



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы технологии электронной компонентной базы
(4 курс)

Кафедра Инженерная физика

Образовательная программа

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Профиль подготовки

Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная


Статус дисциплины: *базовая*

Махачкала, 2021 г

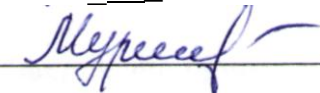
Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки - Микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик: кафедра инженерной физики, к.ф.м.н., доц. Офицерова Н.В.


Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 29 » 06 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 » 06.
2021 г., протокол № 11.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 9 » 07 2021 г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Основы технологии электронной компонентной базы входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.03.04 Электроника и микроэлектроника**.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами технологии производства материалов и элементов электронной техники. Рассматриваются основные методы создания приборной и элементной базы современной электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общекультурных* - ОК-7; *общепрофессиональных* - ОПК-7; *профессиональных*: ПК-8;

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, контрольные работы студентов и самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольных работ, рефератов и коллоквиумов* промежуточный контроль в форме *экзамена*.

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

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					консультации		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР			
7	216	108	36	-	36	36	108	экзамен	

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Основы технологии электронной компонентной базы является получение углубленного профессионального образования по технологии электронной компонентной базы, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения

новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро - и нанoeлектроники.

Задачами дисциплины *Основы технологии электронной компонентной базы* является:

- изучение основ физических явлений и процессов, лежащих в основе технологии приборов твердотельной электроники и интегральных схем;
- формирование навыков моделирования процессов создания полупроводниковых приборов, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро - и нанoeлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина *Основы технологии электронной компонентной базы* входит в базовую часть образовательной программы *бакалавриата* по направлению (специальности) **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**.

Для освоения дисциплины необходимо знание общего курса физики (раздел «Молекулярная физика» «Электричество»), квантовой физики, дисциплин «Метрология, стандартизация и технические измерения» «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», «Физические основы электроники», «Физика конденсированного состояния», «Статистическая физика и термодинамика», «Нанoeлектроника».

Дисциплина *Основы технологии электронной компонентной базы* является основой для изучения последующих курсов, таких как «Промышленная электроника», курсов по выбору вариативной части профессионального цикла и т.д.

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

<i>Компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Формулировка компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</i>
<i>ОК - 7</i>	Способность к самоорганизации и самообразованию	<i>Знает:</i> основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности; основные проблемы в данной предметной области, методы и средства их решения; физическую сущность технологических процессов, переработки сырьевых материалов, создания композиционных материалов и основных операций технологии создания устройств твердотельной электроники;
<i>ОПК - 7</i>	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	<i>Знает:</i> основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности; основные проблемы в данной предметной области, методы и средства их решения; физическую сущность технологических процессов, переработки сырьевых материалов, создания композиционных материалов и основных операций технологии создания устройств твердотельной электроники;
<i>ПК - 8</i>	Способность выполнять работы по технологической подготовке производства	<i>Умеет:</i> адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт,

	материалов и изделий электронной техники	анализировать свои возможности в данной области знаний;использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения;использовать полученные знания различных областях техники; <i>Владеет:</i> навыками к самоорганизации и самообразованию;методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности; навыками выбора и применения основных операций технологии создания устройств твердотельной электроники с учетом их особенностей и конкретных целей;
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 108 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	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1.									
1	Введение. Технология процессов переработки сырьевых материалов	7	1-3	6	6		6	18	Контрольная работа
Модуль 2.									
2	Технология получения композиционных материалов.	7	4-5	4	4		4	12	Контрольная работа
Модуль 3									

3	Эпитаксиальные пленки.	7	6-7	4	4		4	12	Контрольная работа
4	Диэлектрические слои.		8-9	4	4		4	12	Рефераты
	<i>Итого по модулю 1-3</i>	7		18	18		18	54	
Модуль 4.									
1	Диффузионное легирование полупроводников.	7	10-11	4	4		4	12	Контрольная работа
2	Ионная имплантация	7	12-13	4	4		4	12	Контрольная работа
Модуль 5.									
3	Литографические процессы	7	14-16	6	6		6	18	Контрольная работа
4	Металлические пленки		17-18	4	4		4	12	Рефераты
	<i>Итого по модулю 4-5</i>	7		18	18		18	54	
	<i>Зачет, экзамен</i>								8(экзамен)
	ИТОГО:			36	36		36	108	8

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

Модуль 1

Введение.

