



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет
Кафедра инженерной физики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ УСТАНОВКИ МИКРО - И
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра инженерной физики

Образовательная программа
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений
(дисциплина по выбору)

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Вакуумно-плазменные установки микро- и наноэлектроники» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОСВО – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями №1456 от 26.11.2020 г., 8 февраля 2021 г. №83).

Разработчик (и): кафедра инженерной физики, Исмаилова Н.П., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от «22» 03 2022 г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от
« 23 » 03. 2022 г., протокол № 7

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 31 » 03 2022 г.  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.
4. Объем, структура и содержание дисциплины
5. Образовательные технологии
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины
8. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
9. Типовые контрольные задания
10. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.
11. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
12. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
13. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
14. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
15. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Вакуумно-плазменные установки микро- и наноэлектроники» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору) основной профессиональной образовательной программы образовательной программы бакалавриата по направлению *11.03.04 Электроника и наноэлектроника*.

Дисциплина реализуется на *физическом* факультете кафедрой *инженерной физики*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с процессами формирования функциональных слоев полупроводниковых приборов, изучением современных базовых основ знаний в области физики и химии низкотемпературной плазмы и особенностей применения различных вакуумно-плазменных технологий для производства твердотельных приборов и устройств наноэлектроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *обще профессиональных—ОПК-2; профессиональных—ПК-2.1; ПК-2.2.*

ОПК -2. *Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;*

ПК-2.1. *Способен проводить предварительные измерения опытных образцов изделий «система в корпусе»;*

ПК- 2.2. *Способен обработать результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий «система в корпусе».*

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

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

Объем дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточно й аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе:							
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен	
		Всего ауд	из них					
	Лекц ии		Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР			
5	216	88	18	40	30		128	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Вакуумно-плазменные установки микро- и наноэлектроники» получение систематизированного представления о современных научных подходах к изучению физических основ вакуумных и плазменных технологий; изучение основных технологических процессов производства электронной компонентной базы; изучение принципов построения, функционирования технологического оборудования, используемого при изготовлении электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов; изучение современных методов и технологии создания и исследования диэлектрических, полупроводниковых и металлических слоев, используемых в производстве полупроводниковых приборов; ознакомление с требованиями Единой системы технологической документации (ЕСТД) при разработке технологической документации на технологические процессы изготовления электровакуумных и полупроводниковых приборов.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать физические основы вакуумных и плазменных технологий; разбираться в особенностях применения специализированного технологического оборудования (применительно к приборам вакуумной и полупроводниковой электроники); получить практические знания и навыки по составлению и работе с технологической документацией.

Задачей дисциплины «**Вакуумно-плазменные установки микро- и наноэлектроники**» является:

- обучение студентов применять методы вычислительной математики, компьютерного моделирования для решения физических задач, специальные методы решения краевых и нестационарных задач;
- научить студентов различать основные типы вакуумно- плазменных установок, их возможности и области применения
- дать навыки по исследованию работы вакуумно- плазменных установок и измерению их параметров, моделированию физических процессов, происходящих в вакуумно- плазменных установках

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «**Вакуумно-плазменные установки микро- и наноэлектроники**» в структуре ОПОП входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору).

Основные разделы программы курса:

- Основные технологические процессы и оборудование для изготовления оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов;
- Основные технологические процессы и оборудование для изготовления электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов;

- Основные технологические процессы и оборудование для изготовления полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники;
- Технологические процессы и оборудование для изготовления приборов с металлокерамической оболочкой.

Для успешного изучения курса «Вакуумно- плазменные установки микро- и наноэлектроники» студенту необходима подготовка по следующим дисциплинам:

- **Физика** - основные физические явления, законы и теории современной физики, а также методы физического исследования; владение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики; формирование навыков проведения физического эксперимента, умение выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности. Для освоения дисциплины «Новые материалы электронной техники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- **Материалы электронной техники** - (характеристики и основные электрические и оптические свойства элементарных полупроводников, полупроводниковых соединений и твердых растворов на их основе, основные процессы в диэлектриках и методы их описания, активные и пассивные диэлектрические материалы, и элементы на их основе).

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Физические основы электроники.
- Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Для освоения данной дисциплины студент должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования.

