

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1164726	Проектирование производства материалов электронной техники

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> 1. Технология высокотемпературных неметаллических конструкционных и функциональных изделий и наноматериалов	<b>Код ОП</b> 1. 18.03.01/33.04
<b>Направление подготовки</b> 1. Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 18.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Павлова Ирина Аркадьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Проектирование производства материалов электронной техники**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Изучение модуля позволяет сформировать у студента умения и получить опыт проектирования и организации производства материалов и изделий электронной техники с подбором, обоснованием и расчетом необходимого технологического оборудования с учетом производительности и эффективности производства. В результате изучения модуля студенты приобретут знания о классификации и свойствах наноразмерных систем; ассортименте, составе, физико-химических и эксплуатационных свойствах керамических материалов электронной техники, способах их изготовления и области применения; процессах, протекающих при синтезе и обработке материалов электронной техники, путях достижения требуемых характеристик. На практических занятиях студенты научатся определять основные характеристики керамических материалов и изделий; разрабатывать составы специальной керамики, моделировать и описывать процессы их производства; пользоваться современными методами контроля технических операций, качества сырья, полуфабрикатов, готовой продукции; выбирать рациональную схему производства заданного продукта; проектировать технологические линии новых и реконструируемых предприятий, производя необходимые расчеты.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Технология специальной керамики	4
2	Технологическое оборудование в производстве материалов электронной техники	5
3	Проект по модулю «Проектирование производства материалов электронной техники»	1
4	Химическая технология керамики	7
5	Технология материалов и изделий электронной техники	10
ИТОГО по модулю:		27

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Физико-химические основы технологии материалов и изделий электронной техники
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Проектирование производства огнеупорных и теплоизоляционных материалов 2. Проектирование производства керамики

	<p>3. Проектирование производства минеральных вяжущих веществ и изделий на их основе</p> <p>4. Проектирование производства стекла и эмали</p>
--	---

#### 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Проект по модулю «Проектирование производства материалов электронной техники»	ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	<p>У-1 - Определить необходимый для решения задач профессиональной деятельности набор технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>У-2 - Учитывать требования основных нормативных документов и справочные данные при разработке и оформлении технической, проектной и эксплуатационной документации в области профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Применять современные компьютерные технологии для подготовки технической, проектной и эксплуатационной документации в соответствии с действующими нормативными требованиями</p> <p>П-3 - Выполнять задания в области профессиональной деятельности, следуя требованиям технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>Д-1 - Проявлять развитые коммуникационные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами</p>
	ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и	У-4 - Выбирать методики выполнения расчета технологических параметров процессов для различных видов

	<p>технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p>	<p>производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-3 - Самостоятельно выполнять расчеты технологических параметров процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий, используя методики расчетов и определять направления оптимизации параметров процессов</p>
	<p>ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p>	<p>У-2 - Анализировать нормативно-техническую документацию, и определять основные и вспомогательные технологические операции для производства различных высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>У-3 - Обоснованно выбирать основные и вспомогательные технологические операции, производства различных высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-1 - Выполнять задания по подбору основного и вспомогательного оборудования для различных для производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов</p> <p>П-3 - Составлять перечень технологических операций необходимых и достаточных для производства высокотемпературных неметаллических материалов, и изделий надлежащего качества с учетом нормативно-технических требований</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе с нормативно-технической документацией, со специальной литературой</p>
	<p>ПК-3 - Способен на основе анализа технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов разрабатывать предложения и</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать самостоятельность при работе со специальной литературой с целью поиска и анализа современных тенденций в области производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>Д-2 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>

	рекомендации по их совершенствованию.	
	ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и осуществлять контроль их выполнения.	<p>З-9 - Приводить примеры типовых компоновок производственных участков по производству материалов и изделий электроники и микроэлектроники</p> <p>У-9 - Обосновывать на основе технологических расчетов технологическую схему производства материалов и изделий электроники и микроэлектроники</p> <p>П-9 - Создавать компоновку производственных участков по производству материалов и изделий электроники и микроэлектроники</p>
Технологическое оборудование в производстве материалов электронной техники	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки</p>

		<p>технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p>
	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способен подбирать оборудование</p>	<p>З-2 - Описывать конструкцию основного оборудования цехов по производству</p>

	<p>по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p>	<p>высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-2 - Самостоятельно проводить выбор, контроль и регулирование рабочих параметров технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень внимательности и самостоятельности при выполнении практических работ</p>
	<p>ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p>	<p>З-1 - Объяснять назначение и устройство оборудования, условия эксплуатации применяемых в технологических процессах производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>У-1 - Обоснованно подбирать основное и вспомогательное оборудование для производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов</p> <p>П-2 - Выполнять проверку основных узлов оборудования производства различных высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и обосновывать выбор оборудования для рассматриваемых условий и возможности получения продукции заданного качества</p>
	<p>ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и осуществлять контроль их выполнения.</p>	<p>З-1 - Перечислять типовое оборудование основных переделов производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>У-1 - Подбирать типовое оборудование для производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов и изделий с учетом предъявляемых к нему требований</p>
	<p>ПК-6 - Способен осуществлять и обосновывать выбор оборудования для реализации технологических процессов производства изделий из высокотемпературных</p>	<p>З-1 - Формулировать принципы безопасной эксплуатации машин и агрегатов, применяемых в технологических процессах производства различных высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p>

