МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научно-
инновационной работе
_____ Е.А. Жидкова

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Группа научных специальностей
1.3. Физические науки

Научная специальность
1.3.8. Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

Кемерово, 2026

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00AAEDD5461FD53813B964A5488C8CD20B
Владелец: Просеков Александр Юрьевич
Действителен: с 18.06.2025 до 11.09.2026

Форма проведения вступительного испытания: экзамен (устно) по билетам. Билет содержат 2 вопроса. Результаты оцениваются по 5-балльной шкале.

При ответе на вопросы поступающий должен продемонстрировать глубокие знания по дисциплине.

Критерии оценки знаний на экзамене:

Балл «**5**» на экзамене ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами
- использовании в ответе дополнительный материал
- иллюстрировать теоретические положения практическим материалом

Балл «**4**» на экзамене ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе
- умении оперировать специальными терминами
- использовании в ответе дополнительный материал
- иллюстрировать теоретические положения практическим материалом

Но в ответе:

- имеются негрубые ошибки или неточности
- возможны затруднения в использовании практического материала
- делаются не вполне законченные выводы или обобщения

Балл «**3**» ставится при:

- схематичном неполном ответе
- неумении оперировать специальными терминами или их незнание
- с одной грубой ошибкой
- неумением приводить примеры практического использования научных знаний

Балл «**2**» ставится при:

- ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками
- неумением оперировать специальной терминологией
- неумением приводить примеры практического использования научных знаний

РАЗДЕЛ 1. ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И МЕТОДЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Классификация дефектов кристаллической структуры.
2. Дефекты кристаллов полупроводников и диэлектриков.
3. Упругие поля дефектов кристаллической структуры.
4. Закономерности генерации и распространения дислокаций.
5. Закономерности взаимодействия точечных и протяженных дефектов.
6. Влияние дефектов на параметры полупроводниковых приборов.
7. Методы выявления дефектов кристаллической структуры:

- оптические,
- рентгеновские,
- электронно-микроскопические.

8. Двухволновая динамическая теория.

9. Закономерности электронных микрофотографий:
- дислокаций,
- дефектов упаковки,
- преципитатов.

10. Генерация дефектов в результате технологических воздействий микроэлектронного производства.

11. Методы исследования состава, структуры и свойств полупроводниковых материалов.

11.1. Световая, электронная и рентгеновская микроскопия для исследования макро, микро - и субструктуры материалов.

11.2. Методы рентгенографии и электрографии для исследования атомно-кристаллической структуры моно- и поликристаллов, приповерхностных слоев, пленок, текстурированных образцов, строения аморфных пленок, фазового состава**.**

11.3. Спектральные методы исследования элементарного состава и электронной структуры атомов с использованием различных электромагнитных излучений.

11.4. Рентгеновский флуоресцентный анализ, рентгеноспектральный микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (ЭСХА), электронная Оже-спектроскопия. Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС). Резонансные методы анализа: ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, раман-спектроскопия. Методы активационного анализа.

11.5. Методы исследования электрофизических и других свойств полупроводниковых материалов - ширины запрещенной зоны, подвижности и времени жизни носителей заряда, показателя преломления, механических свойств.

11.6. Методы исследования наноструктурированных материалов. Зондовая микроскопия, атомно-силовая микроскопия, оптическая микроскопия ближнего поля.

Рекомендуемая литература:

1. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов, методы исследования и контроля. - М.: Техносфера, 2004.

2. Основы аналитической электронной микроскопии. Под ред. Грена Д.Х. - М.: Металлургия, 1990.

3. Боуэн Д.К., Тоннер Б.К. Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография. - С.-Петербург: Наука, 2002.

4. Коркишко Ю.Н., Борисов А.Г., Никитина Н.Г., Суханова Л.С., Петрова В.З. Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники. Учебное пособие. Часть 1: Методы исследования состава материалов электронной техники /Под ред. Коркишко Ю.Н. – М.:МИЭТ (ТУ), 1997.

5. Матына Л.И., Федоров В.А., Коркишко Ю.Н. Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники. Учебное пособие. Часть 2: Методы исследования структуры материалов электронной техники /Под ред. Коркишко Ю.Н. – М.:МИЭТ (ТУ), 1997.