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

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК -2 Способен самостоятельно проводить	ОПК-2.1. Планирует экспериментальные	Знает: - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование)

экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;	исследования для решения поставленной задачи; ОПК – 2.2 Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Умеет: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю Устный опрос. Письменный опрос (тестирование). Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю
ПК-2. Способен организовать измерения и испытания изделий «система в корпусе»	ПК-2.1. Способен проводить предварительные измерения опытных образцов изделий «система в корпусе»	Знает: -- методы и средства измерения параметров и характеристик электронных устройств в целом, отдельных узлов, блоков в процессе изготовления и эксплуатации, а также отдельных электронных компонентов изделий "система в корпусе"; - основы теории цепей; - основы аналоговой, импульсной и цифровой электроники; - физические принципы испытаний	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование). Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю

		и измерений изделий "система в корпусе" и микросборок; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; Умеет: -пользоваться измерительным оборудованием для проведения измерений изделий "система в корпусе"; -производить настройку и калибровку измерительного оборудования для проведения измерений изделий "система в корпусе"; -проводить измерения и испытания изделий "система в корпусе" и микросборок; -интерпретировать результаты измерения опытной партии изделий "система в корпусе" в соответствии с поставленной задачей; -оформлять протокол измерений и испытаний изделий "система в корпусе" и микросборок Владеет: - навыками подготовить оснастки и настройка необходимого измерительного оборудования для проведения измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе"; - опытом организовать калибровку и поверки измерительного оборудования; - опытом проводить измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе" согласно программе измерений и испытаний; - навыками формировать протокола измерений и испытаний опытной партии образцов изделий "система в корпусе".	
	ПК-2.2. Способен обработать результаты	Знает: - основы статистического контроля качества продукции; - основные компьютерные	Устный опрос. Письменный опрос

	измерений и испытаний опытных образцов изделий «система в корпусе»	программы для статистического анализа данных; - физические принципы испытаний и измерений изделий "система в корпусе" и микросборок; - формы представления статистических данных; -технический английский язык в области микро- и наноэлектроники; Умеет: - пользоваться методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации; - работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение; - представлять статистические данные в виде таблиц, графиков, карт; - оценивать и сравнивать качество прогнозов изменения электрических характеристик изделий "система в корпусе" в процессе эксплуатации; - оценивать достоверность результатов статистического анализа. Владеет: - навыками проведения статистического анализа результатов измерений и испытаний выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе"; - навыками формирования заключения по данным статистического анализа результатов измерений и испытаний для выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе".	(тестирование). Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю
--	---	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часа.

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 (<i>по неделям семестра</i>) Форма промежуточной аттестации (<i>по семестрам</i>)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторн ые занятия	Контроль самост. раб.		
1	Модуль 1 Основные технологические процессы и оборудование для изготовления оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов..	5		2	6	8		20	(ЛР), (ДЗ), (С), (РС) (КСР)
	Итого по 1 модулю – 36 ч								
2	Модуль 2. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления электронно- оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.	5		2	6	8		20	(ЛР), (ДЗ), (С), (РС), (КСР)
	Итого по 2 модулю – 36 ч								
3	Модуль 3 Вакуумная обработка приборов на откачных постах	5		4	6	8		18	(ЛР), (ДЗ), (С), (РС), (КСР)
	Итого по 3 модулю – 36 ч								

4	Модуль 4. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники	5		4	6	8		18	(ЛР), (ДЗ), (С), (РС), (КСР)
	Итого по 4 модулю – 36 ч								
5	Модуль 5. Технологические процессы и оборудование для изготовления приборов с металлокерамической оболочкой	5		4	6	8		18	(ЛР), (ДЗ), (С), (РС), (КСР)
	Итого по 5 модулю – 36 ч								
6	Модуль 6 Подготовка к экзамену (модуль)							36	экзамен
	Итого по 6 модулю – 36 ч								
	ИТОГО: 216ч	5		18	30	40		128	
ЛР- лабораторная работа ДЗ- Домашнее задание С- Собеседование РС - Рейтинговая система КСР – контроль самостоятельной работы									

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1 Основные технологические процессы и оборудование для изготовления оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов..	Тема 1. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления конструктивных элементов и узлов электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: способы обработки стекла; напряжения в стекле. Способы обработки стекла (огневая резка, резка алмазным диском, шлифовка). Напряжения в стекле. Получение спаев стекла с металлом. Изготовление металлических деталей. Сборка металлических