	<p>неметаллических материалов, осуществлять его безопасную эксплуатацию.</p>	<p>У-1 - Обосновывать безопасные режимы эксплуатации конкретного оборудования с учетом его назначения и принципа действия</p> <p>П-1 - Разрабатывать отдельные части нормативно-технической документации, связанные с безопасностью эксплуатации оборудования цехов производства изделий из различных высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p>
<p>Технология материалов и изделий электронной техники</p>	<p>ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов</p>	<p>З-1 - Классифицировать основные виды и формы организационно-технической и проектной документации, используемые в области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать назначение основных нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регламентирующих профессиональную деятельность</p> <p>У-1 - Определить необходимый для решения задач профессиональной деятельности набор технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>У-2 - Учитывать требования основных нормативных документов и справочные данные при разработке и оформлении технической, проектной и эксплуатационной документации в области профессиональной деятельности</p> <p>П-3 - Выполнять задания в области профессиональной деятельности, следуя требованиям технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>Д-1 - Проявлять развитые коммуникационные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами</p>
	<p>ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных</p>	<p>З-4 - Определять основные технологические параметры процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>З-5 - Объяснить методики расчета технологических параметров процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p>

	<p>неметаллических материалов.</p>	<p>У-2 - Анализировать результаты расчетов основных процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и делать выводы о возможности реализации технологического процесса</p> <p>У-3 - Обоснованно выбирать технологические параметры процессов, подлежащие расчету, для различных видов получения высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-1 - Составлять техническое описание основного оборудования цехов по производству высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p>
	<p>ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.</p>	<p>З-3 - Характеризовать типовые технологические схемы и объяснять суть входящих в них операций при производстве высокотемпературных неметаллических материалов</p> <p>П-3 - Составлять перечень технологических операций необходимых и достаточных для производства высокотемпературных неметаллических материалов, и изделий надлежащего качества с учетом нормативно-технических требований</p>
	<p>ПК-3 - Способен на основе анализа технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию.</p>	<p>З-1 - Объяснять основные показатели и параметры технологического процесса производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий, и их влияние на качество готовой продукции</p>
	<p>ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и</p>	<p>З-9 - Приводить примеры типовых компоновок производственных участков по производству материалов и изделий электроники и нанoeлектроники</p> <p>У-9 - Обосновывать на основе технологических расчетов технологическую схему производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники</p>

	осуществлять контроль их выполнения.	П-9 - Создавать компоновку производственных участков по производству материалов и изделий электроники и нанoeлектроники
Технология специальной керамики	ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	<p>З-1 - Классифицировать основные виды и формы организационно-технической и проектной документации, используемые в области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать назначение основных нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регламентирующих профессиональную деятельность</p> <p>У-1 - Определить необходимый для решения задач профессиональной деятельности набор технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>У-2 - Учитывать требования основных нормативных документов и справочные данные при разработке и оформлении технической, проектной и эксплуатационной документации в области профессиональной деятельности</p> <p>П-3 - Выполнять задания в области профессиональной деятельности, следуя требованиям технической проектной и эксплуатационной документации</p> <p>Д-1 - Проявлять развитые коммуникационные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами</p>
	ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	<p>З-5 - Объяснить методики расчета технологических параметров процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>У-3 - Обоснованно выбирать технологические параметры процессов, подлежащие расчету, для различных видов получения высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p> <p>П-1 - Составлять техническое описание основного оборудования цехов по производству высокотемпературных неметаллических материалов и изделий</p>

	ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-3 - Характеризовать типовые технологические схемы и объяснять суть входящих в них операций при производстве высокотемпературных неметаллических материалов  П-1 - Выполнять задания по подбору основного и вспомогательного оборудования для различных для производства различных видов высокотемпературных неметаллических материалов
Химическая технология керамики	ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-4 - Определять основные технологические параметры процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  У-2 - Анализировать результаты расчетов основных процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и делать выводы о возможности реализации технологического процесса
	ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-2 - Излагать нормативные требования к качеству различных видов высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  З-3 - Характеризовать типовые технологические схемы и объяснять суть входящих в них операций при производстве высокотемпературных неметаллических материалов

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной, очно-заочной и заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Технология специальной керамики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Шишкин Роман Александрович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20240417-01 от 17.04.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Шишкин Роман Александрович, Доцент, химической технологии керамики и огнеупоров

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Твердофазный синтез	Классификация твердофазных реакций. Реакции разложения. Реакции поглощения газа. Реакции с жидкостью. Реакции между твердыми телами. Кинетические модели твердофазных реакций. Модели зародышеобразования. Модели геометрического сжатия. Диффузионные модели. Модели порядка химической реакции. Изоконверсионные методы. Технологические подходы к проведению твердофазного синтеза. Использование ультрадисперсных частиц. Механоактивация. Метод ограничения пространства. Использование темплатов. Ограничение диффузии. Синтез в гетерогенных средах. Механизм образования нитридов и карбидов металлов. Механизм образования карбида циркония (ZrC). Механизм образования нитрида циркония (ZrN). Карботермическое восстановление нитрида алюминия (AlN). Магнийтермический синтез карбида и карбонитрида циркония. Низкотемпературный синтез карбида и карбонитрида гафния (HfC и HfCN).
P2	Методы нагрева	Нагреватели сопротивления. Низкотемпературные нагреватели. Среднетемпературные нагреватели. Высокотемпературные нагреватели. Сверхбыстрое высокотемпературное спекание. Индукционный нагрев. Микроволновое излучение. Механизмы потерь. Поглощение микроволнового излучения. Преимущества микроволнового нагрева. Нагрев прямым пропусканием тока (flash sintering).