История становления технологии электронной компонентной базы. Место и роль материалов электронной техники в развитии науки, техники и технологий. Возникновение и развитие микро- и нанотехнологии. Изделия микроэлектроники и их классификация.

Тема 1. Технология процессов переработки сырьевых материалов.

Чистые вещества. Процессы измельчения, рассеивания и дозирования. Характеристика процессов разделения и очистки. Сорбционные процессы. Жидкостная экстракция. Кристаллизационная очистка. Перегонка через газовую фазу. Электрохимические методы разделения и очистки.

Модуль 2

Тема 2. Технология получения композиционных материалов.

Основы керамической технологии. Выбор исходных компонентов. Приготовление шихты и методы смешивания. Добавки и пластификация массы. Методы формования заготовок. Спекание. Управление структурообразованием. Методы получения керамических пленок.

Ситаллы. Основные технологические стадии получения ситаллов. Стимулированная кристаллизация. Типы ситаллов и их свойства.

Модуль 3

Тема 3. Эпитаксиальные пленки.

Эпитаксия, её разновидности. Современные представления о механизме формирования эпитаксиальных слоев. Методы эпитаксиального наращивания слоев, используемые в микро- и нанoeлектронной технологии. Технология получения эпитаксиальных полупроводниковых

слоев. Эпитаксия из парогазовой фазы. Хлоридный метод. Силановый метод. Гетероэпитаксия кремния (КНИ - и КНС – структуры). Дефекты эпитаксиальных слоев.

Молекулярно-лучевая эпитаксия полупроводников, технологические возможности. Особенности выращивания пленок полупроводников методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Эпитаксия с использованием металлоорганических соединений.

Тема 4. Диэлектрические слои.

Требования к диэлектрическим слоям в технологии электроники. Пленки диоксида кремния. Термическое окисление кремния. Другие методы получения пленок диоксида кремния. Пленки нитрида кремния и методы их получения. Свойства пленок оксида алюминия и методы создания. Формирование металлических кластеров в диэлектрической среде.

Модуль 4.

Тема 5. Диффузионное легирование полупроводников.

Механизмы диффузии в полупроводниках. Диффузия из источника ограниченной и неограниченной мощности. Профили распределения атомов примеси по глубине. Методика проведения и оборудование для осуществления диффузии. Аномалии распределения примеси и дефекты диффузионных слоев.

Тема 6. Ионная имплантация.

Принципы ионного легирования полупроводников. Профили распределения внедренных ионов по глубине. Эффект каналирования. Радиационные дефекты при ионном облучении и их отжиг дефектов. Активация примеси. Высокодозное легирование. Создание заглубленных диэлектрических слоев. Ионно-лучевое перемешивание. Ядерное легирование кремния.

Радиационно-стимулированная диффузия.

Модуль 5

Тема 7. Литографические процессы.

Классификация базовых методов литографии: фото - , рентгено -, электроно - и ионолитография. Фоторезисты и фотошаблоны. Техника проведения контактной литографии. Субмикронная литография: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, стереолитография, электроно -, ионо -, рентгенолитография. Нанолитографические процессы. Нанопечать.

Тема 8. Металлические пленки.

Назначение. Требования к металлическим пленкам. Алюминиевая металлизация. Достоинства и недостатки. Процесс электромиграции. Контактные системы. Методы создания металлических пленок и омических контактов: сплавление, электрохимическое и химическое осаждение, вакуумное нанесение.

5. Образовательные технологии

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером. Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

Электронный учебник. Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по дисциплине Основы технологии электронной компонентной базы. 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.