	узлов. Тема 2. Техно-химическая обработка деталей и узлов. Нанесение поверхностных покрытий: нанесение графитового покрытия, нанесение алюминиевого покрытия, нанесение полупроводникового покрытия. Термообработка внутренних покрытий.
Модуль 2. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.	Тема 3. Физические принципы, лежащие в основе функционирования электронно-оптических систем. Варианты электронно-оптических систем для электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов с электростатической и магнитной фокусировкой. Тема 4. Сборка электронно-оптических систем: монтаж металлических узлов на керамических изоляторах и стеклянных изоляторах. Важность технологической оснастки при сборке электронно-оптических систем.
Модуль 3. Вакуумная обработка приборов на откачных постах	Тема 5. Вакуумная обработка приборов на откачных постах Присоединение оболочки к вакуумной системе, предварительная откачка. Обезгаживание оболочки и поверхностных покрытий. Обезгаживание деталей внутренней арматуры. Тема 6. Основные технологические процессы формирования фотокатодов: сурьмяно-цезиевого, многощелочного, бищелочного, серебряно-кислородно-цезиевого, солнечно-слепых фотокатодов, фотокатодов для УФ-области спектра, фотокатодов с отрицательным электронным сродством. Газопоглотители для электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов. Тема 7. Основные технологические процессы формирования фоторезиста. Технологии изготовления фоторезиста. Основные этапы процесса создания фоторезиста. 1 этап. Подготовка поверхности подложки. Нанесение слоя фоторезиста. Сушка фоторезиста. 2 этап. Создание рельефной структуры фоторезиста. 3 этап. Перенос рельефа фоторезиста на технологический слой
Модуль 4. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники	Тема 7. Оборудование для выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов и изготовления полупроводниковых пластин. Основные требования и конструкции термических установок для процессов диффузии и наращивания эпитаксиальных слоев. Тема 8. Физические основы и оборудование ионной имплантации. Теоретические основы ионной имплантации. Расчет параметров процесса ионной имплантации конструкционных материалов. Оборудование для ионной имплантации. Тема 9. Физические основы и оборудование для проведения

	литографических процессов. Физические основы литографии. Литографические процессы. Виды литографии. Фотолитография, Планарная технология и литография. Электронная литография. Ионная литография. Наноимпринтная литография. Тема 10. Методы и оборудование для осаждения тонких пленок в вакууме. Метод термовакuumного напыления. Метод катодного распыления. Метод ионно-плазменного распыления. Метод магнетронного распыления.
Модуль 5. Технологические процессы и оборудование для изготовления приборов с металлокерамической оболочкой	Тема 11. Технологические процессы изготовления керамических деталей Свойства керамических материалов.. Конструкционные металлы и припои для металлокерамических узлов. Тема 12. Особенности технологии изготовления приборов с металлокерамической оболочкой. Оборудование для изготовления изделий из стекла и керамики.
Модуль 6. Подготовка к экзамену	Подготовка к экзамену

4.3.2. Темы практических и семинарских занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1 Основные технологические процессы и оборудование для изготовления оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов..	Тема 1. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления конструктивных элементов и узлов электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: Способы обработки стекла (огневая резка, резка алмазным диском, шлифовка). Напряжения в стекле. Получение спаев стекла с металлом. Тема 2. Изготовление металлических деталей. Сборка металлических узлов. Тема 3. Техно-химическая обработка деталей и узлов. Нанесение поверхностных покрытий: нанесение графитового покрытия, нанесение алюминиевого покрытия, нанесение полупроводникового покрытия. Термообработка внутренних покрытий.
Модуль 2. Основные	Тема 4. Физические принципы, лежащие в основе функционирования электронно-оптических систем.

технологические процессы и оборудование для изготовления электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.	Варианты электронно-оптических систем для электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов с электростатической и магнитной фокусировкой. Тема 5. Сборка электронно-оптических систем: монтаж металлических узлов на керамических изоляторах и стеклянных изоляторах. Важность технологической оснастки при сборке электронно-оптических систем.
Модуль 3. Вакуумная обработка приборов на откачных постах	Тема 6. Вакуумная обработка приборов на откачных постах Присоединение оболочки к вакуумной системе, предварительная откачка. Обезгаживание оболочки и поверхностных покрытий. Обезгаживание деталей внутренней арматуры. Тема 7. Основные технологические процессы формирования фотокатодов: сурьмяно-цезиевого, многощелочного, бищелочного, серебряно-кислородно-цезиевого, солнечно-слепых фотокатодов, фотокатодов для УФ-области спектра, фотокатодов с отрицательным электронным средством. Газопоглотители для электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов. Тема 8. Основные технологические процессы формирования фоторезиста. Технологии изготовления фоторезиста. Основные этапы процесса создания фоторезиста. 1 этап. Подготовка поверхности подложки. Нанесение слоя фоторезиста. Сушка фоторезиста. 2 этап. Создание рельефной структуры фоторезиста. 3 этап. Перенос рельефа фоторезиста на технологический слой Тема 9. Численное моделирование процесса формирования фоторезиста. Физико-химические и геометрические модели травления/осаждения слоев. Алгоритм струны. Модель баллистического осаждения. Параметры моделей травления/осаждения. Расчет изображения на поверхности фоторезиста. Расчет интенсивности освещения в пленке фоторезиста. Моделирование процесса проявления.
Модуль 4. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники	Тема 10. Оборудование для выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов и изготовления полупроводниковых пластин. Основные требования и конструкции термических установок для процессов диффузии и наращивания эпитаксиальных слоев. Тема 11. Физические основы и оборудование ионной имплантации. Теоретические основы ионной имплантации. Расчет параметров процесса ионной имплантации конструктивных материалов. Оборудование для ионной имплантации. Тема 12. Физические основы и оборудование для проведения литографических процессов.