		Искровой разряд (spark sintering). Нагрев лазерным излучением. Контроль температуры. Термопары. Пирометры.
<b>P3</b>	Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС)	<p>Виды СВС реакций. Инициирование СВС. Скорость распространения фронта горения. Режимы СВС горения. Структура волны горения. Классификация процессов СВС. Механизм твердофазного СВС. Механизм СВС с промежуточным расплавленным слоем. Механизм фильтрационного СВС. Формирование микроструктуры продуктов СВС. СВС синтез в условиях теплового взрыва. Синтез в режиме теплового взрыва. СВС порошкообразных материалов. Получение тугоплавкой керамики методом СВС из элементов. Получение тугоплавкой керамики магнийтермическим восстановлением оксидов. Получение тугоплавкой керамики по азидной технологии. Получение сложных оксидов. Технологические подходы получения ультра и нанодисперсных порошков методом СВС. Применение субмикронных и наноразмерных реагентов. Добавление инертных нанопорошков в исходную шихту. Разбавление шихты. Применение сплавов в качестве прекурсоров. Применение металлотермии. Применение легкокипящих соединений. Гранулирование шихты. Применение азидов. Применение редокс соединений или смесей. Промежуточный синтез. Химическое диспергирование. Механическая активация. Ударноволновая активация. Подогрев шихты. Закалка продуктов реакции. Наложение электрического и магнитных полей. Газофазный СВС.</p>
<b>P4</b>	Методы мокрой химии	<p>Методы растворения отдельных соединений химических элементов. Реакции горения (SCS). Термодинамика метода SCS. Кинетика реакций SCS. Механизм реакций SCS. Влияние технологических параметров на процесс синтеза. Количество топлива. Прекурсоры металлов и окислители. Влияние pH. Режим и тип воспламенения. Использование внешних темплатов (шаблонов). Выбор других технологических параметров. Золь-гель метод. Аэрогель. Пример синтеза материалов золь-гель методом. Метод со-осаждения. Виды со-осаждения. Методы со-осаждения. Влияние аммиака и других технологических параметров на осаждение гидроксидов металлов. Различия между методом со-осаждения и золь-гель синтезом. Гидротермальный синтез. Зарождение и рост частиц. Химия процесса. Классификация методов гидротермального синтеза. Примеры и реализация гидротермального синтеза. Сонохимический синтез. Механизм кавитации. Реакционные центры в процессах акустической кавитации. Частота УЗ. Другие технологические параметры. Примеры сонохимического синтеза.</p>
<b>P5</b>	Химическое осаждение из газовой фазы	<p>Классификация CVD процессов. Термодинамика процесса. Кинетика процесса. Последовательность осаждения. Пограничный слой. Технологические параметры. Лимитирующие стадии CVD. Кинетика поверхностной реакции. Массоперенос. Давление как лимитирующий фактор. Механизм роста и структура осажденных материалов. Механизм осаждения. Структура и морфология осажденного материала. Виды CVD реакций. Реакции термоллиза / пиролиза. Реакции восстановления водородом. Реакции со-</p>

		<p>восстановления. Реакции восстановления галогенидов металлами. Реакции окисления и гидролиза. Реакции карбидизации и азотирования. Основные типы прекурсоров для CVD. Металлорганическое CVD (MOCVD). Получение металлов. Получение бескислородной керамики (карбидов и нитридов). Получение оксидов. Экспериментальные методы получения материалов. Получение керамических материалов. Получение углеродных материалов методом CVD. Получение неметаллов методом CVD. Оборудование для CVD.</p>
<b>P6</b>	Термолиз	<p>Пиролиз полимеров. Синтез карбида кремния (SiC). Пиролиз с распылением в пламени. Аппаратурное оформление пиролиза с распылением в пламени. Выбор прекурсора. Формирование частиц. Рост частиц. Морфология частиц. Механизм формирования частиц в многокомпонентных системах. Плазмохимический синтез. Процесс ионизации. Плазмообразующие газы. Методы генерации плазмы. Примеры плазмохимического синтеза.</p>
<b>P7</b>	Общие подходы к созданию керамических и композиционных материалов	<p>Выбор структуры и состава. Структура каменной соли (Rock-salt). Структура сфалерита (sphalerite). Вюрцит. Флюорит. Пироклор. Шпинель. Перовскит. МАХ-фазы. Допирование. Правила допирования. Электропроводность и оптические свойства. Изменение заряда. Фазовая стабильность. Теплофизические свойства. Механические свойства. Высокоэнтропийная керамика. Свойства высокоэнтропийной керамики. Предсказание стабильности высокоэнтропийных соединений. Композиционные материалы. Классификация композиционных материалов. Морфология и плотность упаковки порошкообразных частиц. Методы сфероидизации частиц. Распределение частиц и их поверхностная модификация. Теория перколяции. Добавки для получения керамических и композиционных материалов. Растворители. Диспергаторы. Связующие. Пластификаторы. Стабильность коллоидных растворов. Пространственная стабилизация суспензий. Комбинированная стабилизация.</p>
<b>P8</b>	Методы исследования порошкообразных материалов	<p>Фазовый состав. Рентгенофазовый анализ (XRD). Качественный XRD. Метод Ле Бэйла и Ритвельда. Размер кристаллита. Нейтронография. Химический состав. Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF). Атомно-абсорбционная (ААС) и атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС). Масс-спектрометрия (MS). Содержание лёгких элементов. Химический состав поверхности материала. Рентгеновская фотоэлектронная спектрометрия (XPS). Масс-спектрометрия вторичных ионов (SIMS). Оже-спектрометрия (AES). Гранулометрический состав. Грохочение. Лазерный дифракционный анализ. Седиментационный анализ. Дзета-потенциал. Удельная поверхность и пористость. Теория Ленгмюра. Теория Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Виды изотерм. Пикнометрия. Морфология частиц. Сканирующая электронная микроскопия (SEM). Просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ). Термический анализ. Термогравиметрический анализ (ТГА). Дифференциальный термический анализ (ДТА). Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК).</p>

