

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

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института физики,
профессор

С.Б. Вениг

2023 г.



Рабочая программа дисциплины
Введение в специальность

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

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

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2023 г.

| Статус | ФИО | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------|---------|----------|
| Преподаватель-разработчик | Скрипаль Ал.В. | | 08.06.23 |
| Председатель НМК | Скрипаль Ан.В. | | 08.06.23 |
| Заведующий кафедрой | Скрипаль Ал.В. | | 08.06.23 |
| 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 приёмами 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 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Раздел дисциплины | Се- местр | Неделя се- местра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-----------------------------------|--|--------------|-------------------------|---|----------|-----------|-----------|---|
| | | | | Лек | Лаб | Пр | СРС | |
| 1 семестр | | | | | | | | |
| 1. | Введение | 1 | 1 | 2 | | 2 | 4 | Опрос |
| 2. | Основные положения зонной теории. | 1 | 2-5 | 8 | | 8 | 10 | Опрос |
| 3. | Влияние нарушения периодичности на энергетический спектр электронов в кристалле. | 1 | 6-9 | 8 | | 8 | 8 | Опрос |
| 4. | Колебания кристаллической решетки. | 1 | 10-12 | 6 | | 6 | 6 | Опрос |
| 5. | Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах. | 1 | 13-15 | 6 | | 6 | 6 | Опрос Реферат |
| 6. | Электропроводность полупроводников. | 1 | 16-17 | 4 | | 4 | 6 | Опрос. Контрольная работа |
| Итого за 1 семестр – 108ч. | | 1 | | 34 | 0 | 34 | 40 | |
| 2 семестр | | | | | | | | |
| 7 | Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках. | 2 | 1-2 | 4 | | 4 | 5 | Опрос |
| 8 | Термоэлектрические явления в полупроводниках. | 2 | 3-4 | 4 | | 4 | 5 | Опрос |
| 9 | Оптические свойства полупроводников. | 2 | 5-6 | 4 | | 4 | 5 | Опрос |
| 10 | Фотоэлектрические явления. | 2 | 7-8 | 4 | | 4 | 5 | Опрос |
| 11 | Контактные явления в | 2 | 9-10 | 4 | | 4 | 6 | Опрос |

| | | | | | | | | |
|----|---|----------|-------|------------|----------|-----------|-----------|---|
| | полупроводниках. | | | | | | | |
| 12 | Явления в структурах с пониженной размерностью. | 2 | 11-12 | 4 | | 4 | 6 | Опрос |
| 13 | Методы формирования квантово-размерных структур | 2 | 13-14 | 4 | | 4 | 6 | Опрос |
| 14 | Приборы и методы исследования наносистем | 2 | 15-17 | 4 | | 4 | 6 | Опрос Реферат. Контрольная работа |
| | Итого за 2 семестр – 108ч. | 2 | | 32 | 0 | 32 | 44 | |
| | Промежуточная аттестация | 2 | | | | | | Зачет с оценкой |
| | Общая трудоемкость дисциплины | | | 216 | | | | |

Содержание дисциплины

1. Введение.

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

Краткий исторический очерк развития электроники и нанoeлектроники.

Роль отечественных ученых в развитии современной физики электроники и нанoeлектроники.

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

2. Основные положения зонной теории.

Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.

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.

Элементарная теория примесных состояний.

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

4. Колебания кристаллической решетки.

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

Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания.

Понятие о фононах.

5. Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах.

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

Свойства электронных невырожденного и вырожденного газов.

6. Электропроводность полупроводников.

Температурная зависимость электропроводности.

Электропроводность в сильных полях.

Эффект Ганна.

7. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.

Классификация гальваномагнитных и термомагнитных явлений.

Эффект Холла, холловская и дрейфовая подвижности, коэффициент Холла.

Изменение сопротивления в магнитном поле.

8. Термоэлектрические явления в полупроводниках.

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.

Фотопроводимость. Параметры, определяющие фотопроводимость.

Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.

11. Контактные явления в полупроводниках.

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

R-p-переход в полупроводниках.

Гетеропереходы в полупроводниках.

Сверхрешетки.

Полупроводниковые лазерные структуры.

12. Явления в структурах с пониженной размерностью.

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

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

13. Методы формирования квантово-размерных структур.

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

Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур

Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников

Периодически фасетированные поверхности

Поверхностные структуры плоских упругих доменов

Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков

Массивы вертикально связанных квантовых точек

14. Приборы и методы исследования наносистем.

Методы сканирующей зондовой микроскопии

Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов

Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.

Конструкции пьезосканеров

Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца

Защита зондовых микроскопов от вибраций, акустических шумов

Формирование и обработка СЗМ изображений

Сканирующая туннельная микроскопия

Принципы сканирующей туннельной микроскопии

Зонды для туннельных микроскопов

Измерение локальной работы выхода

Туннельная спектроскопия

Сканирующая атомно-силовая микроскопия

Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии

Контактная атомно-силовая микроскопия

Колебательные методики атомно-силовой микроскопии

Бесконтактный режим колебаний кантилеверов

«Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов

Сканирующая ближнеполевая оптическая микроскопия

Ближнеполевая оптическая микроскопия

Зонды на основе оптического волокна

Метод контроля расстояния зонд-поверхность в ближнеполевом оптическом микроскопе

Сканирующая ближнеполевая СВЧ-микроскопия

Характеристики ближнеполевых СВЧ-микроскопов

СВЧ-зонды для ближнеполевой микроскопии

Ближнеполевая СВЧ-микроскопия свойств материалов

Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием

Транзисторы с инжекцией горячих электронов

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 «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 2023 г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 8 июня 2023 года, протокол № 10.

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)