	Физические основы литографии. Литографические процессы. Виды литографии. Фотолитография, Планарная технология и литография. Электронная литография. Ионная литография. Наноимпринтная литография. Тема 13. Методы и оборудование для осаждения тонких пленок в вакууме. Метод термовакuumного напыления. Метод катодного распыления. Метод ионно-плазменного распыления. Метод магнетронного распыления.
Модуль 5. Технологические процессы и оборудование для изготовления приборов с металлокерамической оболочкой	. Тема 14. Технологические процессы изготовления керамических деталей Свойства керамических материалов.. Конструкционные металлы и припои для металлокерамических узлов. Тема 15. Особенности технологии изготовления приборов с металлокерамической оболочкой. Оборудование для изготовления изделий из стекла и керамики.
Модуль 6.	Подготовка к экзамену.

4.3.3. Темы лабораторных работ.

Модули	Содержание темы
Модуль 1. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов..	Лабораторная работа №1. Технологические процессы для изготовления электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов Лабораторная работа 2. Методы вакуумноплотной герметизации узлов и оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов Лабораторная работа 3. Исследование термоэлектронной эмиссии металла
Модуль 2. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.	Лабораторная работа №4. Исследование двухэлектродной лампы Лабораторная работа №5. Исследование вторичной электронной эмиссией Лабораторная работа №6. Плазменная обработка материалов
Модуль 3. Вакуумная обработка	Лабораторная работа №7. Ионно-плазменное распыление материалов

приборов на откачных постах	Лабораторная работа №8. Магнетронное нанесение пленок Лабораторная работа №9. Исследование процесса электродугового напыления покрытий в вакууме
Модуль 4. Основные технологические процессы и оборудование для изготовления полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники	Лабораторная работа 10. Математическое моделирование магнетронного распыления материалов. Лабораторная работа 11. Моделирование процессов травления и осаждения, фотолитографии. Лабораторная работа 12. Моделирования процесса ионной имплантации. Лабораторная работа 13. Моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава.
Модуль 5. Технологические процессы и оборудование для изготовления приборов с металлокерамической оболочкой	Лабораторная работа 14. Получение тонкопленочного покрытия методом магнетронного распыления» Лабораторная работа 15. Расчет основных параметров процесса ионной имплантации конструкционных материалов»

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «**Вакуумно- плазменные установки микро- и наноэлектроники**» используются следующие образовательные технологии, базирующиеся на электронных средствах обработки и передачи информации:

Технология традиционного обучения. При проведении информационных и проблемных лекций, семинарских занятий с целью углубленного изучения вопросов дисциплины, практических заданий с использованием системы заданий: заданий-исследований, творческих, учебно-тренировочных.

Электронный учебник. Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по «**Вакуумно- плазменные установки микро- и наноэлектроники**». Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Гипертекстовая структура позволяет обучающемуся определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы, и способ изложения материала.

Компьютерная тестирующая система. Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая

обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого, а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний студентов.

Презентация. Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

Имитации. В ходе проведения практических занятий по дисциплине **«Вакуумно- плазменные установки микро- и нанoeлектроники»** студенты получают навыки имитации результатов измерений, моделирования физических и технологических процессов в среде Mathcad, а так же навыки математической обработки полученных результатов имитация (аппроксимация, интерполяция, экстраполяция).

Учебно-исследовательская работа. В процессе изучения дисциплины используется данная форма практической самостоятельной работы студента, позволяющая студентам изучать научно-техническую информацию по заданной теме, моделировать физические и технологические процессы, проводить расчеты по разработанному алгоритму с применением ЭВМ и сертифицированного программного обеспечения, участвовать в экспериментах, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Результаты исследований представляются на научно-практических конференциях.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий.

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.

6.1. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины **«Вакуумно- плазменные установки микро- и нанoeлектроники»** предполагает следующие формы: подготовка к аудиторным занятиям, написание реферата и разработка мини-проекта.

1. Подготовка к аудиторным занятиям включает в себя изучение учебной, учебно-методической, научной литературы и конспектов лекций по данной теме (разделу) с целью формирования теоретических представлений по изучаемой проблеме; освоения методики проведения компьютерных экспериментальных исследований, решение самостоятельных экспериментальных задач компьютерного моделирования. *Содержание заданий определяется преподавателем с учетом дифференцированного и лично-ориентированного подходов.*

Контроль качества и объема выполненных заданий осуществляется во время аудиторного занятия в форме собеседования и/или тестирования (компьютерное или бланковое).