P9	Спекание	Термодинамика спекания. Поверхностная энергия. Кинетика спекания и механизм уплотнения. Механизм уплотнения. Влияние границ зёрен. Вращение зерен при спекании. Виды спекания. Жидкофазное спекание. Добавки для спекания. Двухэтапное спекание. Скорость нагрева и Мастер-кривая спекания. Скорость нагрева. Спекание в контролируемой атмосфере и вакууме. Термодинамика атмосферы спекания. Защитное спекание. Спекание в вакууме.
P10	Методы получения керамических и композиционных материалов	Методы формования. Холодное одноосное прессование. Холодное изостатическое прессование. Уплотнение ударной волной. Шликерное литье. Пленочное литье. Литье геля. Экструзия. Литье под давлением. Аддитивные технологии. Методы механического получения плотных материалов. Равноканальное угловое прессование. Кручение под высоким давлением. Термические методы получения плотных материалов. Микроволновое спекание. Индукционное спекание. Термомеханические методы получения плотных материалов. Горячее прессование. Метод высокого давления – высокой температуры. Горячее изостатическое прессование. Искровое плазменное спекание. Электроимпульсное спекание. Ковка. СВС компактирование. Термохимические методы получения плотных материалов. Инfiltrация расплавами. Инfiltrация газовой фазой. Методы получения полимерных композиционных материалов. Заливка раствора. Пропитка порошка. Вакуумная фильтрация. Методы получения тонких полимерных пленок. Сублимационное литье.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	<p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	Д-1 - Проявлять развитые коммуникационные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Технология специальной керамики**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Толкачева, А. С.; Технология керамики для материалов электронной промышленности : учебное пособие. 1. ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697585> (Электронное издание)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Технология специальной керамики**

#### **Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
5	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Технологическое оборудование в**  
**производстве материалов электронной**  
**техники**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Пономарев Владимир Борисович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	оборудования и автоматизации силикатных производств

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20240417-01 от 17.04.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Пономарев Владимир Борисович, Доцент, оборудования и автоматизации силикатных производств

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Оборудование для подготовки и переработки сырьевых материалов	Оборудование для питания и дозирования сырья. Питатели. Расчет технологических параметров, мощность привода. Бункера. Схемы бункеров и их разгрузки. Дозаторы. Схемы, конструкции. Грохочение и сепарация сыпучих материалов. Схема прохождение частицы через ячейку грохота. Способы многопродуктового грохочения. Конструкции сепараторов. Особенности каскадной сепарации сыпучих материалов. Методика расчета процесса пневматической классификации порошков. Оборудование для сухого улавливания пылей. Пыль. Методы измерения и оборудование для измерения свойств пылей. Конструкции местных укрытий пылеулавливающего оборудования. Классификация газоочистных аппаратов и устройств. Осадительные камеры. Инерционные пылеуловители. Циклоны. Основные преимущества и недостатки циклонов. Вспомогательные устройства газоочистных и улавливающих установок. Фильтрация. Тканевые фильтры. Общие сведения о процессе фильтрования. Электростатическая очистка газов. Принцип действия электрофильтров
2	Оборудование для получения нанопорошков	Основные методы получения нанопорошков. Сверхтонкое измельчение. Планетарные мельницы. Стержневые мельницы.

