



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ТОНКИХ ПЛЁНОК

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

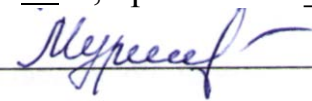
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: физика полупроводников и диэлектриков (уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

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 «Физика тонких плёнок» 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 теоретическими основами физики и технологии тонких плёнок и их свойствами.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: Общекультурные компетенции - ОК-2, общепрофессиональных - ОПК-1 профессиональных компетенции ПК-3, ПК-9, ПК-19.

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 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	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР			консультации
9	72	32	10	12	10			40	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Физика и технология тонких плёнок» состоит в формировании систематических знаний фундаментальных знаний в области физики тонких пленок, основных механизмов переноса носителей заряда в тонкопленочных системах, для разработки и создания приборов микроэлектронной аппаратуры различного функционального назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Физика и технология тонких плёнок» 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)
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.
ПК-9	способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями ;	Знать: • основные направления и тенденции развития современной микро- и нанoeлектроники; • материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; • современные технологии получения тонких плёнок; • технологические возможности

		перспективных методов получения тонких плёнок; Уметь: - использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения керамических материалов и композитов в электронике и нанoeлектронике; - формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; - выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; - формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований. Владеть: - опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; - методами экспериментальных исследований свойств керамических материалов и композитов на современном инновационном оборудовании; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики тонких плёнок;
ПК-19	способностью овладевать навыками разработки учебно-методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий.	Знать: - теоретические основы дисциплины, по которой проводятся занятия, современную литературу по тематике дисциплины - темы практических занятий, особенности выполнения лабораторных работ, современные образовательные технологии; Уметь: - разрабатывать методические указания для студентов по организации изучения дисциплины, придумывать темы расчетных

		заданий, заданий для самостоятельной работы студентов, генерировать темы проектов, кейсов, рефератов, эссе, дидактических материалов для самоконтроля, текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, использовать в процессе обучения инновации, например составление хрестоматии (электронная библиотека дисциплины), глоссария и иные элементы; - разрабатывать новые лабораторные работы, темы для практических занятий и планы лекций Владеть: - базовыми навыками чтения лекций, проведения лабораторных и практических занятий со студентами - навыками составления методических указаний по проведению лабораторных и практических занятий, плана лекций
--	--	--

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 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	Понятия о тонких плёнках, низкоразмерных структурах и тонкоплёночной технологии.	9		1	1	2		8	(ДЗ), (С), (КСР)
2	Размерные эффекты и основные свойства тонких пленок			1	1	2		6	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 1:			2	2	4		14	
	Модуль 2								
3	Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих			1	1	2		6	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)

	тонкопленочных системах								
4	Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом			1	2	2		6	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 2:			2	3	4		12	
	Модуль 3.								
5	Технологии получения тонких плёнок			4	4	2		7	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Металлические пленки как конструктивный материал интегральных микросхем. Диэлектрические пленки и области их применения в микроэлектронике			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. Введение. Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах.

Размерные эффекты и основные свойства тонких плёнок. Эффект Шоттки. Плотность тока термоэлектронной эмиссии электронов из металла в вакуум. Плотность тока надбарьерной эмиссии для контактирующей системы М-Д-М с учётом сил зеркального изображения и приложенного поля.

Тема 2. Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах.

Туннельный эффект через узкий вакуумный зазор. Туннельная эмиссия через контактирующую плёночную систему М-Д-М.

Модуль 2

Тема 3. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом

Глубокие и мелкие уровни в запрещённой зоне диэлектрика. Энергетическая диаграмма контакта металл-диэлектрик, содержащего мелкие и глубокие ловушки. Уравнение ВАХ для контактирующей тонкоплёночной системы металл-диэлектрик-металл в случае прохождения через него тока, ограниченного объёмным зарядом.

Тема 4. Технология получения тонких плёнок

Термовакuumный метод, ионно-плазменный, метод магнетронного распыления, катодное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия и другие.

Модуль 3

Тема 5. Металлические пленки как конструктивный материал интегральных микросхем

Применение металлических плёнок в микроэлектронике. Способы получения, структура и свойства металлических плёнок.

Тема 6. Диэлектрические плёнки и области их применения в микроэлектронике.

Применение и способы получения диэлектрических плёнок. Физические свойства диэлектрических плёнок.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<u>Лекция 1.</u> Особенности структуры и свойств эпитаксиальных слоёв тонких плёнок. Особенности тонких плёнок. Атомный механизм формирования и структура эпитаксиальных слоёв и тонких плёнок. Низкоразмерные структуры и тонкоплёночные технологии <u>Лекция 2.</u> Размерные эффекты и основные свойства тонких плёнок. Механизмы поверхностного рассеяния. Зависимость радиуса гранулы от толщины плёнки. Теоретическая модель активационного процесса возникновения носителей заряда. Удельная проводимость тонкой плёнки имеющей гранулярную структуру.

2.	<u>Лекция 3.</u> Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах. Контактирующие тонкопленочные системы метал-полупроводник, метал-диэлектрик. Барьер Шоттки. Изменение потенциального барьера на границе металл-вакуум под влиянием электрического поля. Работа выхода электрона. <u>Лекция 4.</u> Туннельная эмиссия контактирующих тонкопленочных системах. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом Туннельный эффект. Формула Фаулера-Нордгейма
3.	<u>Лекция 5.</u> Технология получения тонких плёнок. Термовакuumный метод, ионно-плазменный, метод магнетронного распыления, катодное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия и другие. <u>Лекция 6.</u> Металлические и диэлектрические плёнки. Технологические особенности получения тонких металлических плёнок. Сопротивление в тонких плёнках. Влияние термообработки на сопротивление. Зависимость удельного сопротивления и плотности металлических плёнок. Основные методы получения диэлектрических плёнок. Параметры диэлектрических плёнок.