2. Написание реферата осуществляется студентом по индивидуально выбранной теме из банка тем рефератов. Содержание и объем реферативной работы определяется преподавателем. Студент самостоятельно осуществляет поиск источников информационного сопровождения работы, критический анализ содержания полученной информации, оформление реферата.

Оценивание реферата осуществляется по единой для всех студентов системе критериев включающих: степень раскрытия темы (при изучении рукописи реферата), уровень владения материалом реферативной работы (в ходе защиты реферата и ответов на вопросы), композиция работы и качество её представления работы при защите.

Защита рефератов осуществляется по решению преподавателя публично во время лекции или практического занятия либо в индивидуальном порядке во внеаудиторное время.

3. Разработка мини-проекта осуществляется группой студентов не более 3 человек или индивидуально. Проект **обязательно должен носить исследовательский характер и включать деятельностную компоненту:** наблюдение, компьютерное моделирование, расчетную работу и т.п.). Тема проекта, задачи, содержание и структура определяется студентами самостоятельно в рамках изучаемого раздела.

Оценивание работы по разработке проекта осуществляется по единой для всех студентов системе критериев включающих: соответствие тематики проекта, изучаемому разделу (предварительно, до защиты), степень раскрытия темы (в ходе защиты), уровень владения материалом работы (в ходе защиты и ответов на вопросы), композиция презентации работы на защите.

Представление и защита проектов осуществляется по решению преподавателя публично во время лекции или практического занятия либо в индивидуальном порядке во внеаудиторное время.

6.2. Темы самостоятельной работы

№	Содержание темы	
1.	Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронинга.	
2.	Усиление и генерация электромагнитного излучения. Двух-, трех-, и четырехуровневые схемы работы. Резонаторы. Условие устойчивости. Неустойчивые резонаторы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы.	
3.	Лазеры. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры. Особенности квантовых приборов радиодиапазона.	
4.	Полупроводниковые лазеры. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры.	
5.	Линейная кристаллооптика. Нелинейная оптика. Тензор диэлектрической проницаемости. Прохождение света через границу раздела двух сред. Особенности распространения света в тонких слоях. Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света.	

	Модуляторы лазерного излучения. Электрооптические модуляторы. Абсорбционные модуляторы. Акустооптические модуляторы света. Пассивные затворы. Методы сканирования света. Дефлекторы.	
6.	Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в р-п гетеропереходах и в варизонных структурах.	
7.	Полупроводниковые фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Фотодиоды. Р-і-п фотодиоды и лавинные фотодиоды. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.	
8.	Полупроводниковые фоторезисторы. Фоторезистивный эффект. Основные характеристики и параметры фоторезисторов. Применение фоторезисторов.	
9.	Катодолуминофоры. Типы катодолуминофоров для экранов электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов. Методы изготовления катодолуминесцентных экранов.	
10.	Оптические методы передачи и обработки информации. Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Связь между волноводами. Оптическая бистабильность. Направленные ответвители. Тонкопленочные модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы.	

6.3. Контроль самостоятельной работы студентов.

Примерные темы рефератов.

1. Этапы развития вакуумной и плазменной электроники
2. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения
3. Виды разрядов, основные процессы в плазме
4. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки.
5. Видикон. Конструкция, характеристики.
6. Ртутный вентиль

7. Методы получения спаев стекла с металлом.
8. Физические принципы, лежащие в основе функционирования электронно-оптических систем электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
9. Типы катодолуминофоров для экранов электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
10. Методы изготовления катодолуминесцентных экранов для электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
11. Методы обезгаживания оболочки и внутренних поверхностных покрытий электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
12. Газопоглотители для электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
13. Методы физического осаждения из газовой фазы, используемые в микро- и нанoeлектронике.
14. Получение металлических слоев с помощью магнетронного распыления.
15. Формирование диэлектрических пленок методом ВЧ магнетронного распыления.
16. Физика тлеющего разряда.
17. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: способы обработки стекла; напряжения в стекле.
18. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: получение спаев стекла с металлом.
19. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: изготовление металлических деталей и сборка металлических узлов.
20. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: техно-химическая обработка деталей и узлов.
21. Изготовление оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: нанесение поверхностных покрытий; термообработка внутренних покрытий.
22. Физические принципы, лежащие в основе функционирования электронно-оптических систем электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
23. Варианты электронно-оптических систем для электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов с электростатической фокусировкой.
24. Варианты электронно-оптических систем для электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов с магнитной фокусировкой.
25. Сборка электронно-оптических систем; важность технологической оснастки при сборке электронно-оптических систем.
26. Типы катодолуминофоров для экранов электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов.
27. Методы изготовления катодолуминесцентных экранов.
28. Вакуумная обработка приборов на откачных постах: присоединение оболочки к вакуумной системе, предварительная откачка.