РАЗДЕЛ 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ И ОПТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

1. Генерация света в конденсированных веществах. Лазеры. Ширина спектральной линии; когерентность излучения; усиление и эффекты насыщения в лазерах, оптические резонаторы. Типы лазеров: жидкостные, твердотельные, полупроводниковые. Лазерные материалы. Квантоворазмерные лазеры. Лазеры на наноразмерных гетероструктурах и квантовых точках.
2. Волоконные световоды. Распространение энергии по волоконным оптическим волноводам, принципы работы оптических волноводов, оптические волокна и их характеристики, волновое уравнение и передаточные параметры, затухание.
3. Планарный волновод. Уравнения Максвелла для планарного диэлектрического волновода. Граничные условия. Моды планарного волновода. Ортогональность мод. Модификации дисперсионного уравнения для различных типов волноводов. Метод Венцеля-Крамерса-Бриллюэна. Оптические волноводы в изотропных и одноосных кристаллах. Тензоры диэлектрической проницаемости и непроницаемости анизотропных волноводов. Дисперсионные уравнения трехслойных анизотропных волноводов. Канальные волноводы.
4. Пассивные интегрально-оптические элементы. Волноводные линзы. Типы линз. Методы расчета и изготовления. Волноводные поляризаторы. Типы поляризаторов. Материалы и методы изготовления. Направленные ответвители и разветвители каналов. Принципы. Методы изготовления.
5. Электрооптический эффект. Эффекты Керра и Поккельса. Связь электрооптического тензора с симметрией кристаллов. Электрооптические модуляторы.
6. Акустооптический эффект. Фотоупругость. Дифракция Брэгга и Рамана-Натта. Акустооптическое взаимодействие в волноводах. Волноводный акустооптический дефлектор, интегрально-оптический анализатор спектра радиосигналов. Технология изготовления.
7. Фотонные кристаллы. Описание физики поведения световых волн в наноструктурированных оптических материалах. Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных свойств низкоразмерных гетероструктур в видимом и ближнем ИК диапазонах.
8. Нелинейная оптика. Микроскопическая природа нелинейности. Нелинейности второго и третьего порядка. Тензор нелинейности второго порядка. Фазовый синхронизм. Квазифазовый синхронизм. Эффективность нелинейно-оптического преобразования. Генерация второй гармоники.

Сложение и вычитание частот, самомодуляция, самосжатие и самофокусировка. Нелинейно-оптические материалы.
8. Фоторефрактивный эффект. Взаимодействие волн в фоторефрактивных волноводах. Стимулированное фоторефрактивное рассеяние света в волноводах. Интегрально-оптические элементы на основе фоторефрактивных волноводов. Двухлучевое взаимодействие. Оптическая память. Запись волноводных голограмм. Фоторефрактивные материалы.
9. Усиление света в волоконных, планарных и канальных волноводах. Волноводные лазеры. Объемное и локальное легирование диэлектриков и полупроводников редкоземельными и переходными элементами.
10. Методы и устройства модуляции оптического излучения, фотоприемники и фотоприемные модули, принципы действия и основные характеристики; коммутационные оптроны, оптоэлектронные реле, разъемы, переключатели; оптические устройства информатики, оптические запоминающие устройства и процессоры. Материалы и методы изготовления.
11. Фотонные кристаллы. Формирование фотонной запрещенной зоны. Распространение света в фотонных кристаллах. Лазеры на основе квантоворазмерных структур. Волоконные и планарные световоды на основе фотонных кристаллов.

Рекомендуемая литература:

1. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. - М.: Техносфера, 2004.
2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. - М.: Техносфера, 2004.
3. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов. - М.: Мир, 1984.
4. Содха М.С., Гхатак А.К. Неоднородные оптические волноводы. - М.: Связь, 1980.
5. Чео П.К. Волоконная оптика. Приборы и системы. - М.: Энергоатомиздат, 1988,

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

1. Энергетические диаграммы контактов металл-полупроводник n- и p-типа. Барьер Шоттки. Понижение высоты потенциального барьера под действием электрического поля и сил изображения. Надбарьерные механизмы токопрохождения, диодная теория, диффузионная теория и объединенная диодно-диффузионная теория. Полевая и термополевая эмиссии. Емкость барьера Шоттки. Физические основы работы и характеристики полевого транзистора с барьером Шоттки.
2. Энергетические диаграммы структур металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Электрофизические процессы в идеальной МДП-структуре. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры. Квантование энергетического спектра носителей заряда в приповерхностных слоях полупроводников. Неидеальные МДП-структуры. Поверхностные электронные состояния на границе раздела диэлектрик-полупроводник. Фиксированный заряд в диэлектрике. Ионные дрейфово-диффузионные процессы в диэлектрических

слоях МДП-структур. Методы исследования свойств МДП-структур методы квазиравновесных высокочастотных и низкочастотных вольт-фарадных характеристик, неравновесных высокочастотных вольт-фарадных характеристик, динамических вольт-амперных характеристик и термостимулированных токов деполяризации. Физические основы работы МДП-транзисторов. Выходная вольт-амперная характеристика МДП-транзистора. Короткоканальные эффекты.