4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

1. Расчет удельной проводимости тонкой пленки
2. Плотность тока надбарьерной эмиссии в диодах Шоттки
3. Энергетическая диаграмма контакта М-Д-М содержащего мелкие и глубокие уровни.
4. Токи в диэлектрических пленках
5. Контактные явления в микронэлектронных структурах

4.3.3. Темы самостоятельной работы

1. Контактные явления в полупроводниках
2. Методы получения тонких плёнок
3. Размерные эффекты
4. Методы определения упругих характеристик в плёнках.
5. Теплофизические свойства.
6. Методики определения теплопроводности и коэффициента термического расширения керамических и композиционных материалов.
7. Электрофизические свойства. Диэлектрическая проницаемость.

8. Методики определения электропроводности тонких плёнок.
9. Структура тонких плёнок.
10. Фазообразование в тонких плёнках..
11. Эволюция микроструктуры при высокотемпературной обработке.

4.3.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение толщины тонких плёнок.
2. Измерения удельного сопротивления полупроводниковых пластин и металлических плёнок.
3. Получение тонких плёнок методом сублимации.
4. Получение тонких плёнок методом магнетронного распыления
5. Электропроводность тонких диэлектрических плёнок.

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		Знать: • базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике и технологии	Устный опрос, письменный опрос

исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом		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:	Письменный опрос

		- 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	Письменный опрос

		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.	
--	--	--	--

ПК-9 способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями ;		Знать: • основные направления и тенденции развития современной микро- и наноэлектроники; • материаловедческие проблемы электроники и наноэлектроники; • современные технологии получения тонких плёнок; • технологические возможности перспективных методов получения тонких плёнок; Уметь: • использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения керамических материалов и композитов в электронике и наноэлектронике; • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и наноэлектроники; • выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;	Круглый стол

		• формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований. Владеть: • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; • методами экспериментальных исследований свойств керамических материалов и композитов на современном инновационном оборудовании; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики тонких плёнок;	
--	--	---	--

ПК-19 способностью овладевать навыками разработки учебно- методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий.		Знать: - теоретические основы дисциплины, по которой проводятся занятия, современную литературу по тематике дисциплины - темы практических занятий, особенности выполнения лабораторных работ, современные образовательные технологии; Уметь: - разрабатывать методические указания для студентов по организации изучения дисциплины, придумывать темы расчетных заданий, заданий для самостоятельной работы студентов, генерировать темы проектов, кейсов, рефератов, эссе, дидактических материалов для самоконтроля, текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, использовать в процессе обучения инновации, например составление хрестоматии (электронная библиотека дисциплины), глоссария и иные элементы; - разрабатывать новые лабораторные работы, темы для практических занятий и планы лекций Владеть: - базовыми навыками чтения лекций, проведения лабораторных и практических занятий со	
--	--	---	--

		студентами - навыками составления методических указаний по проведению лабораторных и практических занятий, плана лекций	
--	--	---	--

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Экзаменационные вопросы

1. Размерные эффекты.
2. Особенности тонких плёнок.
3. Фазовая и структурная неоднородность
4. Механизмы токопрохождения. Токи надбарьерной эмиссии.
5. Туннельные токи
6. Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом
7. Контактные явления
8. Металлические плёнки.
9. Диэлектрические плёнки.
10. Термовакuumное напыление
11. Катодное распыление
12. Метод магнетронного распыления
13. Ионно-плазменные методы распыления
14. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии

7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе

Тема 1. Размерные эффекты

- Плёнки и покрытия
- Нитевидные материалы
- Механизмы роста тонких плёнок
- фазовая и структурная неоднородность

***Тема 2.* Механизмы токопрохождения в тонких плёночных структурах**

- Токи надбарьерной эмиссии в контактирующих тонкопленочных системах
- Туннельные токи
- Токи в диэлектрических пленках, ограниченные объемным зарядом

***Тема 3.* Технология получения тонких плёнок.**

- Термовакuumное напыление
- Катодное распыление
- Магнетронное распыление
- Молекулярно-лучевая эпитаксия
- ионно-плазменное напыление

Тема 4. Металлические и диэлектрические плёнки.

- Материалы металлических и диэлектрических плёнок
- Методы получения
- Основные параметры и свойства

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»-бальную 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.	Берлин Б.В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением [Электронный ресурс] / Б.В. Берлин, Л.А. Сейдман. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2014. — 256 с. — 978-5-94836-369-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31877.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
3.	Введение в фемтонанofотонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.М. Аракелян [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2015. — 744 с. — 978-5-98704-812-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/40504.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)
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-	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

	98704-833-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33418.html	
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Технология получения полимерных пленок специального назначения и методы исследования их свойств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Садова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 182 с. — 978-5-7882-1615-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62317.html	
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.	Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для наноэлектроники [Электронный ресурс] / Ф.А. Кузнецов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013. — 176 с. — 978-5-7692-1272-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/32819.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	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

	радиоэлектроники, 2012. — 87 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13992.html	
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. Нанозлектроника [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:	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 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	<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</i>

	<i>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>
<i>Практические занятия</i>	<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>
<i>Реферат</i>	<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>
<i>Подготовка к зачету</i>	<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 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.