



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

Кафедра «Инженерная физика»

Образовательная программа
11.04.04- Электроника и нанoeлектроника

Профиль подготовки:
Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения:
Очно-заочная

Статус дисциплины:
модуль профильной направленности

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС 3++ ВО- магистратура по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и нанoeлектроника, программа магистратуры: Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники от «05» апреля 2017 №301.

Разработчик(и): кафедра инженерной физики
Шабанов Ш.Ш. – к.т.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры инженерной физики от «29» июня 2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой —  Садыхов С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 » июня 2021г., протокол № 10.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» июля 2021г.

Нач. УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 – *Электроника и наноэлектроника*. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой *Инженерная физика*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с взаимодействием света с полупроводниками и физические принципы работы приборов оптоэлектроники и методы расчёта их характеристик

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций

выпускника: Профессиональных компетенции ПК-1.1.; ПК-1.2.; ПК-2.1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, тестирование, письменные контрольные задания и промежуточный контроль в форме зачёта.

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
10	108	18	6	6	6			90	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Полупроводниковая оптоэлектроника» знакомство студентов с основами полупроводниковой микро- и оптоэлектроники, дискретными приборами и интегральными схемами, основными терминами, физическими принципами, лежащими в основе работы микро- и оптоэлектронных устройств, технологическими операциями и характеристиками материалов, используемых при производстве микро- и оптоэлектронных полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» в структуре ОПОП ВО входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 – *Электроника и наноэлектроника*.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-1. Способен разработать и внедрить современные технологические процессы и программы выпуска изделий микро- и наноэлектроники	ПК-1.1. Способен проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и наноэлектроник и	Знает: - средства поиска информации в информационных сетях; - основы структурирования и систематизации информации - методика сравнительного критериального анализа; - мировые достижения в области микро- и наноэлектроники; - характеристики продукции лидеров в области производства техники в данной области; - структура существующих производственного и технологического процессов производства изделий микро- и наноэлектроники; - используемое технологическое оборудование и принципы его работы; - методика расчета экономической эффективности технологических процессов. Умеет: - искать информацию в различных печатных и электронных источниках; - систематизировать найденную информацию; - выявлять тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием; - определять существенные для выпускаемых изделий параметры и характеристики перспективных материалов, технологических процессов и оборудования; - определять критерии сравнения существующих и перспективных материалов, технологических процессов и оборудования; -

		рассчитывать экономический эффект от внедрения новых материалов, технологических процессов и оборудования. Владеет: - навыками сбора и систематизации информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве изделий микро- и нанoeлектроники; - навыками анализа полученной информации с целью улучшения качественных и количественных показателей выпускаемых изделий микро- и нанoeлектроники; - навыками оценки направлений научного развития исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием; - навыками проводить сравнительный анализ характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования; - навыками оценки технологической и экономической целесообразности внедрения новых материалов, технологических процессов и оборудования в существующий цикл производства изделий микро- и нанoeлектроники.
	ПК-1.2. Способен организовать и проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и нанoeлектроник и.	Знает: - базовые технологические процессы и оборудование производства изделий микро- и нанoeлектроники. - передовые технологические процессы и оборудование; - современные материалы, используемые в производстве изделий микро- и нанoeлектроники. - типовые тестовые структуры для анализа технологических процессов и тестирования оборудования; - порядок и методы проведения патентных исследований; - основы изобретательства; - методы математической статистики; - основы планирования эксперимента; - материалы микроэлектронной промышленности; - теория риск-менеджмента. Умеет: - анализировать передовые разработки в области оборудования и технологий; - осуществлять патентные исследования; - формировать конкурсные заявки на проведение НИОКР и ОКР; - планировать экспериментальные работы; - разрабатывать тестовые структуры для оценки качества выполнения технологических операций и