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

1. Информационные технологии.
2. Проблемное обучение.
3. Индивидуальное обучение.
4. Междисциплинарное обучение.
5. Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций при изучении дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, лабораторные работы, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

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

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций,

психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

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

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

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Предполагается самостоятельная работа студентов при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, в первую очередь. Кроме того самостоятельная работа предполагает самоподготовку к контрольным работам, а также к экзамену. Самостоятельная работа должна проходить в 4 этапа:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка к контрольной работе
4. Подготовка к экзамену

Подготовка рефератов – один из видов самостоятельной работы студентов, на которую по образовательным стандартам должно выделяться около 50% от общего фонда времени на дисциплину. Работа над рефератом позволяет студенту более углубленно изучить предлагаемую тему и способствует развитию навыков работы с литературными источниками.

Набор тем рефератов определяется спецификой направления (специальности), по которой обучается студент. Это отражается в рабочем учебном плане дисциплины Основы технологии электронной компонентной базы.

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 (тематике 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 компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

<i>Код и наименование компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенций</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Процедура освоения</i>
ОК-7 Способность к самоорганизации и самообразованию		<i>Знает:</i> физическую сущность технологических операций получения материалов электронной техники и основные технологии получения различных приборов и устройствах	Устный опрос, письменный опрос, контрольная работа
ОПК – 7 Способность учитывать современные тенденции развития			Письменный опрос

<p>электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности</p>		<p>твердотельной электроники; методы оценки основных свойств материалов электронной техники; <i>Умеет:</i> использовать специализированные знания в области</p>	
<p>ПК – 8 Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники</p>		<p>технологии материалов и компонентов электронной техники для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Электроника и наноэлектроника»).</p> <p><i>Владеет:</i> методами количественного формулирования и применения полученных знаний в области технологии элементной компонентной базы. Иметь навыки выбора конкретного технологического метода для создания электронной аппаратуры заданного назначения с учетом допустимых нагрузок, влияния внешних факторов и стоимости; выбора компонентов для использования в электронной аппаратуре с учетом условий ее эксплуатации, конструкции и технологии изготовления</p>	<p>Мини - конференция</p>

7.2. Типовые контрольные задания

Темы рефератов

1. Технологическое горение.
2. Механизм и кинетика роста кристаллов.
3. Получение профильных кристаллов.
4. Методы зонной плавки.
5. Методы вытягивания кристаллов из расплава.
6. Методы роста кристаллов из растворов.
7. Методы нормальной направленной кристаллизации.
8. Технология важнейших монокристаллических материалов. Кремний.
9. Технология важнейших монокристаллических материалов. Арсенид галлия.

10. Легирование кристаллов в твердой фазе.
11. Методы получения пленок стекла.
12. Основы получения стекол в условиях микрогравитации.
13. Технология важнейших некристаллических материалов. Лазерные стекла.
14. Технология важнейших некристаллических материалов. Светочувствительные стекла.
15. Технология важнейших некристаллических материалов. Гидрированные аморфные полупроводники.
16. Технология важнейших некристаллических материалов. Халькогенидные аморфные стекла.
17. Технология важнейших керамических материалов. Установочная керамика.
18. Технология важнейших керамических материалов. Конденсаторная керамика.
19. Технология важнейших керамических материалов. Ферритовая керамика.
20. Технология важнейших керамических материалов. Пьезоэлектрическая керамика.

Контрольные работы

Керамика

Вариант 1.

1. Основы технологии керамики. Составление шихты и смешивание исходных компонентов.
2. Охарактеризуйте методы формирования заготовок для изделий из керамики.
3. В чем заключаются достоинства горячего прессования керамических изделий?
4. Содержание влаги в исходной массе 18%. О каком прессовании может идти речь – сухом или мокром?
5. Определить массу засыпки, если объем спеченного изделия 30 см^3 , а $\rho_{\text{сп}} = 98\% \rho_{\text{к}}$; $k_1 = 1,005$; $k_2 = 1,01$.