		Вибрационные мельницы. Коллоидные мельницы. Клиновые мельницы. Ударно-центробежные шаровые мельницы. Аттриктор. Струйные мельницы. Вихревые мельницы
3	Оборудование для производства интегральных микросхем	<p>Характеристика технологических операций. Общие сведения о механической обработке. Калибровка. Шлифовка базового среза. Резка алмазными полотнами, алмазной лентой, алмазными кругами. Устройства натяжения полотен, алмазных кругов. Очистка пластин круглой, плоской щеткой. Оборудование для шлифования и полирования пластин. Шлифование свободным и связанным абразивом. Конструкция станка СДП-100. Конструкция полуавтомата приклеивания пластин к блокам. Снятие фаски с обработанных пластин. Автомат снятия фаски с механизмом загрузки (выгрузки) пластин. Полуавтомат полирования пластин. Виды полирования. Механическое, химическое, химико-механическое полирование.</p> <p>Микролитография. Автоматы гидромеханической отмычки, нанесения и проявления фоторезиста. Базовая центрифуга. Пульверизация. Схема форсунки распыления фоторезиста. Конвейерные термические установки. Диффузионные установки. Устройство нагревателя, устройства загрузки и выгрузки пластин. Оборудование для плазмохимического удаления фоторезиста. Метод термического испарения. Конструкции нагревателей.</p> <p>Ионно-лучевое нанесение пленок. Ионное внедрение. Установки ионной трансплантации. Автоматизация загрузки (выгрузки) подложек. Оборудование для ионно-лучевой и молекулярно-лучевой эпитаксии. Электронно-лучевое испарение. Электронно-лучевая сварка.</p> <p>Скрайбирование пластин. Скрайбирование алмазным резцом. Лазерное скрайбирование. Схемы защиты пластин от продуктов обработки лазером. Резка алмазными кругами. Крепление пластин. Крепление алмазных дисков. Схема подачи СОЖ. Разделение пластин профильными алмазными кругами. Вырезка круглых кристаллов. Ломка пластин на кристаллы, валиком, изгибом. Съём проскрайбированной пластины с липкой эластичной пленки. Формирование фасок на кристаллах.</p> <p>Монтаж кристалла на прибор. Сварка выводов ИС. Оборудование для герметизации ИС. Методы сварки корпусов, герметизация пластмассой</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональн	целенаправленна я работа с	Технология повышения	ОПК-6 - Способен выполнять	Д-1 - Внимательно и

ое воспитание	информацией для использования в практических целях	коммуникативной компетентности Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	ответственно относиться к выполнению требований технической документации
---------------	--	--	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Технологическое оборудование в производстве материалов электронной техники

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617825> (Электронное издание)
2. Огородников, И. Н.; Радиационные воздействия излучений на материалы электронной техники: оксид бериллия : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697417> (Электронное издание)
3. Бялик, А. Д.; Материалы электронной техники: Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573767> (Электронное издание)
4. Бялик, А. Д.; Материалы электронной техники: диэлектрики : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575238> (Электронное издание)
5. Легостаев, Н. С.; Материалы электронной техники : учебное пособие.; Эль Контент, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208681> (Электронное издание)
6. Брусенцов, Ю. А.; Маркировка материалов электронной техники : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277961> (Электронное издание)
7. Легостаев, Н. С.; Материалы электронной техники : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480508> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ильевич, А. П.; Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров : Учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 1979 (25 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Технологическое оборудование в производстве материалов электронной техники

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Химическая технология керамики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Павлова Ирина Аркадьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20240417-01 от 17.04.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Павлова Ирина Аркадьевна, Доцент, химической технологии керамики и огнеупоров

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Сырьевые материалы керамического производства	Природные (пластичные, отошающие, материалы-плавни), оксиды, соли. Пластичные сырьевые материалы: глины, каолины, бентониты. Химико-минеральный состав. Способность находиться в тонкодисперсном состоянии. Пластичность. Поведение при нагревании. Физико-химические процессы, происходящие при нагревании. Отошающие материалы: кварц, кварцевый песок. Назначение отошающих материалов в технологии керамики. Модификационные превращения диоксида кремния при нагревании. Требования к кварцевому песку в технологии керамики. Материалы-плавни: полевые шпаты, пегматиты и др. назначение плавней в составе керамических масс. Свойства отдельных разновидностей полевых шпатов. Поведение полевых шпатов при нагревании. Тальк: строение, состав, свойства. Назначение талька в керамических массах. Поведение талька при нагревании. Оксиды. Глинозем. Модификации $Al_2O_3$ и их свойства. необходимость применять $\alpha-Al_2O_3$ в технологии керамических материалов электронной техники. Диоксид титана $TiO_2$ . полиморфные разновидности $TiO_2$ и их свойства. Диоксид циркония $ZrO_2$ . назначение $ZrO_2$ в керамических массах. Полиморфизм $ZrO_2$ . Характеристика кубического диоксида циркония. Соли. Сульфаты, хлориды, нитраты. Их характеристика. Использование солей в технологии производства материалов электронной техники, получаемых методом химического соосаждения.

