



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология материалов электронной техники

Кафедра Инженерной физики факультета физического

**Образовательная программа
11.03.04- Электроника и нанoeлектроника**

Направленность (профиль) программы
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины:
входит в часть, формируемую участниками
образовательных отношений

Рабочая программа дисциплины Технология материалов электронной техники в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника** от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями №1456 от 26.11.2020 г., 8 февраля 2021 г. №83).

Разработчик(и): доцент каф. ЭФ, к.ф. – м.н., Офицeрова Н.В.
(кафедра, ФИО, ученая степень, ученое звание)

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 « 30 » 03 2022 г.  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Технология материалов электронной техники входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплина по выбору ОПОП бакалавриата по направлению (специальности) **11.03.04. Электроника и наноэлектроника**.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами технологии производства материалов электронной техники. Рассматриваются основные методы получения и очистки материалов (полупроводников и диэлектриков, керамики и ситаллов) современной электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных: **ПК-4.1; ПК-4.2**.

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* и промежуточный контроль в форме *зачета*.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		Всего	из них						
		Лекции	Лабор - е занятия	Практи - ческие занятия	КСР	кон - сультации			
4	72	32	16	-	16			40	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Технология материалов электронной техники 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 наноэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Технология материалов электронной техники входит в *часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплина по выбору ОПОП бакалавриата* по направлению (специальности) **11.03.04. Электроника и наноэлектроника**.

Для освоения дисциплины необходимо знание общего курса физики (раздел «Молекулярная физика» «Электричество»), основ математического анализа и дифференциальных уравнений, дисциплин «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Химия».

Дисциплина Технология материалов электронной техники является основой для изучения последующих курсов, таких как «Физические основы электроники», «Физика конденсированного состояния», «Наноструктурные материалы», «Наноэлектроника». «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>Код и наименование компетенции из ОПОП</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенций</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Процедура освоения</i>
ПК-4. Способен организовать и контролировать технологический процесс выпуска изделий микроэлектроники	ПК-4.1. Способен составить операционный маршрут изготовления изделий микроэлектроники	Знает: - базовые технологические процессы производства изделий микроэлектроники; - типовое оборудование и его место в технологическом процессе производства изделий микроэлектроники; - типовые инструменты, применяемые в технологическом процессе производства изделий микроэлектроники; - основные материалы, используемые в производстве изделий микроэлектроники; - стандарты, технические условия и другие нормативные и руководящие материалы по оформлению маршрутных и операционных карт для всех типов технологических процессов производства изделий	Устный опрос, письменный опрос

		микроэлектроники. Умеет: - разрабатывать операционные маршруты изготовления изделий микроэлектроники низкой и средней сложности; - заполнять маршрутные карты изготовления изделий микроэлектроники; - работать с конструкторской документацией на изделия микроэлектроники; - работать с технологической документацией на изготовление изделий микроэлектроники. Владеет: - навыками определять тип производства изделий микроэлектроники; - навыками выбора процесса получения изделия из действующего типового/группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса; - навыками выбора конструкционных материалов для изделий микроэлектроники; - навыками составлять технологические маршруты изготовления изделий микроэлектроники; - навыками разработки порядка пооперационного выполнения работ по изготовлению изделий микроэлектроники; - навыками оформления маршрутных карт изготовления изделий микроэлектроники	
ПК-4. Способен организовать и контролировать технологический процесс выпуска изделий микроэлектроники	ПК-4.2. Способен контролировать соблюдение параметров и режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники	Знает: - основные параметры технологических процессов; - правила эксплуатации технологического оборудования - правила эксплуатации технологической оснастки; - технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники; - методы уменьшения влияния технологических факторов, вызывающих погрешности изготовления изделий микроэлектроники; Умеет: - анализировать основные параметры реализуемых технологических процессов производства изделий микроэлектроники; - анализировать режимы работы технологического оборудования на производстве изделий микроэлектроники	Устный опрос, тесты Мини - конференция

		троники; - анализировать режимы работы технологической оснастки; - анализировать производственную ситуацию и выявлять причины брака в изготовлении изделий микроэлектроники; - предлагать решения по повышению точности выполнения технологических операций процесса производства изделий микроэлектроники; Владеет: - навыками контролировать правильность эксплуатации технологической оснастки - навыками выявлять причины брака в изготовлении изделий микроэлектроники; - навыками подготовки предложений по повышению точности выполнения технологических операций процесса производства изделий микроэлектроники; - навыками согласовать внесения изменений в технологические процессы производства изделий микроэлектроники; - навыками согласовать внесения изменений в технологическую документацию.	
--	--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 84 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 (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1.									
1	Введение. Методы очистки и разделения вещества.	4	1-4	4	4			8	Контрольная работа
2	Физико-химические основы процессов за-	4	5-6	2	2			4	Контрольная работа

	твердевания								
3	Физико – химические основы процессов легирования монокристаллов полупроводников и диэлектриков.	4	7-8	2	2			4	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 1</i>	4		8	8			20	
Модуль 2.									
4	Технология получения керамических материалов	4	9-13	6	6			10	Контрольная работа
5	Технология получения стеклокристаллических и углеродных материалов	4	15-16	2	2			10	Контрольная работа Рефераты
	<i>Итого по модулю 2</i>	4		8	8			20	
	<i>Зачет, экзамен</i>								зачет
	ИТОГО:	4		16	16			40	

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

Модуль 1

Тема 1. Введение.