Вариант 2

1. Добавки. Гранулирование шихты.
2. Представьте графики зависимостей распределения давления в прессовке при одностороннем и двустороннем прессовании.
3. В чем заключаются достоинства получения заготовок методом изостатического прессования?
4. Какой по структуре материал можно получить, если его плавление происходит при температуре 1050°C , а спекание при температуре 960°C .
5. Упругое последствие составляет величину 7%. Рассчитать величину объема пресс – формы, если объем керамического изделия после извлечения из неё равен 72 см^3 .

Вариант 3

1. Холодное прессование в пресс-формах.
2. Для каких целей осуществляют гранулирование шихты? Как оно осуществляется?
3. Каково назначение предварительного обжига и высокотемпературного спекания заготовок?
4. Перечислите основные операции производства керамики.
5. Температура спекания чистого BeO составляет $1800 - 2000^\circ\text{C}$. Определить температуру спекания керамики на его основе.

Вариант 4

1. Изостатическое прессование. Вибрационное уплотнение.
2. Какую роль выполняют связующие вещества при производстве керамики?
3. Какие вещества используются в качестве исходных компонентов в производстве керамики?
4. Можно ли использовать термическую обработку керамических заготовок для модификации электрофизических свойств?

5. Плотность спеченного керамического изделия составляет 95 – 98% от теоретического значения. Определить его пористость.

Вариант 5

1. Горячее литье.
2. Какие добавки для регулирования технологических процессов производства и свойства керамики вводятся в состав исходной шихты?
3. Какие существуют методы формования шихты?
4. Для чего при подъеме температуры в процессе удаления технологической связки необходима выдержка изделия при постоянной температуре?
5. Объем изделия в пресс – форме составляет 56 мм^3 , а после извлечения из неё – 60 мм^3 . Определить величину упругого последействия.

Вариант 6

1. Удаление технологической связки.
2. Назовите важнейшие пластификаторы, используемые в производстве керамических материалов электронной техники.
3. Проанализируйте стадии уплотнения заготовки при холодном прессовании в пресс-форме.
4. В чем состоит основное свойство шликера?
5. Рассчитать пористость керамического изделия, если плотность спеченного изделия $\rho_{\text{сп}} = 31,7 \text{ кг/м}^3$, а компактного материал $\rho_{\text{к}} = 32 \text{ кг/м}^3$.

Вариант 7

1. Горячее прессование.
2. Как производится помол и перемешивание исходных компонентов?
3. Перечислите основные фазы, входящие в состав керамического изделия.
4. Перечислите основные методы горячего литья.
5. Давление прессование составляет величину 220 МПа. Определить величину максимального давления выталкивания.

Вариант 8

1. Спекание.
2. Какую функцию выполняют модификаторы?
3. Какой метод гранулирования используются при получении крупногабаритных изделий сложной формы?
4. Давление прессования составляет 400 МПа. Можно ли этим методом получить керамическое изделие сложной формы?
5. Упругое последействие составляет величину 8%. Определить объем керамического изделия после извлечения из пресс – формы, если его объем равен 16 мм^3 .

Эпитаксия

Вариант 1

1. Классификация эпитаксиальных процессов.
2. Что лежит в основе золь – гель технологии?
3. Почему для легирования в хлоридном методе используют галогениды соответствующих соединений?
4. Какие полупроводниковые материалы можно получать методом МЛЭ?
5. Что такое селективная эпитаксия и когда она используется?

Вариант 2

1. Автоэпитаксия Si (силановый метод, селективная эпитаксия).
2. Перечислите основные материалы для подложек при гетероэпитаксии Si.
3. Почему методом МЛЭ возможно получать тонкие слои резкоменяющегося состава?
4. От чего зависит форма дефекта упаковки?
5. Перечислите основные стадии золь – гель технологии.