<p><b>P2</b></p>	<p>Методы приготовления керамических масс</p>	<p>Способы выражения составов керамических масс. Процессы измельчения (дробление, помол) в технологии керамики. Теории дробления. Кинетика помола. Уравнение Колмогорова. Применение ПАВ в процессе помола. Зерновой состав керамической массы. Процессы просеивания в технологии керамики. Подбор зернового состава керамической по принципу плотнейшей упаковки. Смешивание сырьевых компонентов керамической массы. Методы дозирования в технологии керамики. Мокрый и сухой способ подготовки керамических масс. Виды керамических масс: пресс-порошки, пластичные массы, литейные шликера. Приготовление порошкообразных масс при использовании башенных распылительных сушил – БРС. Свойства пресс-порошка, получаемого в БРС: влажность, насыпная плотность, гранулометрический состав и др. Приготовление пластичных масс. Фильтр-прессование и другие методы обезвоживания керамической массы. Вакуумная обработка пластичных масс, ее назначение и влияние на свойства сырца и готовых изделий. Приготовление водных литейных керамических шликеров. Прессовый и беспрессовый шликер. Технологическая необходимость получения прессового литейного шликера. Использование электролитов при получении водных литейных керамических шликеров. Разжижение шликера под действием электролитов.</p>
<p><b>P3</b></p>	<p>Методы формования керамических изделий</p>	<p>Полусухое прессование. Преимущества и недостатки метода. Параметры процесса: давление прессования, зерновой состав, влажность пресс-порошка и др. режимы прессования. Уравнение прессования Бережного, Кондрашева. Неравноплотность при полусухом прессовании. Уравнение Баландина. Причины появления неравноплотности по вертикали и горизонтали и методы ее устранения. Виды брака при полусухом прессовании керамического полуфабриката. Изостатическое прессование порошковых керамических масс. Метод горячего прессования, магнито-импульсного прессования и другие.</p>
<p><b>P4</b></p>	<p>Формование керамических изделий из пластических масс</p>	<p>P4 Формование керамических изделий из пластических масс  Разновидности метода: раскатка пласта керамической массы в тела вращения, продавливание (экструзия) пластичной керамической массы ПКМ через мундштук ленточного пресса. Реологические свойства ПКМ. Реологические кривые. Упругая, эластическая и пластическая деформация ПКМ. Эластичность ПКМ. Уравнение Шведова-Бенгама. Деформационные свойства ПКМ. Структурно-механический тип ПКМ. Период релаксации ПКМ. Оборудование для пластического формования керамических изделий. Виды брака при пластическом формовании керамического полуфабриката. Формование керамических изделий методом обточка. Литье керамических изделий в гипсовые формы, сущность метода. Ассортимент изделий, формуемых методом литья. Гипсовые формы, последовательность их изготовления. Свойства гипсовых форм. Дифференциальное уравнение процесса фильтрования (образования твердого осадка на поверхности гипсовой формы). Свойства керамического шликера: дисперсионный состав, вязкость, тиксотропные свойства,</p>

		<p>скорость водоотдачи, плотность и др. методы литья: сливной, наливной, их комбинация. Виды брака при использовании для формования метода литья. Литье термопластических шликеров: сущность метода, применяемое оборудование и формы для отливки, термическая обработка заготовок.</p>
<b>P5</b>	<p>Процессы при сушке керамических масс и изделий</p>	<p>Теоретические основы процесса сушки. Внешняя и внутренняя диффузия влаги и ее зависимость от параметров теплоносителя и свойства материала. Термовлагопроводность. Периоды сушки: прогрева, постоянной и падающей скорости сушки. Равновесная и гигроскопическая влажность. Уравнение сушки по Лыкову. Воздушная усадка. Диаграмма Берри. Расчет параметров процесса сушки и времени сушки конкретного вида керамических изделий. Способы сушки: конвективная, радиационная, токами высокой частоты.</p>
<b>P6</b>	<p>Теоретические основы процесса сушки. Внешняя и внутренняя диффузия влаги и ее зависимость от параметров теплоносителя и свойства материала. Термовлагопроводность. Периоды сушки: прогрева, постоянной и падающей скорости сушки. Равновесная и гигроскопическая влажность. Уравнение сушки по Лыкову. Воздушная усадка. Диаграмма Берри. Расчет параметров процесса сушки и времени сушки конкретного вида керамических изделий. Способы сушки: конвективная, радиационная, токами высокой частоты.</p>	<p>Классификация процессов спекания по участвующим фазам и механизму переноса вещества. Жидкостное спекание. Роль сил поверхностного натяжения и вязкости жидкой фазы. Механизмы вязкого течения жидкости, растворения и кристаллизации. Теория Я.И. Френкеля. Твердофазовое спекание как диффузионный процесс. Диффузия вакансий и вещества. Теория Б.Я. Пинеса. Изменение размера пор, давления газа в порах при спекании. Собирательная рекристаллизация. Роль границ зерен, пор и включений. Кинетика спекания, уравнение зависимости усадки и плотности от времени спекания. Кажущаяся энергия активации изотермического спекания и ее связь с диффузионными процессами. Методы интенсификации процессов спекания: механическое, тепловое и химическое активирование. Влияние добавок на спекание: правило Ферсмана и критерии выбора добавок. Реакционное (химическое) спекание. Обжиг керамики. Факторы, определяющие выбор режима обжига. Печи, используемые для обжига МЭТ.</p>
<b>P7</b>	<p>Керамические глазури</p>	<p>Классификация глазурей: легкоплавкие и тугоплавкие, сырые и фриттованные, глушеные и прозрачные, матовые и блестящие. Необходимость получения фриттованных глазурей. Расчет шихтового состава глазури по ее химическому составу, расчет химического состава глазури по ее шихтовому составу. Сырьевые компоненты для введения оксидов в состав глазури. Основные свойства глазурей: вязкость, поверхностное натяжение, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР). Расчет величины ТКЛР глазури по методу Аппена. Глазурный шликер. Свойства глазурного шликера. Методы нанесения глазурей на поверхности керамических изделий. Виды брака глазурного покрытия. Подбор глазурей для керамики.</p>
<b>P8</b>	<p>Технология материалов электронной техники</p>	<p>Электроизоляционные материалы: Электротехнический фарфор – разновидность твердого фарфора. Классификация фарфоровых изоляторов. Расчет фазового состава электротехнического фарфора по его химическому составу и температуре обжига. Технологическая схема производства</p>