29. Вакуумная обработка приборов на откачных постах: обезгаживание оболочки, поверхностных покрытий и деталей внутренней арматуры.
30. Основные технологические процессы формирования фотокатодов для видимой области спектра.
31. Основные технологические процессы формирования фотокатодов для УФ и ИК области спектра.
32. Особенности технологии изготовления приборов с металлокерамической оболочкой.
33. Оборудование для выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов и изготовления полупроводниковых пластин.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в

программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень вопросов для текущих контрольных работ по дисциплине

Контрольная работа №1

1. Краткий исторический обзор развития вакуумной и плазменной электроники (ВПЭ)
2. Значение ВПЭ в современной промышленности.
3. Содержание учебной дисциплины ВПЭ
4. Структурная модель ВППУ - три основных узла любого электронного прибора
5. Эмиссионный узел. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов.
6. Виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной)
7. Пространство дрейфа
8. Законы движения заряженных частиц в вакууме в однородных электрических и магнитных полях.
9. Формула скорости
10. Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала)
11. Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая.
12. Аберрации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая аберрация

Контрольная работа №2

1. Ток в вакууме и газах. Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов.
2. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения
3. Характеристики диодного пространства. Характеристики

вакуумного диодного пространства

4. Характеристики диодного пространства газонаполненного с холодным катодом.
5. Виды разрядов, основные процессы в плазме
6. Формирование управляемого электронного потока. Иммерсионный объектив, назначение, конструкции.
7. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки.
8. Работа устройств формирования электронного пучка
9. Формирование интенсивных электронных и ионных потоков
10. Приемник заряженных частиц
11. Принцип построения пушек Пирса
12. Основные процессы, происходящие при бомбардировке твердого тела заряженными частицами: люминесценция, зарядка мишени.
13. Потенциал мишени при бомбардировке электронным лучом, измерение тока электронного луча, алюминирование экрана

Контрольная работа №3

1. Какие из перечисленных электронных линз: линза-диаграмма с круглым отверстием, иммерсионная линза, одиночная линза и иммерсионный объектив – являются собирающими?
2. В каких электронных пушках с электростатической фокусировкой электронного пучка применяются перечисленные в п. 1) электронные линзы?
3. Какие типы линз используются в электронных пушках с магнитной фокусировкой электронного пучка?
4. Перечислите виды загрязнений металлических деталей и узлов, влияющие на характеристики и качество электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов?
5. Чем определяется точность сборки электронно-оптической системы электронно-лучевого прибора?
6. Что является браком при сочленении металлических деталей друг с другом способом точечной контактной электросварки?
7. Какие существуют методы сборки электронно-оптических систем и крепления металлических деталей на изоляторах?
8. Целью лабораторной работы «Методы вакуумноплотной герметизации узлов и оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов» является изучение основных методов, используемых для вакуумноплотной герметизации узлов и оболочек электровакуумных электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов: методы получения металлокерамических паяных узлов, аргоно-дуговая сварка, лазерная сварка, герметизация с использованием легкоплавких припоев, сварка (заварка) стеклянных узлов, диффузионное соединение деталей и др. на примере конкретных приборов.

Контрольная работа №4

1. Ваккумные приборы с квазистатическим управлением. Усилители
2. Примеры вакуумных приборов с квазистатическим управлением.
3. Интегральные усилители на их основе. Диод, триод, тетрод.
4. Основные параметры и характеристики усилителей.
5. Электронно-лучевые приборы. Осциллографические трубки (ОЭЛТ). Назначение, конструкция, распределение потенциалов, траектории периферийных электронов.
6. Назначение каждого узла ОЭЛТ. Системы послеускорения и послеотклонения.
7. Основные виды aberrаций в ОЭЛТ. Параметры.
8. Примеры электронных микроскопов (просвечивающий), запоминающих ЭЛТ (графекон). Принципы работы, конструкции
9. Кинескоп черно-белого изображения. Конструкция, распределение потенциалов, траектории периферийных электронов.
10. Назначение каждого узла кинескопа. Основные виды aberrаций.
11. Параметры. Особенности цветных кинескопов.

Контрольная работа №5

1. Диссектор. Конструкция, характеристики
2. Видикон. Конструкция, характеристики
3. Фотоэлектронные умножители. Конструкции, параметры, характеристики, области применения
4. Электронно-оптические преобразователи. Конструкции, параметры, характеристики, области применения
5. Плазменные панели
6. Стабилитрон
7. Ртутный вентиль
8. Перспективы развития вакуумной и плазменной электроники

7.2. Вопросы к экзамену :

1. Вакуум. Средняя длина свободного пробега, вид столкновений молекул газа, как критерий разделения вакуума на низкий, высокий и средний.
2. Процесс нанесения тонких пленок в вакууме.
3. Вакуумные насосы и их параметры. Механические форвакуумные насосы.
4. Вакуумные насосы и их параметры. Диффузионные паромасляные насосы.
5. Использование вакуума в рутинных и модернизируемых технологиях. Использование вакуума в рутинных и модернизируемых технологиях.
6. Плазменная электроника, основные разделы. Отличие от вакуумной электроники.