		контроля параметров используемого оборудования; -определять экономическую целесообразность внедрений нового технологического оборудования и технологий; - оценивать риски внедрения нового оборудования и процесса; - работать с контрольно- измерительным оборудованием; - осуществлять контроль и проводить измерения выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе; - проводить анализ и определять причины отклонения параметров - работать со статистическими данными; - осуществлять технологический надзор; - работать с конструкторской, технологической и другими видами нормативной документации. Владеет: - навыками анализа передовых разработок в области технологий и оборудования для производства изделий микроэлектроники; - навыками проведения патентных исследований и определения показателей технического уровня внедряемых технологий и оборудования; - навыками подготовки технической и технологической информации для патентных и лицензионных паспортов, заявок на изобретения и промышленные образцы; - навыками формирования конкурсных заявок на проведение научно- исследовательских и опытно- конструкторских работ (НИОКР) и опытно-конструкторских работ (ОКР) ; - навыками разработки планов проведения экспериментальных работ; - опытом проводить назначение и инструктаж исполнителей экспериментальных работ - навыками формирования заявок на приобретение материалов и комплектующих; - навыками разработки методик и средств оценки качества выполнения технологических операций и контроля параметров используемого оборудования; - навыками проведения технико- экономического обоснования внедрения нового технологического оборудования и технологий; - навыками контроля и проведения измерений выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе; - навыками анализа и определения причин отклонения параметров от заданных; - навыками контроля накопления статистических данных и их обработки, осуществляемых специалистами 5 и 6 уровня
--	--	--

		квалификации; - навыками анализа результатов проведения экспериментальных работ; - навыками составления заключения о целесообразности внедрения новых технологических процессов и оборудования на основании экспериментальных данных; - навыками изучения периодических изданий по технологии производства изделий микроэлектроники; - опытом посещения профильных выставок оборудования, технологических семинаров и конференций.
ПК-2. Способен разработать, контролировать и корректировать технологические маршруты и технологические процессы изготовления изделий "система в корпусе"	ПК-2.1. Способен согласовать техническое задание на технологический маршрут изготовления изделий "система в корпусе"	Знает: - технико-экономические и прогнозные исследования в области технологии производства изделий "система в корпусе"; - эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов, используемых для изготовления изделий "система в корпусе"; - эксплуатационные и ресурсные (параметры надежности) характеристики конечного изделия "система в корпусе"; - параметры технологического оборудования, применяемого для производства изделий "система в корпусе", и его технические возможности; - технологии изготовления изделий "система в корпусе"; - требования законодательства Российской Федерации, технических регламентов, сводов правил, стандартов, санитарных правил и норм, гигиенических нормативов в области производства изделий "система в корпусе"; - основы экономики и организации производства изделий микро- и наноэлектроники; - технический английский язык в области микро- и наноэлектроники; - требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья. Умеет: - оставлять техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - согласовывать техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - вносить корректировки в техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - работать с нормативно-технической и технико-экономической документацией по технологии изготовления изделий "система в корпусе"; - внедрять прикладное программное обеспечение для разработки технической и

		технологической документации по технологии изготовления изделий "система в корпусе". Владеет: - навыками анализа нормативно-технической и технико-экономической документации по технологии изготовления изделий "система в корпусе"; - навыками определения технического уровня проектируемого технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - навыками корректировки технического задания на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - навыками согласования и утверждение технического задания на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе".
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **3** зачетных единиц, **108** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

2. Структура дисциплины									
№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторн ые занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1.								
1	Введение. Преимущества оптического диапазона для обработки информации. Перспективы развития оптоэлектроники. Физические явления, используемые в работе оптоэлектронных устройств.	10		1	1	1		15	(ДЗ), (С), (КСР)
2	Классификация. Основные			1	1	1		15	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)

	характеристики излучателей. Способы генерации света. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения.								
	Итого по модулю 1:			2	2	2		30	
	Модуль 2								
3	Классификация. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики. Фоторезисторы. Фотодиоды. Типы фотодиодных структур.			1	1	1		15	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
4	Волоконно-оптические линии связи. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи. Элементная база. Типы оптических волноводов.			1	1	1		15	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 2:			2	2	2		30	
	Модуль 3.								
5	Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных па Виды оптроно Основные параметры характеристики. Материалы и метод изготовления			1	1	1		15	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах.			1	1	1		15	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 3:			2	2	2		15	
	ИТОГО: 108			6	6	6		90	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1

Тема 1. Преимущества оптического диапазона для обработки информации. Перспективы развития оптоэлектроники. Физические явления, используемые в работе оптоэлектронных устройств.

Тема 2. Источники излучения. Классификация. Основные характеристики излучателей. Способы генерации света. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения. Конструкции светодиодов, материалы и технология изготовления. Лазеры. Условия генерации когерентного излучения. Полупроводниковые лазеры, принцип действия, достоинства и недостатки. Гетеролазеры. Конструкции гетеролазеров, материалы и методы изготовления. Индикаторы. Физические эффекты, используемые для индикации. Виды индикаторов.