		<p>электротехнического фарфора. Особенности формования изделий: использование метода обточки. Свойства масс и изделий из электротехнического фарфора. Пути повышения качества высоковольтного фарфора.</p> <p>Высокоглиноземистая керамика, ее преимущества и недостатки. Диаграмма состояния <math>Al_2O_3-SiO_2</math>. Ультрафарфор. Получение ультрафарфора по беспечковой и спековой технологии. Технология и свойства установочной керамики УФ-46.</p> <p>Корундовая керамика. Разновидности корундовой керамики: М-7, 22ХС, ВГ-4, ВК-95-1, П-1 и др. преимущества и недостатки корундовой керамики. Способы спекания корундовой керамики. Технология керамики М-7 (миналунд). Технические свойства этой керамики. Получение изделий из керамики ВК-95-1 методом литья пленок на органическую подложку. Особенности технологии керамики ВК-95-1 и ее основные свойства</p>
--	--	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	<p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-3 - Характеризовать типовые технологические схемы и объяснять суть входящих в них операций при производстве высокотемпературных неметаллических материалов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Химическая технология керамики

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Толкачева, А. С.; Технология керамики для материалов электронной промышленности : учебное пособие. 1. ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697585> (Электронное издание)
2. Нифталиев, С. И.; Технология керамики, стекла и вяжущих материалов: лабораторный практикум : учебное пособие.; Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=688145> (Электронное издание)
3. Толкачева, А. С.; Технология керамики для материалов электронной промышленности : учебное пособие. 1. ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697585> (Электронное издание)
4. Нифталиев, С. И.; Технология керамики : учебное пособие.; Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255913> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Толкачева, А. С., Кащеев, И. Д.; Общие вопросы технологии тонкой керамики : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 18.03.01 и 18.04.01 - Химическая технология.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018 (15 экз.)
2. Толкачева, А. С., Михайлова, Н. А.; Ч. 1 : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 18.03.01 и 18.04.01 - Химическая технология.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. , Будников, П. П., Полубояринов, Д. Н.; Химическая технология керамики и огнеупоров : учеб. для хим.-технол. специальностей вузов.; Стройиздат, Москва; 1972 (9 экз.)
4. , Гузман, И. Я.; Химическая технология керамики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Хим. технология тугоплавких неметал. и силикат. материалов".; Стройматериалы, Москва; 2003 (24 экз.)
5. , Гузман, И. Я.; Химическая технология керамики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Хим. технология тугоплавких неметал. и силикат. материалов".; СТРОЙМАТЕРИАЛЫ, Москва; 2012 (5 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Химическая технология керамики**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)

		Подключение к сети Интернет	
--	--	-----------------------------	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Технология материалов и изделий**  
**электронной техники**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Деева Юлия Андреевна	кандидат технических наук, без ученого звания	Преподавате ль	УрФУ

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20240417-01 от 17.04.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Деева Юлия Андреевна, Преподаватель, УрФУ

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Технология материалов электронной техники	<p>Понятия "технология", "материалы", "машина", их историческое развитие и эволюция.</p> <p>Технология и проблема экологии.</p> <p>Взаимодействие науки и технологии. Значение научно-технического прогресса.</p> <p>Роль новых технологий в развитии микроэлектроники.</p> <p>Место технологических процессов в общей схеме производства керамики и кристаллов для ЭТ.</p> <p>Общая схема технологического процесса. Влияние процессов обработки кристаллов на характеристики полупроводниковых приборов. Влияние поверхностного слоя и исходного состояния монокристаллов на их обрабатываемость. Роль структурных несовершенств в обрабатываемости кристаллов.</p> <p>Роль инородных включений в кристаллах на их обрабатываемость.</p> <p>Общая характеристика технологических операций.</p> <p>Полупроводниковые подложки. Диэлектрические пленки. Фотолитография. Диффузия примесей.</p> <p>Строение и свойства полупроводниковых монокристаллов.</p>

		<p>Строение кристаллов. Свойства полупроводниковых монокристаллов.</p> <p>Разрушение кристаллов при механической обработке.</p> <p>Физические аспекты прочности и разрушения материалов. Методы исследования структурных нарушений. Взаимодействие абразива с обрабатываемой поверхностью.</p> <p>Процессы абразивной обработки. Поверхностные микроразрушения при абразивной обработке. Общие закономерности взаимодействия поверхности монокристаллов с абразивом.</p> <p>Роль жидкости в процессах обработки.</p> <p>Понятие о припусках на обработку.</p> <p>Изготовление подложек из керамических материалов и кристаллов для приборов и интегральных схем.</p> <p>Общие сведения об изготовлении подложек.</p> <p>Резка полупроводниковых монокристаллов на пластины.</p> <p>Резка кругами. Резка алмазной бесконечной ленточной пилой. Резка стальными полотнами с добавлением абразива. Резка заготовок проволокой.</p> <p>Шлифование подложек.</p> <p>Шлифование свободным абразивом. Шлифование связанным абразивом. Магнитно-абразивная обработка. Дефекты шлифования и пути их устранения.</p> <p>Полирование деталей.</p> <p>Механическое полирование. Химическое полирование. Химико-механическое полирование. Бесконтактное полирование. Очистка поверхности пластин от загрязнений. Рекомендации по созданию технологических процессов ориентированного шлифования и полирования.</p> <p>Металлизация.</p> <p>Методы нанесения пленок.</p> <p>Вакуумное напыление. Катодное распыление. Реактивное распыление. Ионноплазменное распыление. Другие методы металлизации.</p> <p>Измерение толщины пленок.</p> <p>Резистивный метод. Метод взвешивания. Оптический метод. Нанесение пленок методом эпитаксии. Общие сведения об эпитаксии. Методы эпитаксиального наращивания. Оборудование для наращивания эпитаксиальных пленок. Контроль параметров эпитаксиальных пленок.</p>
<p><b>P2</b></p>	<p>Материалы и производство подложек и корпусов интегральных схем</p>	<p>Металлизация керамики. Толстопленочная металлизация. Тонкопленочная металлизация.</p> <p>Другие способы металлизации керамики.</p>