3. Неупорядоченные полупроводники (*a*-Si и *a* -Si :H), полупроводниковые стекла, жидкие полупроводники.

Основные классы неупорядоченных полупроводниковых материалов; аморфное, стеклообразное и жидкое состояние. Структурные особенности и термическая стабильность. Типы плавления полупроводников по характеру изменений межатомного взаимодействия. Получение п/п материалов при высоких скоростях охлаждения. Эффекты, наблюдаемые при глубоких переохлаждениях:

Структурные особенности и дефектные состояния в *a*-Si:H и сплавах на его основе. Роль водорода. Энергетический спектр носителей заряда в аморфных полупроводниках. Плотность электронных состояний, хвосты зон, уровни дефектов. Оптические и электрофизические свойства a-Si:H, эффект и сплавов на его основе. Метастабильность электрофизических свойств a-Si:H, эффект Стэблера-Вронсткого. Тонкопленочные полевые транзисторы на основе a-Si:H и области их применения. Сенсоры на основе a-Si:H и области их применения. Основные характеристики солнечных батарей на основе a-Si:H. Основные свойства, особенности строения стеклообразных и жидких полупроводников. Области применения. Основные типы приборов переключатели и элементы памяти. Оптические системы отображения информации на основе стеклообразных полупроводников. Полупроводниковые стекла: оксидные и халькогенидные. Технология получения полупроводниковых стекол и пленок на их основе. Электрофизические и оптические свойства.

Рекомендуемая литература:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. № 1.- М.: Мир, 1984.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. №2 - М.: Мир, 1984.
3. Новоселова А.В., Глазов В.М., Смирнова Н.А., и др., Термодинамика и материаловедение полупроводников. - М.: Металлургия, 1992.
4. Будагян Б.Г., Штерн Ю.И., Шерченков А.А.. Материалы электронной техники. Учебное пособие. - М.:МИЭТ (ТУ). 1997.
5. Будагян Б.Г. Шерченков А.А., Мейтин М.Н. Полупроводниковые преобразователи энергии. Учебное пособие. - М.: МИЭТ (ТУ). 2000.

РАЗДЕЛ 4. ФИЗИКА НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

1. Квантовые ямы, проволоки и точки. Физические эффекты, обусловленные размерами и размерностью нанообъектов. Ферми-газ и плотность состояний. Потенциальные ямы. Свойства, зависящие от плотности состояний. Одноэлектронное туннелирование.
2. Электрофизические размерные эффекты. Классический размерный эффект по дебаевской длине. Квантовые размерные эффекты в тонких пленках. Размерное квантование в области пространственного заряда.
3. Металлические нанокластеры. Теоретическое моделирование наночастиц. Электронная структура. Полупроводниковые наночастицы. Оптические свойства. Экситоны. Фотофрагментация.
4. Углеродные наноматериалы. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Методы получения. Физические и химические свойства. Области применения.
5. Особенности адсорбционных процессов в микро - и наноструктурах. Размерные эффекты и фазовые переходы.
6. Нанопристые материалы, получение свойства, применение. Пористые полупроводники и диэлектрики. Оптические свойства периодических пористых наноструктур. Фотонные кристаллы.
7. Методы молекулярного наслаивания в современной микро - и нанотехнологии. Физические и химические основы методов. Свойства многослойных наноструктур.
8. Зондовые методы получения и диагностики наноматериалов. Сканирующая зондовая микроскопия. Принципы действия. Особенности сканирующей туннельной, атомно-силовой, магнитно-силовой зондовой микроскопии.

Рекомендуемая литература:

1. Пул Ч.,Оуэнс Ф. Нанотехнологии. - М.: Техносфера, 2004.
2. Асеев А.Л. (отв. ред.) Нанотехнологии в полупроводниковой электронике**.** **–** М.: Издательство: СО РАН, 2004 .
3. Киселев В.Ф., Козлов С.Н., Зотеев А.В. Основы физики поверхности твердого тела. – М.: Изд-во МГУ, 1999.
4. Неволин В.К. Основы туннельно-зондовой нанотехнологии.- М.: 1996.
5. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века/ Харрис П.; Пер.с англ. под ред. и с доп. Чернозатонского Л.А..- М.: Техносфера, 2003.