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.

Тема 2. Физико – химические процессы затвердевания.

Кристаллизация. Анализ процессов зарождения. Механизм и кинетика роста кристаллов. Структура поверхностей раздела. Ориентированная кристаллизация. Текстуры роста и механизмы их формирования. Стеклование. Закономерности формирования стеклообразного состояния. Особенности отверждения при синтезе полимерных и композиционных материалов.

Тема 3. Физико – химические основы процессов легирования монокристаллов полупроводников и диэлектриков.

Легирование монокристаллов в процессе получения из жидкой фазы. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения. Концентрационное переохлаждение расплава. Расчет распределения примесей при консервативных и

неконсервативных процессах кристаллизации. Особенности легирования летучими примесями.

Методы получения монокристаллов с равномерным распределением легирующей примеси. Причины примесных неоднородностей и методы борьбы с ними. Понятие о выходе годного материала. Получение однородно легированных кристаллов при направленной кристаллизации и зонной плавке. Метод компенсационного испарения. Подпитка расплава легирующим компонентом. Программированное изменение параметров роста.

Модуль 2

Тема 4. Технология получения керамических 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.

Тема 5. Технология стеклокристаллических и углеродных материалов.

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

Модификации углерода. Технология поликристаллических алмазов. Технология алмазных и алмазоподобных пленок. Фуллерены. Нанотрубки. Технология нанотрубок.

.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Темы
1.	Лекция 1-2. Введение. Методы очистки и разделения вещества.
	Лекция 3. Физико-химические основы процессов затвердевания
	Лекция 4. Физико – химические основы процессов легирования монокристаллов полупроводников и диэлектриков.
2	Лекция 5-7. Технология получения керамических материалов
	Лекция 8. Технология получения стеклокристаллических и углеродных материалов

4.3.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Темы практических занятий
	Модуль 1
1	Расчет процессов массо- и теплопередачи в неподвижной среде
2	Расчет распределения примесей при кристаллизационной очистке материалов
3	Расчет гетерогенных химико-технологических процессов синтеза полупроводниковых соединений (на примере арсенида галлия)
4	Анализ тепловых процессов вблизи межфазной границы при выращивании кристаллов из расплава

5	Расчет скорости осаждения эпитаксиальных слоев при диффузионно ограниченном росте из жидкой фазы
Модуль 2	
6	Расчет распределения легирующих примесей при неконсервативных процессах кристаллизации
7	Расчет распределения легирующих примесей при консервативных процессах кристаллизации
8	Программирование параметров роста для однородного легирования монокристаллов
9	Расчеты состава шихты для синтеза стекол и керамических материалов
10	Составление операционных и маршрутных карт на технологический процесс

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

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

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 зачету

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.

Литература для самостоятельной работы

1. Курс «Технология материалов электронной техники» на образовательной платформе Moodle <http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=3232>
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPR books (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
3. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов – СПб.: Изд – во «Лань», 2002, 424 С. - 26 (научная библиотека ДГУ).
4. Технология микро –, опто - и наноэлектроники. Ч.1. Раскин А.А., Прокофьев В.К. – М.:БИНОМ Лаборатория знаний, 2010, 164 С. 15 (научная библиотека ДГУ).

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

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

Набор тем рефератов определяется спецификой направления (специальности), по которой обучается студент. Это отражается в рабочем учебном плане дисциплины «Технология материалов электронной техники».

Тематика 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.

Итоговый контроль.

Зачет в конце 4 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Вопросы к зачету по ТМЭТ

1. Чистые вещества. Общая характеристика процессов разделения и очистки.
2. Разделение и очистка вещества с помощью адсорбции.
3. Разделение и очистка вещества с помощью ионного обмена. Получение чистой воды.
4. Разделение и очистка вещества с помощью хроматографии.
5. Разделение и очистка вещества с помощью кристаллизационных процессов.
6. Разделение и очистка вещества с помощью сублимации и дистилляции.
7. Разделение и очистка вещества с помощью химических транспортных реакций
8. Электрохимические методы очистки и разделения вещества.
9. Основы технологии керамических материалов.
- 10.Приготовление, составление и смешивание исходных компонентов.
- 11.Добавки к шихте.
- 12.Гранулирование шихты.
- 13.Холодное прессование в пресс-формах.
- 14.Изостатическое прессование. Вибрационное уплотнение.
- 15.Горячее литье.
- 16.Удаление технологической связки.
- 17.Спекание.
- 18.Горячее прессование.
19. Технология ситаллов.

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 про-

ведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Фонды 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) ОПОП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ОПОП (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. Типовые контрольные задания.