		<p>Герметизация элементов радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p>Требования к герметизации и ее роль в качестве ИМС.</p> <p>Материалы герметизации.</p> <p>Пластмассы. Клеи. Припой.</p> <p>Люминофоры. Люминесценция (основные понятия).</p> <p>Особенности люминесценции кристаллофосфоров.</p> <p>Классификация явлений люминесценции.</p> <p>Составы люминофоров и их свойства.</p> <p>Синтез люминофоров.</p> <p>Характеристики эффективности люминофоров и методы ее оценки;</p> <p>Качество, надежность и работоспособность ИМС.</p> <p>Основные понятия и показатели качества.</p> <p>Основные понятия и свойства надежности.</p> <p>Количественные показатели надежности.</p> <p>Испытания изделий электронной техники.</p> <p>Современное состояние и перспективы развития производства керамики для подложек и корпусов интегральных микросхем.</p>
--	--	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	<p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	Д-1 - Проявлять развитые коммуникативные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Технология материалов и изделий электронной техники**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Орликов, Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие. 2. ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209016> (Электронное издание)
2. Орликов, Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие. 1. ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209014> (Электронное издание)
3. Орликов, Л. Н.; Основы технологии оптических материалов и изделий : учебное пособие. 2. ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209013> (Электронное издание)
4. Орликов, Л. Н.; Основы технологии оптических материалов и изделий : учебное пособие. 1. ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209012> (Электронное издание)
5. Орликов, , Л. Н.; Технология приборов оптической электроники и фотоники : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13992.html> (Электронное издание)
6. Орликов, , Л. Н.; Основы технологии оптических материалов и изделий. Часть 1 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13959.html> (Электронное издание)
7. Орликов, , Л. Н.; Основы технологии оптических материалов и изделий. Часть 2 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13960.html> (Электронное издание)
8. Орликов, , Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13990.html> (Электронное издание)
9. Орликов, , Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13991.html> (Электронное издание)
10. Бялик, А. Д.; Материалы электронной техники: Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573767> (Электронное издание)
11. Бялик, А. Д.; Материалы электронной техники: диэлектрики : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575238> (Электронное издание)
12. Легостаев, Н. С.; Материалы электронной техники : учебное пособие.; Эль Контент, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208681> (Электронное издание)
13. Брусенцов, Ю. А.; Маркировка материалов электронной техники : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277961> (Электронное издание)

14. Легостаев, Н. С.; *Материалы электронной техники : учебное пособие.*; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480508> (Электронное издание)

15. Бриндли, К., К.; *Карманный справочник инженера электронной техники : справочник.*; Додэка|ДМК Пресс, Москва; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=686689> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Антипов, Б. Л., Сорокин, В. С., Терехов, В. А.; *Материалы электронной техники : Задачи и вопросы : Учеб. пособие для ВУЗов по спец. электрон. техники.*; Высшая школа, Москва; 1990 (9 экз.)

2. Волчкевич, Л. И.; *Автоматизация производства электронной техники : Учеб. пособие для сред. ПТУ.*; Высшая школа, Москва; 1988 (11 экз.)

3. Ладик, А. И.; *Изделия электронной техники. Знакосинтезирующие индикаторы : Справочник.*; Радио и связь, Москва; 1994 (9 экз.)

4. Лебедев, Олег Николаевич и др., Ладик, А. И., Мирошниченко, А. И., Сташкевич, А. И., Телец, В. А.; *Изделия электронной техники : Цифровые микросхемы. Микросхемы памяти. Микросхемы ЦАП и АЦП : Справочник; Радио и связь, М; 1994 (11 экз.)*

5. Нашельский, А. Я.; *Технология спецматериалов электронной техники : Учеб. пособие для техникумов.*; Металлургия, Москва; 1993 (13 экз.)

6. Никифоров, С. В., Мильман, И. И.; *Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие.*; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001 (15 экз.)

7. Антипов, Б. Л., Сорокин, В. С., Терехов, В. А.; *Материалы электронной техники: Задачи и вопросы : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности электр. техники.*; Лань, Санкт-Петербург; 2001 (7 экз.)

8. Пасынков, В. В., Сорокин, В. С.; *Материалы электронной техники : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям электрон. техники.*; Лань, СПб. ; Москва ; Краснодар; 2003 (49 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Технология материалов и изделий электронной техники**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)