Вариант 3

1. Молекулярно – лучевая эпитаксия.
2. В каком методе автоэпитаксии Si скорость роста зависит от кристаллографического направления?
3. Для получения каких материалов используется золь – гель технология?
4. Почему в гетероэпитаксиальном слое возникают дислокации несоответствия?
5. Что такое метод ПЖК?

Вариант 4

1. Автоэпитаксия Si (хлоридный метод).
2. В чем преимущество силанового метода перед хлоридным?
3. Перечислите основные дефекты эпитаксиальных слоев.
4. В чем заключаются основные достоинства метода МЛЕ?
5. Что такое эффузионная ячейка Кнудсена?

Вариант 5

1. Гетероэпитаксия Si.
2. Каким образом в золь – гель технологии стимулируют образование геля?
3. Для чего в методе ГФЭ МОС используют низкое давление?
4. В чем основной недостаток хлоридного метода?
5. Приведите классификацию эпитаксиальных процессов по агрегатному состоянию исходной фазы.

Вариант 6

1. Дефекты эпитаксиальных слоев.
2. Перечислите основные эпитаксиальные методы, используемые для получения нанополупроводниковых материалов?
3. В чем преимущество эпитаксиальных слоев перед объемными кристаллами?
4. Какой метод эпитаксии позволяет получать резкие гетерограницы, гладкие на атомном уровне?
5. В чем состоит механизм гетероэпитаксии Si?

Вариант 7

1. Золь - гель технология.
2. Что такое реоэпитаксия?
3. Использование какого метода позволяет исключить влияние газодинамических условий при газофазной эпитаксии кремния?
4. В чем заключаются основные достоинства газофазной автоэпитаксии?
5. В каком из эпитаксиальных методов в ростовой ячейке одновременно с эпитаксией проводится анализ и диагностика слоев?

Вариант 8

1. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений (ГФЭ МОС).
2. Почему в эпитаксиальном слое обнаруживаются дислокации?
3. Что такое хемоэпитаксия?
4. По каким параметрам оценивают качество гетероэпитаксиальных слоев?
5. Каким образом в методе МЛЕ подбирают температуру испарителя?

Диэлектрические пленки

Вариант - 1

1. Физика поверхности полупроводника.
2. Что понимают под маскирующей способностью диэлектрического покрытия?
3. Перечислите основные преимущества и недостатки покрытий из нитрида кремния.
4. Какие методы осаждения пленок SiO₂ более эффективны: прямые или непрямые и почему?
5. В каком случае получается более плотное и прочное покрытие из SiO₂ – при окислении в сухом кислороде или водяных парах и почему?

Вариант 2

1. Защита поверхности полупроводника пленками Al_2O_3 .
2. Какие вещества оказывают отрицательное воздействие на свойства поверхности полупроводника?
3. В чем преимущество осаждения пленок SiO_2 методом окисления моносилана перед пиролизом кремнийорганических соединений?
4. Перечислите основные недостатки покрытий из Si_3N_4 .
5. В чем заключается механизм реактивной диффузии при создании покрытия из SiO_2 ?

Вариант 3

1. Защита поверхности полупроводника термическим окислением.
2. В чем заключается метод аммонолизасилана? Запишите химическую реакцию.
3. В каком случае можно получить более качественный плотный слой диоксида кремния: при окислении в сухом кислороде или в водяных парах?
4. Можно ли получать покрытия из Si_3N_4 прямым нитрированием поверхности и почему?
5. Перечислите основные преимущества диэлектрических покрытий из Al_2O_3 .

Вариант 4

1. Защита поверхности полупроводника осажденными пленками SiO_2 .
2. Какими способами можно защитить поверхность полупроводника, не имеющего стабильного к внешним воздействиям собственного оксида?
3. Какое соединение используют для понижения температуры осаждения Si_3N_4 ?
4. В чем заключается основное преимущество покрытий из Al_2O_3 ?
5. Может ли покрытие из SiO_2 защитить от проникновения таких примесей как Al и Ga и почему?

