



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:
Физика полупроводников и диэлектриков

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

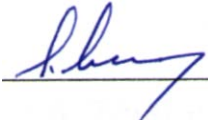
Махачкала 2018

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: физика полупроводников и диэлектриков (уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

Разработчик(и): Шабанов Ш.Ш. – к.т.н., доцент кафедры ИФ

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры Инженерная физика от « 25 » 06 2018 г., протокол № 1а

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 29 »
06 2018 г., протокол № 11.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 02 »

07 2018 г. 

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 – *Электроника и нанoeлектроника*. 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:

Общекультурные компетенции - ОК-2, общепрофессиональных - ОПК-1

профессиональных компетенции ПК-3.

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.

Объём дисциплины 2 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
9	72	32	10	12	10			40	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 нанoeлектроника*.

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)
ОК-2	способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	Знать: • базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике и технологии тонких плёнок; • современные методы научно-исследовательской работы; • принципы работы современного инновационного оборудования, используемого при выполнении физического практикума Уметь: • организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом; • использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы; • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности; • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования Владеть: • основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях;

		компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях;
ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знать: - основные технологические методы получения тонких плёнок; - терминологию, основные понятия и определения; - особенности строения тонких плёнок, зависимость их свойств от строения и толщины; - физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях внешних воздействий и эксплуатации. Уметь: - оценивать свойства материалов как результат последовательности состав материала – структура – дисперсность – свойства – области применения; - вести научно-исследовательскую деятельность в области тонких плёнок с использованием современных математических моделей и методов; - выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. - анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; - самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и диэлектриков, физики систем пониженной размерности; Владеть: - основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики тонких плёнок; - методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики тонких плёнок; - методами количественного формулирования и решения практических задач по физике тонких плёнок.

ПК-3	готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	Знать: • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. Уметь: • описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике тонких плёнок; • применять методы моделирования физические процессы в тонких плёнках с использованием методов вычислительной физики; • оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; • аргументированно защищать результаты выполненной работы Владеть: • навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д. • навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями; • навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.
------	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма
-------	---------------------------	---------	--------	--	-----------------	---

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		промежуточной аттестации (по семестрам)
	Модуль 1.								
1	Введение. Преимущества оптического диапазона для обработки информации. Перспективы развития оптоэлектроники. Физические явления, используемые в работе оптоэлектронных устройств.	9		1	1	2		8	(ДЗ), (С), (КСР)
2	Классификация. Основные характеристики излучателей. Способы генерации света. Светоизлучающие диоды. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность светодиодов, методы их повышения.			1	1	2		6	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 1:			2	2	4		14	
	Модуль 2								
3	Классификация. Характеристики фотоприемников. Спектральные, интегральные и пороговые характеристики. Фоторезисторы. Фотодиоды. Типы фотодиодных структур.			1	1	2		6	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
4	Волоконно-оптические линии связи. Принцип построения и основные характеристики оптических каналов связи. Элементная			1	2	2		6	(ДЗ), (С), (КСР)

	база. Типы оптических волноводов.							
	Итого по модулю 2:			2	3	4		12
	Модуль 3.							
5	Оптроны. Принципы подбора оптоэлектронных па Виды оптроно Основные параметры характеристики. Материалы и метод изготовления			4	4	2		7 (ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Оптоэлектронные приборы на квантово-размерных структурах.			2	1	2		7 (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 3:			6	5	4		14
	ИТОГО: 192			10	10	12		40

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 р-п 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 характеристик излучателей. Способы генерации света. Светоизлучающие диоды. Внутренняя/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 p-n 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 компетентностного 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. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-2 способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом		Знать: • базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике и технологии тонких плёнок; • современные методы научно-исследовательской работы; • принципы работы современного инновационного оборудования, используемого при выполнении физического практикума Уметь: • организовать научно-исследовательские и научно-	Устный опрос, письменный опрос

		производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом; • использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы; • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности; • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования Владеть: • основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях;	
ОПК-1 способностью понимать основные проблемы в своей			Письменный опрос

предметной области, выбирать методы и средства их решения		Знать: • основные технологические методы получения тонких плёнок; • терминологию, основные понятия и определения; • особенности строения тонких плёнок, зависимость их свойств от строения и толщины; • физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях внешних воздействий и эксплуатации. Уметь: • оценивать свойства материалов как результат последовательности состав материала – структура – дисперсность – свойства – области применения; • вести научно-исследовательскую деятельность в области тонких плёнок с использованием современных математических моделей и методов;	
--	--	---	--

		• выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и диэлектриков, физики систем пониженной размерности;	
ПК-3 готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени		Владеть: • основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики тонких плёнок; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики тонких плёнок; • методами количественного формулирования и решения практических задач по физике тонких плёнок.	Письменный опрос

		Знать: • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. Уметь: • описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике тонких плёнок; • применять методы моделирования физические процессы в тонких плёнках с использованием методов вычислительной физики; • оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; • аргументированно защищать результаты	
--	--	--	--

		выполненной работы Владеть: • навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д. • навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями; навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.	
--	--	--	--

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 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ($\mu = 200$, $C\lambda = 300$), 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 сердцевины составляет 50 мкм, относительная разность показателя преломления 0.01, показатель преломления сердцевины 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. Оптоэлектроника. Ч.1 Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная : оптоэлектроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин. - М. : " Янус-К ", 2010. - 2666-67. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ	1 (в научной библиотеке 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	В каталоге ЭБС (с

	[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	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. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67448.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
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	В каталоге ЭБС (с

	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	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 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)

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 Росаккредитства (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	<i>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять 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</i>

	<i>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	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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 наноэлектроника**», 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.