Модуль 2

Тема 3. Фотоприемники. Классификация. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики. Фоторезисторы. Фотодиоды. Типы фотодиодных структур. Фотоприемники с внутренним усилением. Многоэлементные фотоприемники.

Тема 4. Волоконно-оптические линии связи. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи. Элементная база. Типы оптических волноводов. Методы изготовления и материалы световодов. Потери в оптических волноводах. Световод на основе p-n перехода.

Модуль 3

Тема 5. Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных пар. Виды оптронов. Основные параметры и характеристики. Материалы и методы изготовления.

Тема 6. Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах. Лазеры с квантовыми ямами и точками. Модуляторы на квантовых точках. Фоточувствительные структуры. Фотоприемники на квантовых ямах. Лавинные фотодиоды.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<u>Лекция 1.</u> Физические явления, используемые в работе оптоэлектронных устройств. Источники излучения. Классификация. Основные характеристики излучателей. Способы генерации света. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения. Конструкции светодиодов, материалы и технология изготовления. Лазеры. Условия генерации когерентного излучения. Полупроводниковые лазеры.

	принцип действия, достоинства и недостатки. Гетеролазеры. Конструкции гетеролазеров, материалы и методы изготовления. Индикаторы. Физические эффекты, используемые для индикации. Виды индикаторов. <u>Лекция 2.</u> Фотоприемники. Классификация. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики. Фоторезисторы. Фотодиоды. Типы фотодиодных структур. Фотоприемники с внутренним усилением. Многоэлементные фотоприемники.
2.	<u>Лекция 3.</u> Волоконно-оптические линии связи. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи. Элементная база. Типы оптических волноводов. Методы изготовления и материалы световодов. Потери в оптических волноводах. Световод на основе p-n перехода. <u>Лекция 4.</u> Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных пар. Виды оптронов. Основные параметры и характеристики. Материалы и методы изготовления.
3.	<u>Лекция 5.</u> Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах. Лазеры с квантовыми ямами и точками. Модуляторы на квантовых точках. Фоточувствительные структуры. Фотоприемники на квантовых ямах. Лавинные фотодиоды.

4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

1. Физические явления, используемые в работе оптоэлектронных устройств.
2. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения.
3. Лазеры. Условия генерации когерентного излучения. Полупроводниковые лазеры, принцип действия, достоинства и недостатки. Гетеролазеры.
4. Фотоприемники. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики.
5. Контактные явления в микроэлектронных структурах.

4.3.3. Темы самостоятельной работы

1. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения.
2. Конструкции гетеролазеров, материалы и методы изготовления.
3. Индикаторы. Физические эффекты, используемые для индикации. Виды индикаторов.
4. Фотоприемники. Классификация.
5. Фоторезисторы. Фотодиоды.

6. Типы фотодиодных структур. Фотоприемники с внутренним усилением. Многоэлементные фотоприемники.
7. Волоконно-оптические линии связи. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи.
8. Типы оптических волноводов. Методы изготовления и материалы световодов. Потери в оптических волноводах.
9. Световод на основе р-п перехода.
10. Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных пар.
11. Виды оптронов. Основные параметры и характеристики. Материалы и методы изготовления.
12. Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах.
13. Лазеры с квантовыми ямами и точками. Модуляторы на квантовых точках.
14. Фоточувствительные структуры. Фотоприемники на квантовых ямах. Лавинные фотодиоды.

4.3.4. Темы лабораторных работ

1. Светоизлучающие диоды.
2. Полупроводниковые лазеры.
3. Фоторезисторы.
4. Фотодиоды.
5. Оптроны. Основные параметры и характеристики.
6. Волоконно-оптические линии связи

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, лабораторные занятия, семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Зачет в конце 10 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Зачетные вопросы

1. Источники излучения. Классификация
2. Основные характеристики излучателей. Способы генерации света.
3. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения.
4. Лазеры. Условия генерации когерентного излучения.
5. Полупроводниковые лазеры, принцип действия, достоинства и недостатки.
6. Гетеролазеры. Конструкции гетеролазеров, материалы и методы изготовления
7. Индикаторы. Физические эффекты, используемые для индикации. Виды индикаторов.
8. Фотоприемники. Классификация.
9. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики.
10. Фоторезисторы. Характеристики.
11. Фотодиоды. Типы фотодиодных структур.