Вариант 5

1. Защита поверхности полупроводника пленками Si_3N_4 .
2. Где происходит окисление кремния: под слоем оксида или на его поверхности?
3. Какие энергетические состояния изменяют энергетическую структуру зон на поверхности полупроводника?
4. Какой метод получения диэлектрических покрытий носит цепной характер и что является инициатором цепной реакции?
5. Способно ли покрытие из халькогенидных стекол защитить от радиационного воздействия и почему?

Вариант 6

1. Маскирующие свойства покрытий из SiO_2 .
2. Какие энергетические состояния на поверхности полупроводника называются «быстрыми» и почему?
3. В чем преимущества пленок Si_3N_4 перед пленками диоксида кремния?
4. Какое диэлектрическое покрытие отличается максимальной радиационной стойкостью?
5. Какие функции выполняют диэлектрические покрытия в технологии полупроводниковых устройств и ИМС?

Диффузия

Вариант 1

1. Механизмы диффузии в полупроводниках.
2. В чем заключается эффект каналирования?
3. Как стимулируют поверхность полупроводника при радиационно – стимулированной диффузии?
4. Какой вид имеет профиль распределения радиационных нарушений при ионной имплантации и почему?

Вариант 2

1. Ионная имплантации. Физические основы метода.
2. Для чего при высокотемпературной диффузии в поток газа – носителя добавляется кислород?

3. Что является необходимым условием радиационно – стимулированной диффузии?
4. Перечислите основные достоинства и недостатки процесса высокотемпературной диффузии.

Вариант 3

1. Математическое описание процессов диффузии.
2. Что такое низкотемпературный отжиг и для чего он используется?
3. Как меняется коэффициент диффузии при радиационно – стимулированной диффузии и почему?
4. Какие типы столкновений испытывают внедренные в твердое тело ионы?

Вариант 4

1. Техника проведения процесса диффузии.
2. Какие радиационные нарушения наблюдаются при ионной имплантации?
3. Что такое ускоренная диффузия и при каких условиях она наблюдается?
4. Что такое доза аморфизации и как она зависит от типа химической связи?

Вариант 5

1. Пробег внедренных ионов. Эффект каналирования.
2. Как влияют примеси и дислокации на скорость диффузии примеси?
3. Перечислите основные достоинства радиационно – стимулированной диффузии.
4. Какие законы лежат в основе математического описания процесса диффузии? Запишите формулу.

Вариант 6

1. Аномалии распределения и дефекты диффузионных слоев.
2. Перечислите основные параметры ионной имплантации.
3. Какой тип дефектов является основным при радиационно – стимулированной диффузии?
4. Что такое кластер радиационных нарушений?

Вариант 7

1. Профиль распределения внедренных ионов.
2. Каким образом подбирают температуру диффузии примеси в полупроводниках?
3. В чем состоит принцип радиационно – стимулированной диффузии?
4. Дайте определение двухстадийной диффузии. В чем ее преимущества?

Вариант 8

1. Отжиг радиационных нарушений и активация примеси.
2. Какие механизмы диффузии в твердых телах Вам известны?
3. Перечислите основные гипотезы, объясняющие образование аморфного слоя.
4. Как выбирают примесь при проведении высокотемпературной примеси?

Вариант 9

1. Комбинирование процессов диффузии и ионной имплантации.
2. Перечислите основные методы осуществления процессов диффузии.
3. Перечислите основные достоинства и недостатки ионной имплантации.
4. Почему при проведении высокотемпературной диффузии происходит выделение второй фазы?

Литография

Вариант 1

1. Фоторезисты и фотошаблоны.
2. Чем определяется температура 1-й сушки?
3. Почему при рентгенолитографии в качестве шаблона используют кремний, а рисунок наносят золотой пленкой?
4. От чего в большей степени зависит разрешающая способность проекционной литографии?

Вариант 2

1. Техника проведения процесса литографии.

2. Что такое УКМ и для чего используется?
3. Почему при ионно – лучевой литографии можно получить более высокой разрешение, чем при использовании других методов?
4. Что такое разрешающая способность?

