16. Полупроводниковые лазерные диоды.
17. Явления в структурах с пониженной размерностью
18. Методы формирования квантово-размерных структур
19. Приборы и методы исследования наносистем
20. Сканирующая туннельная микроскопия
21. Сканирующая атомно-силовая микроскопия
22. Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия
23. Сканирующая ближнеполевая СВЧ-микроскопия

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.2 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	5	0	10	10	0	10	0	35
2	5	0	10	10	0	10	30	65
Итого	10	0	20	20	0	20	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

1 семестр

Лекции

Посещаемость, активность – от 0 до 5 баллов

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, участие в обсуждении тем занятий – от 0 до 10 баллов

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 10 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат, контрольная работа, научно-исследовательская и методическая деятельность по дисциплине, блиц-опрос – от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация

Не предусмотрена

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 семестр по дисциплине «Введение в специальность» составляет **35** баллов.

2 семестр

Лекции

Посещаемость, активность – от 0 до 5 баллов

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, участие в обсуждении тем занятий – от 0 до 10 баллов

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 10 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат, контрольная работа, научно-исследовательская и методическая деятельность по дисциплине, блиц-опрос – от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой)

Зачёт проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» / «зачтено» оценивается от 21 до 30 баллов

ответ на «хорошо» / «зачтено» оценивается от 11 до 20 баллов

ответ на «удовлетворительно» / «зачтено» оценивается 6 до 10 баллов

ответ на «неудовлетворительно» / «не зачтено» оценивается от 0 до 5 баллов

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Введение в специальность» составляет **65** баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 1 и 2 семестры по дисциплине «Введение в специальность» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Введение в специальность» в оценку (зачет с оценкой)

60 - 100 баллов	«отлично» / зачтено
50 - 59 баллов	«хорошо» / зачтено
30 - 49 баллов	«удовлетворительно» / зачтено
меньше 30 баллов	«неудовлетворительно» / не зачтено

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине и в конце семестра.

Оценка (зачет с оценкой) студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими теоретического зачета на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников [**Электронный ресурс**]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2021. – 390 с. – ЭБС " ЛАНЬ "
2. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность: учеб. пособие / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - 2-е изд., испр. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 327 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 6 экз.)
3. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс. - М. : Техносфера, 2010. – 330 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.), 2007 г. (5 экз.), 2005 г. (13 экз.)
4. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике [**Электронный ресурс**]. - Москва : Техносфера, 2014. - 174 с. – ЭБС «IPRbooks»
5. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособие для студентов ст. курсов вузов / В. Миронов; Рос. акад. наук, Ин-т физики микроструктур г. Нижний Новгород. – М.: Техносфера, 2004. – 143 с. (15 экз.)
6. Введение в нанотехнологию [Текст] / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаб.

- знаний, 2008. - 134, [2] с. (в ЗНБ СГУ 12 экз.)
7. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям / под ред. А. С. Сигова. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. – 146 с. (в НБ СГУ 70 экз.)
 8. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс] : Учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - Москва: Лань", 2021. - 448 с. – Гриф УМО. – ЭБС «ЛАНЬ». — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168852>
 9. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 293 с. (В ЗНБ СГУ 9 экз.)
 10. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 414 с. (В ЗНБ СГУ 45 экз.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Введение в специальность» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор:

профессор, д.ф.-м.н. Скрипаль А.В.

Программа разработана в 2019 году и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 24 апреля 2019 года, протокол № 6.

Программа актуализирована в 2021г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 05 октября 2021 года, протокол № 3.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Богатство наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / Е. А. Гудилин [и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. – 171 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
2. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М.: Физматкнига: Логос: Унив. кн., 2006. – 494 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 14 экз.), 2000 (8 экз.)
3. Гуревич А. Г. Физика твёрдого тела: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН. - СПб.: Нев. Диалект: БХВ-Петербург, 2004. - 318 с. (в ЗНБ СГУ 15 экз.)
4. Физика твёрдого тела: учеб. для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1993. - 490 с. (в ЗНБ СГУ 12 экз), 2000 (1 экз.)
5. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М.: Физматлит, 2001. - 336 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз)
6. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. СПб. ; М. ; Краснодар: Изд-во Лань, 2008. 618 с. (в ЗНБ СГУ 41 экз.)
7. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников [**Электронный ресурс**] : учеб. пособие. – М. : Лань, 2021. - 618 с. **Гриф НМС МО РФ**. – ЭБС «ЛАНЬ»
8. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 30 экз.)
9. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. (в ЗНБ СГУ 43 экз.)
10. Физика твердого тела: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 218 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз)
11. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 2 экз)
12. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / П. Ю, М. Кардона ; . - 3-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 560 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз)
13. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М.: Техносфера, 2007. - 518 с. (**Гриф УМО**) (в ЗНБ СГУ 2 экз)
14. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и др. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)