12. Фотоприемники с внутренним усилением. Многоэлементные фотоприемники.
13. Волоконно-оптические линии связи.
14. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи.
15. Элементная база. Типы оптических волноводов.
16. Методы изготовления и материалы световодов. Потери в оптических волноводах.
17. Световод на основе p-n перехода.
18. Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных пар.
19. Виды оптронов. Основные параметры и характеристики.
20. Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах.
21. Лазеры с квантовыми ямами и точками.
22. Модуляторы на квантовых точках.
23. Фоточувствительные структуры.
24. Фотоприемники на квантовых ямах.
25. Лавинные фотодиоды.

7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе

1. Спектральная полоса излучения инжекционного лазера имеет максимум $\lambda = 980$ нм. Оцените ширину запрещенной зоны активной области лазера.
2. Ширина запрещенной зоны p-перехода фотодиода 1.1 эВ. Оцените порог спектральной чувствительности p-i-n фотодиода.
3. Определите минимальный коэффициент усиления инжекционного лазера для обеспечения стационарной генерации, если резонатор имеет длину $L = 0.4$ мм и образован естественными сколами кристалла с показателем преломления $n = 3.6$.
4. Определите пороговый ток инжекционного лазера, имеющего параметры $n = 3.6$, $\Delta\lambda = 20$ нм, $\lambda_{\text{max}} = 900$ нм, длину резонатора 0.4 мм, внутреннюю квантовую эффективность излучательной рекомбинации 0.95, ширину гетероперехода 0.5 мкм. Температурной зависимостью порогового тока пренебречь.
5. Определите размеры области излучения на торцевой грани инжекционного лазера, если на расстоянии 1 м лазерный луч представляет из себя эллипс с осями $a = 0.4$ м, $b = 0.01$ м.
6. Определите величину напряжения смещения рабочей точки и амплитуду напряжения на продольном электрооптическом модуляторе на АДР кристалле для обеспечения глубины модуляции $m = 0.84$.
7. Определите амплитудное значение тока для обеспечения глубины модуляции $m = 0.84$ на магнитооптическом модуляторе Y3Fe10O12 ($\mu = 200$, $C\lambda = 300$), имеющего размеры $d = 5$ мм, $L = 10$ мм. Число витков катушки на стержень равно 100.
8. Определить полосу пропускания волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления, если диаметр сердцевин составляет 50 мкм, относительная разность показателя преломления 0.01, показатель преломления сердцевин 1.41, длина волны излучения λ мкм.
9. Определите полосу пропускания волновода с градиентным профилем показателя преломления, $d = 50$ мкм, $\Delta = 0.01$, $n_1 = 1.41$, $\Lambda = 0.9$ мкм.
10. Определить число волноводных мод в волоконном световоде, если нормализованная частота равна 2.405.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-балльную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

8. Перечень основной, дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины №	Библиографическое описание (авторы/составители, заглавие, вид издания, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в наличии в библиотеке/ в каталоге ЭБС
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Дробот П.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72141.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
2.	Ермаков, О.Н. Опoeлектроника. Ч.1 Физические	1 (в научной библиотеке)

	основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная : оптоэлектроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин. - М. : " Янус-К ", 2010. - 2666-67. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ	ДГУ)
3.	Ермаков, О.Н. Оптоэлектроника. Ч.2 Оптроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин. - М. : "Янус", 2011. - 2118-64. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ	1 (в научной библиотеке ДГУ)
4.	Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс] : монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2015. — 192 с. — 978-5-98704-833-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33418.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Бугров В.Е. Оптоэлектроника светодиодов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Е. Бугров, К.А. Виноградова. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 173 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67449.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
2.	Физика наноструктур [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Федоров [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2014. — 131 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65342.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
3.	Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс] / В.К. Неволин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2013. — 128 с. — 978-5-94836-361-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16975.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
4.	Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / К.А. Виноградова, С.Н. Липницкая, В.Е. Бугров. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 85 с. — 2227-8397.	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

	— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67448.html	
5.	Орликов Л.Н. Технология приборов оптической электроники и фотоники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 87 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13992.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
6.	Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13990.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
7.	Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 100 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13991.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
8.	Евсеева Т.П. Технология материалов и покрытий. Тексты лекций (часть I) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.П. Евсеева. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 131 с. — 978-5-7882-1140-4. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63495.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
9.	Дробот П.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

	университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72141.html	
--	--	--

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации (www.fepo.ru).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. www.affp.mics.msu.su

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять

	<i>ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.</i>
Практические занятия	<i>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</i>
Реферат	<i>Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.</i>
Подготовка к зачету	<i>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.</i>

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.