Вариант 3

1. Субмикронная технология (проекционная литография).
2. Какая сушка лучше термическая или ИК – и СВЧ? Почему?
3. В чем основное отличие контактной фотолитографии от остальных методов?
4. Для чего проводят обработку поверхности полупроводника перед нанесением резиста?

Вариант 4

1. Субмикронная технология (рентгенолитография).
2. Что такое прозрачный шаблон?
3. Перечислите известные Вам методы нанесения резиста? Какой из них используется наиболее часто?
4. Почему при контактной фотолитографии сложно получить разрешающую способность менее 1 мкм?

Вариант 5

1. Субмикронная технология (электронолитография).
2. Перечислите основные параметры резистов? Какой из них является основным?
3. Что такое литография?
4. Какой из литографических методов позволяет получить наиболее высокую разрешающую способность?

Вариант 6

1. Субмикронная технология (ионно – лучевая и лазерная литография).
2. Какие типы фоторезистов существуют?
3. Можно ли для экспонирования резиста использовать видимый свет и почему?
4. Как проводят совмещение резиста с шаблоном при контактной фотолитографии?

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

Контроль освоения бакалавром дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг магистра по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля магистра засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен экзамен в первом семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

Текущий контроль:

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25 баллов

- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5 баллов
- написание и защита рефератов 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

Промежуточный контроль освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 30%, среднего балла по всем модулям 70%.

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.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов – СПб.: Изд – во «Лань», 2002, 424 С.- 26 (научная библиотека ДГУ).
1. Пигучин И.Г., Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых приборов. М.: Высшая школа, 1984., 288 С. – 1 (научная библиотека ДГУ).
2. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа, 1986, 367 С. – 1 (на кафедре экземпляр для преподавателя).
3. Технология микро -, опто - и наноэлектроники. Ч.1. Раскин А.А., Прокофьев В.К. – М.:БИНОМ Лаборатория знаний, 2010, 164 С. 15 (научная библиотека ДГУ).
4. Технология микро -, опто - и наноэлектроники. Ч.2. Рощин В.М., Силибин М.В. – М.:БИНОМ Лаборатория знаний, 2010, 180 С. - 15 (научная библиотека ДГУ).

б) дополнительная литература:

1. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнологии в электронике Введение в специальность.: Уч.пособие – СПб.:Изд-во «Лань», 2008 – 336 С. – 40 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Уч.пособие. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 – 431 С.- – 10 (научная библиотека ДГУ).
3. Борисенко В.Е. Наноэлектроника – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 – 223 С. – 15 (научная библиотека ДГУ).
4. Щука А.А. Наноэлектроника – М.:Физматкнига, 2007 - 464 С. 1 (на кафедре экземпляр для преподавателя); свободный доступ: http://www.studmed.ru/schuka-aa-nanoelektronika_bb3cd1305b2.html#
5. Щука А.А. Электроника – СПб.: БХВ - Петербург, 2008 – 752 С. 1 (на кафедре экземпляр для преподавателя).
6. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Под ред. Чередниченко В.С. – М.: Издательство «Омега – Л», 2008, 752 С. Свободный доступ: http://www.studmed.ru/cherednichenko-materialovedenie-tehnologiya-konstrukcionnyh-materialov-tom-1_4cc60a00cd4.html

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

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и наноэлектроника.**:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru/> Доступ бессрочный.
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS** <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
14. **БД SAGE Premier. Журналы Sage Publications:** <http://journals.sagepub.com/> . Доступ открыт с 01 января 2018 г.

15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - webofknowledge.com. Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017 г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. 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.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

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.

Работа на лекции

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является непременным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуются волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию"(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Подготовка к сессии

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачётно - экзаменационной сессией.

Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка

к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

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

Интернет ресурсы:

1. www.elsevierscience.ru
2. www.edu.ru
3. www.window.edu.ru
4. www.nisrussia.ru
5. www.neicon.ru
6. www.springerlink.cjm.journals
7. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
8. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

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.