Контрольные работы по дисциплине «Технология материалов электронной техники»

Модуль 1.

К - 1. Методы очистки и разделения веществ

Вариант 1

1. Чистые вещества. Классификация процессов разделения и очистки веществ.
2. На чем основаны сорбционные процессы разделения и очистки веществ?
3. Для каких веществ целесообразно использование методов очистки, основанных на процессах перегонки через газовую фазу?

4. Что такое сегрегация?

Вариант 2

1. Сорбционные процессы (адсорбция и хроматография).
2. Объясните причины возникновения сегрегационных неоднородностей состава твердой фазы после кристаллизационной очистки.
3. При каких условиях массоперенос с помощью ХТР будет осуществляться из холодной зоны в горячую?
4. Что такое амальгамная электрохимия?

Вариант 3

1. Сорбционные процессы (ионный обмен, получение чистой воды).
2. Для чего вводится понятие эффективного коэффициента распределения в процессах кристаллизационной очистки?
3. Какова связь между коэффициентами распределения и разделения при дистилляции?
4. Что такое химическая и физическая чистота вещества?

Вариант 4

1. Разделение и очистка вещества сублимацией и дистилляцией.
2. Назовите наиболее распространенные на практике адсорбенты и области их применения.
3. Как будет изменяться эффективный коэффициент распределения примеси, если толщина диффузионного пограничного слоя уменьшается? Запишите формулу.
4. Что такое чистая вода в технологии?

Вариант 5

1. Очистка вещества с помощью химических транспортных реакций.
2. В чем заключается различие между проявительным и фронтальными методами жидкостно-адсорбционной хроматографии?
3. С помощью какого метода может быть достигнута максимальная эффективность кристаллизационной очистки?
4. Что такое точка азеотропа?

Вариант 6

1. Очистка и разделение вещества с помощью кристаллизационных процессов.
2. Что такое емкость сорбента?
3. Для каких бинарных растворов дистилляция приведет их к разделению на один из чистых компонентов и азеотроп?
4. Чем отличается метод ХТР от метода сублимации и дистилляции?

Вариант 7

1. Электрофизические методы очистки и разделения вещества.
2. Почему при анализе процессов кристаллизационной очистке все многообразие фазовых диаграмм сводится к двум отрезкам касательных к линиям ликвидуса и солидуса в точке плавления основного компонента?
3. Чему равен коэффициент разделения для идеальных бинарных жидких растворов?
4. Перечислите основные хроматографические методы очистки.

К – 2. Физико – химические процессы затвердевания

Вариант 1

1. Образование кристаллических зародышей и стеклование.
2. Каково влияние примесей на процессы зародышеобразования новой фазы?
3. Перечислите основные допущения, используемые при выводе уравнения распределения примесей при направленной кристаллизации.

Вариант 2

1. Механизм и кинетика роста кристаллов.
2. Назовите составляющие изменения свободной энергии системы при гомогенном образовании зародыша кристалла в газовой фазе?
3. Когда и где наблюдается концентрационное переохлаждение расплава?

Вариант 3

1. Распределение примесей в выращенных кристаллах (нормальная направленная кристаллизация).
2. Где выше вероятность образования зародыша новой фазы: на гладкой поверхности или на ступени?
3. Какие существуют неоднородности состава по причинам их возникновения?

Вариант 4

1. Распределение примесей в выращенных кристаллах (зонная плавка).
2. Сформулируйте условия получения материалов в кристаллическом и стеклообразном состоянии.
3. Что называется выходом процесса или выходом годного продукта?

Вариант 5

1. Типы технологических неоднородностей. Сегрегационные методы выравнивания состава.
2. Назовите и охарактеризуйте по атомной структуре виды поверхности граней идеальных кристаллов. Каковы механизмы роста кристалла на этих поверхностях?
3. Каким образом учитывается легирование кристалла летучими примесями или диссоциирующими соединениями?

Вариант 6

1. Технологические неоднородности и методы их устранения.
2. Какого зародыша вероятность образования выше гомогенного или гетерогенного?
3. Что такое условие полного перемешивания?

Модуль 2.

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 $\rho_{\text{сп}} = 98\% \rho_k$; $k_1 = 1,005$; $k_2 = 1,01$.

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 .

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.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 10 баллов,
- письменная контрольная работа – 25 баллов,
- тестирование – 25 баллов.

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.

Курс «Технология материалов электронной техники» на образовательной платформе Moodle <http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=3232>

Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPR books (www.iprbookshop.ru).
Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.

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).

2. Технология микро –, опто - и наноэлектроники. Ч.1. Раскин А.А., Прокофьев В.К. – М.:БИНОМ Лаборатория знаний, 2010, 164 С. 15 (научная библиотека ДГУ).
3. 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. Электроника – СПб.: БХВ - Петербург, 2008 – 752 С. 1 (на кафедре экземпляр для преподавателя).
5. 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

11.03.04. Электроника и наноэлектроника:

Интернет ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPR books (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 действия 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. 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 неперенным 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. Серьезно 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.journalsis
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

ОПОП. 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.