7. Назовите типы столкновений электронов с атомами и молекулами газа, укажите их количественные характеристики.
8. Сформулируйте понятия плазмы и ее разновидностей (высокотемпературная, низкотемпературная, изотермическая, неизотермическая).
9. Назовите основные параметры плазмы и укажите, что они характеризуют.
10. Рассмотрите методы экспериментального определения концентраций частиц плазмы.
11. Рассмотрите возможности и ограничения зондового метода исследования плазмы.
12. Рассмотрите возможности и ограничения спектральных методов исследования плазмы.
13. Рассмотрите возможности и ограничения СВЧ метода исследования плазмы.
14. Плазменные ускорители. Механизм ускорения.
15. Радиационно-пучковые технологии.
16. Три вида взаимодействия излучения с веществом. Формы проявления.
17. Упругое и неупругое взаимодействие. Удельные потери энергии. Линейная тормозная способность вещества. Правило Брэгга.
18. Пробеги частиц в веществе. Определения.
19. Характеристики пучка. Интенсивность пучка.
20. Основные характеристики плазмы. Степень ионизации плазмы.
21. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус экранирования. Температура плазмы.
22. Основные методы описания плазмы. Вмороженность магнитного поля.
23. Кинетическое описание плазмы.
24. Диагностика плазмы.
25. Плазма в природе и технике.
26. В чем заключается сущность ионно-обменных процессов. Что такое иониты. Емкость ионита.
27. Какие стадии могут лимитировать ионообменные процессы. Уравнения, описывающие скорость ионного обмена.
28. Каковы способы глубокой очистки воды. Области применения воды высокой степени чистоты.
29. Какова связь между электрической проводимостью воды и содержанием в ней примесных ионов. В чем принцип действия ионообменных смол в процессе очистки воды.
30. Процессы испарения и конденсации в вакууме. Стадии процесса переноса компонента из испаряемого объема на поверхность конденсации.
31. Процессы испарения и конденсации в вакууме. Какими стадиями можно представить процесс конденсации.
32. В чем заключается сущность эффузионного метода измерения давления насыщенного пара веществ.
33. Как определяется давление насыщенного пара, эффективная площадь отверстия Ячейки Кнудсена и коэффициент испарения.
34. Нарисуйте ВАХ вакуумного диода и опишите ее. Уравнение ВАХ.

35. Распределение потенциала и напряженности эл. поля в межэлектродном промежутке при различных режимах работы вакуумного диода.
36. Основные термины и определения вакуумной техники (давление, длина свободного пробега молекул газа, поток газа, проводимость, быстрота откачки и т.д.)
37. Основное уравнение вакуумной техники.
38. Условные обозначения элементов вакуумных систем. Буквенные коды наиболее распространенных элементов вакуумных систем.
39. На чем основана работа сканирующего силового микроскопа, в частности, атомно-силового микроскопа?
40. Обоснуйте необходимость наличия системы обратной связи в сканирующем зондовом микроскопе. Назовите основные характеристики зондов кантеливерного типа.
41. Опишите основные режимы работы атомно-силового микроскопа: контактный, бесконтактный, полуконтактный.
42. В чем заключается принцип работы сканирующего силового микроскопа по двухпроходной методике? Основные режимы работы магнитно-силового микроскопа: квазистатический и колебательный.
43. Что представляет собой плазматрон? Каковы его основные элементы?
44. Как получают плазму в плазматроне? Какие явления обеспечивают ее устойчивое существование? Какие газы применяются в плазматронах в качестве плазмообразующих?
45. Как и в каких единицах определяется быстрота действия вакуумного насоса?
46. Каков механизм удаления газа в гетероионном и магниторазрядном насосах?
47. Какова роль хемосорбции в процессе откачки газа с помощью гетероионного насоса?
48. В чем заключается принцип гравиметрического метода измерения объема сосудов (камеры)? Преимущества метода измерения объема, основанного на использовании закона Бойля-Мариотта, перед гравиметрическим.
49. Что называется потоком откачки? В чем смысл вакуумной температурной тренировки? Что называется постоянной времени откачки?
50. Чем определяется минимальное количество ступеней откачки в высоковакуумных насосах? В чем смысл согласованных насосов? От чего зависит эффективная быстрота откачки насоса?

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,

- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –25,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

7 4.1. Критерии оценки выполнения лабораторных работ

- 1 Знание теоретического материала;
2. Степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям;
- 3 Структурирование и комментирование работы;
4. Отчет по результатам выполнения лабораторной работы
- 5 Успешные ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент знает и понимает теоретический материал, полная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, успешно отвечает на контрольные вопросы.

- **90 баллов** - студент знает и понимает теоретический материал, имеется достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, расчеты имеют достаточно высокую точность, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, успешно отвечает на контрольные вопросы, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент знает и понимает теоретический материал, имеется достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, математические расчеты имеют достаточно высокую точность, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, успешно отвечает на контрольные вопросы, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент знает и понимает теоретический материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы, имеется достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, математические расчеты имеют предельно допустимую погрешность, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, отвечает на контрольные вопросы, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **60 баллов** – студент знает и понимает теоретический материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы, чувствуется механическое заучивание материала, имеется достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, математические расчеты имеют погрешность, студент подготовил

электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, отвечает на контрольные вопросы, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **50 баллов** – студент недостаточно хорошо знает и понимает теоретический материал, не может теоретически обосновывать некоторые выводы, чувствуется механическое заучивание материала, имеется не достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, математические расчеты имеют погрешность, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работе, в оформлении имеются недостатки, отвечает не на все контрольные вопросы, при разьяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **40-30 баллов** – студент плохо знает и понимает теоретический материал, не может теоретически обосновывать выводы, имеется не достаточная степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям, математические расчеты имеют погрешность, студент подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работы, в оформлении имеются недостатки, отвечает лишь частично на контрольные вопросы, при разьяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20 - 10 баллов** - студент плохо знает и понимает теоретический материал, допустил грубые ошибки при расчетах, студент не подготовил электронный отчет по результатам выполненной лабораторной работы, представил только ручные расчеты.

- **0 баллов** – нет выполненной лабораторной работы.

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

7.4.2. Критерии оценок на экзамене

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 разьяснять 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 разьяснять 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 и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко Г. Г., Кабанова Т.А., Рыбалко В. В. Основы материаловедения: учебник для высшей школы (под ред. Г.Г.Бондаренко). М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014, 760с.
2. Б. П. Елисеев, С. К. Камзолов, Э. А. Болелов [и др.] Физические основы технических систем и устройств (под редакцией С. К. Камзолова), 3-е изд. — Москва : Дашков и К, 2022. — 134 с. — ISBN 978-5-394-05010-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120826.html> (дата обращения: 12.04.2022)
3. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Под общ. ред. Чаплыгина Ю.А. Ч.1 Технологические процессы изготовления интегральных схем и их моделирование // М., БИНОМ. Лаборатория знаний. - 2007. - 397 с.
4. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Путря М.Г., Шевяков В.И. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Под общ. ред. Чаплыгина Ю.А. Ч.2 Элементы и маршруты изготовления

кремниевых ИС и методы их математического моделирования // М., БИНОМ. Лаборатория знаний. - 2009. - 422 с.

5. Е.Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман «Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок». – М.: Техносфера, 2007.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение / под редакцией У. Жу [и др.]. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 599 с. — ISBN 978-5-00101-142-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/88490.html> (дата обращения: 19.09.2022).
2. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн ; перевод К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под редакцией В. П. Зломанова. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 401 с. — ISBN 978-5-93208-565-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109419.html> (дата обращения: 19.09.2022).
3. Е. Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. М.: Техносфера., 2007
4. Симонов В.П. Электронно-оптические преобразователи как детекторы пространственно-распределенных потоков излучения различного спектрального диапазона: Учебное пособие. М.: МИЭМ., 2012
5. Симонов В.П. Определение основных характеристик электронно-оптических трактов электронно-оптических камер, сопряженных с ПТТ. Метод. указания к курсовой работе. М.: МИЭМ., 2018

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

Интернет ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действий договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.

5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока.
7. Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
8. Международное издательство Springer Nature. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
9. Журналы Royal Society of Chemistry. База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
10. Электронный каталог НБ ДГУ[Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>.
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru>.
12. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>

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; помечать 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.
Практические занятия	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.
Реферат	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.
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.

Раздаточный материал для изучения лекционного материала (схемы и рисунки по изучаемому материалу);

теоретический учебный материал в электронном виде;

электронные и печатные каталоги продукции и компьютерные презентации фирм-производителей МЭУ;

программное обеспечение в соответствии с содержанием 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. Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях оснащенных современной вычислительной техникой, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Наименование лабораторий, ауд.: физический факультет, лекционная аудитория (на 30 студентов) , аудитория для лабораторных занятий – (18 оснащенных компьютеров)

Основное оборудование :

- Мультимедийный проектор, сопровождает интерактивную доску;
- Ноутбук, персональные компьютеры;
- используются лицензионные программные продукты:
 - Операционная система Windows'10;
 - ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Office 2007 Pro, FireFox, Statistica, Origin
 - MathCAD '15