

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 25.08.2025 16:35:17
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Е.В. Барабанова



«26» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика и технологии функциональных материалов

Закреплена за кафедрой:	Прикладной физики
Направление подготовки:	03.03.03 Радиофизика
Направленность (профиль):	Материалы и устройства радиоэлектроники (беспилотные системы, программно-аппаратные комплексы, системы автоматизированного проектирования)
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	7

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Барабанова Е.В.

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

подготовка студентов к проектированию и реализации технологических процессов получения функциональных материалов

Задачи:

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Механика

Молекулярная физика

Электричество и магнетизм

Физическая кристаллография

Физика полупроводников и диэлектриков

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Материаловедение электронной техники

Технологическая практика

Физика кристаллов

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	52
самостоятельная работа	56

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.1: Использует техническую документацию при работе с радиоэлектронной аппаратурой при проведении научно-исследовательских и прикладных работ

ПК-2.2: Осуществляет работу с современными средствами измерения, применяемыми в эксперименте

ПК-4.1: Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	7

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
------------	-----------------------------	-------------	----------------	-------	-----------	------------

	Раздел 1. Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.					
1.1	Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.	Лек	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10	
1.2	Тема 1. Функциональные материалы. Материалы и материаловедение. Функциональные и конструкционные материалы. Типы функциональных материалов.	Ср	7	6		
	Раздел 2. Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.					
2.1	Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.	Лек	7	2		
2.2	Тема 2. Сегнетоэлектрическая керамика Керамические материалы. Сегнетоэлектрики. Характеристики сегнетокерамики. Примеры сегнетоэлектрических керамических материалов.	Ср	7	4		

	Раздел 3. Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты.					
3.1	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лек	7	4		
3.2	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лаб	7	2		
3.3	Тема 3. Технологии производства сегнетоэлектрической керамики на примере керамики цирконата-титаната свинца. 3.1 Этап 1. Общая схема традиционной керамической технологии. Исходные компоненты и требования к ним. Составление шихты. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Ср	7	6		
	Раздел 4. Тема 3.1. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них. Разрушение материалов.					

4.1	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лек	7	2		
4.2	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Лаб	7	2		
4.3	Тема 3. Этап 1. Операции измельчения и смешения и оборудование для них.	Ср	7	4		
	Раздел 5. Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.					
5.1	Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.	Лек	7	2		
5.2	Тема 3.2 Этап 2. Синтез сегнетокерамики. Твердофазный синтез: физико-химические основы. Выбор режима синтеза. Оборудование для синтеза. Вторичный помол.	Ср	7	6		
	Раздел 6. Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.					
6.1	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Лек	7	2		

6.2	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Лаб	7	6		
6.3	Тема 3.3. Этап 3. Формование. Подготовка пресс-масс: гранулирование, приготовление шликера, пластичных масс. Способы формования: полусухое прессование, горячее литье под давлением, экструзия, шликерное литье, горячее прессование.	Ср	7	6		
	Раздел 7. Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.					
7.1	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Лек	7	2		
7.2	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Лаб	7	6		
7.3	Тема 3.4. Этап 4. Спекание. Выбор режима спекания. Оборудование для спекания.	Ср	7	2		
	Раздел 8. Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.					
8.1	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.	Лаб	7	8		
8.2	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции.	Ср	7	6		

8.3	Тема 3.5. Этап 5. Создание готового элемента. Механическая обработка заготовки. Металлизация. Поляризация. Оборудование для данных процессов. Контроль качества продукции. (2)	Лек	7	2		
	Раздел 9. Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.					
9.1	Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.	Лек	7	2		
9.2	Тема 3.6. Технологические схемы, отличные от традиционной керамической технологии. По типу смешивания: Химическое смешивание исходных компонент; криохимическое смешивание исходных компонент. По типу синтеза: горячее прессование; технологии горения, СВЧ синтез.	Ср	7	6		
	Раздел 10. Тема 4. Сегнетоэлектрические пленки. Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.					

10.1	Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.	Лек	7	2		
10.2	Тема 4.1 Технологии производства сегнетоэлектрических пленок. Способы получения толстых пленок. Способы получения тонких пленок. Роль подложки и требования к ней. Свойства пленок и их изучение.	Ср	7	2		
	Раздел 11. Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок. Основные стадии процесса физического осаждения пленок из газовой фазы: перевод атомов или молекул из конденсированного состояния в газообразно; перенос паров до подложки; конденсация атомов или молекул на подложку; рост пленок. Кристаллизация пленок и нанесение электродов. Методы физического осаждения: термическое испарение, ионно-плазменное распыление (катодное и магнетронное), ионная имплантация, электронно-лучевое испарение, пленки Ленгмюра-Блоджетт.					
11.1	Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Лек	7	2		
11.2	Тема 4.2. Физические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Ср	7	4		

	Раздел 12. Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок. Осаждение из газовой фазы. Химическое осаждение из растворов.					
12.1	Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Лек	7	2		
12.2	Тема 4.3. Химические методы изготовления сегнетоэлектрических тонких пленок.	Ср	7	4		
	Раздел 13. Защита лабораторных работ					
13.1	защита лабораторных работ	Лаб	7	2		

Образовательные технологии

Основная форма проведения лабораторных занятий - работа в группах по двое.

Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
2	Информационные (цифровые) технологии
3	Технологии развития критического мышления
4	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Перечень лабораторных работ:

1. Составление шихты. Смешение-измельчение сырья.
2. Определение дисперсности и плотности измельченных спеков.
3. Формование. Определение плотности заготовки.
4. Влияние спекания на заготовку.
5. Изучение плотности и пористости методом гидростатического взвешивания и методом пузырька.
6. Изучение структуры керамического образца. Определение плотности зерен керамики.
7. Механическая обработка заготовки. Определение диэлектрических характеристик керамики.
8. Определение микротвердости керамики.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Вопросы для проверки знаний:

- 1) Керамика системы ЦТС обладает структурой типа
 - а) Шпинели
 - б) Перовскита

- в) Вольфрамовых бронз
- г) Нет верного ответа

2) При сухом помоле добавляется следующий процент связки:

- а) 0
- б) 1-3
- в) 3-6
- г) 6-10
- д) Более 10

3) Температура спекания

- а) Равна $\frac{1}{2}$ температуры плавления
- б) Равна температуре плавления
- в) Больше температуры плавления
- г) Нет верного ответа

4) Время твердофазной реакции пропорционально

- а) r^2/D
- б) r/D
- в) D/r^3
- г) D/r

5) Аттритор – это устройство для

- а) металлизации
- б) сухого помола
- в) брикетирования
- г) мокрого помола

6) Сегнетоэлектрики относятся к

- а) Линейным диэлектрикам
- б) Полупроводникам
- в) Нелинейным диэлектрикам
- г) Проводникам

7) Изобразите петлю гистерезиса и перестройку доменов ее сопровождающую

8) Сегнетожесткий материал - это сегнетоэлектрик

- а) с большим значением коэрцитивного поля
- б) с большим значением поляризации
- в) с высокой механической прочностью
- г) с большой плотностью

9) Перепрессовка

- а) выталкивание заготовки из пресс-формы приложением давления
- б) расслоение заготовок при повышенном давлении
- в) прессование с обратной стороны при двустороннем прессовании
- г) расширение заготовки после извлечения из пресс-формы

10) При синтезе в процессе диффузии участвуют

- а) частицы порошка
- б) зерна керамики
- в) атомы (молекулы) частиц порошка
- г) Нет верного ответа

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Форма проведения зачета: сдача лабораторных работ по дисциплине. Студент, не выполнивший все лабораторные работы, не допускается к защите работ.

Студенты, освоившие программу курса «Физика и технологии функциональных материалов» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Дисциплина заканчивается зачетом. На семестр отводится 10 баллов. Они разделяются на два модуля по 30 и 70 баллов.

1 модуль:

10 баллов - контрольная работа

20 баллов - лабораторные работы

2 модуль:

10 баллов - контрольная работа

60 баллов - лабораторные работы

Студенты, набравшие более 40 баллов получают зачет автоматически.

Студенты, набравшие менее 40 баллов сдают зачет.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Головнин, Каплунов, Малышкина, Педько, Пьезоэлектрическая керамика: применение, производство, перспективы, Тверь: Тверской государственный университет, 2010, ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1514/
Л1.10	Головнин В. А., Каплунов И. А., Малышкина О. В., Педько Б. Б., Мовчикова А. А., Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов, Москва: Техносфера, 2013, ISBN: 978-5-94836-352-3, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233464
Л1.2	Головнин, Каплунов, Педько, Малышкина, Мовчикова, Материаловедение электронной техники. Технологии наноматериалов, Тверь: Тверской государственный университет, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13465d/Start.html
Л1.3	Каплунов, Введение в физику керамических материалов, Тверь: Тверской государственный университет, 1999, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/00006ucheb.pdf
Л1.4	Ращупкина, Дерябин, Технология керамических материалов и искусственных пористых заполнителей : в 2 частях. Часть 2, Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 2022, ISBN: , URL: https://znanium.com/catalog/document?id=435707
Л1.5	Ращупкина, Дерябин, Технология керамических материалов и искусственных пористых заполнителей : в 2 частях. Часть 1, Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 2022, ISBN: , URL: https://znanium.com/catalog/document?id=435706

Л1.6	Хамматова Э. А., Гайнутдинов Р. Ф., Функциональные материалы технического назначения, Казань: КНИТУ, 2020, ISBN: 978-5-7882-2943-0, URL: https://e.lanbook.com/book/245024
Л1.7	Мальцева И. В., Козлов А. В., Лазарева Я. В., Козлов Г. А., Технология керамических материалов и изделий, Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2021, ISBN: 978-5-7890-1975-7, URL: https://e.lanbook.com/book/237941
Л1.8	Кострюков В. Ф., Миттова И. Я., Термодинамика процессов синтеза функциональных материалов. Механохимия, Воронеж: ВГУ, 2018, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/171181
Л1.9	Исакова И. В., Чурилова Н. Н., Строение и свойства полифункциональных материалов и нанокompозитов, Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019, ISBN: 978-5-00137-057-4, URL: https://e.lanbook.com/book/122212

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	OpenOffice
5	Mozilla Firefox
6	Notepad++
7	Origin 8.1 Sr2

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	СПС "КонсультантПлюс"
2	СПС "ГАРАНТ"
3	ЭБС «ZNANIUM.COM»
4	ЭБС «ЮРАИТ»
5	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6	ЭБС «Лань»
7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-28	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран настенный
3-30	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, лабораторные весы, муфельная печь, печной аппарат, установка "Кристалл"

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа начинается до прихода студента на лекцию. Целесообразно использование «системы опережающего чтения», т.е. предварительного прочитывания лекционного материала, содержащегося в учебниках и учебных пособиях, закладывающего базу для более глубокого восприятия лекции. Работа над лекционным материалом включает два основных этапа: конспектирование лекций и последующую работу над лекционным

материалом. Под конспектированием подразумевают составление конспекта, т.е. краткого письменного изложения содержания чего-либо (устного выступления – речи, лекции, доклада и т.п. или письменного источника – документа, статьи, книги и т.п.).

Методика работы при конспектировании устных выступлений значительно отличается от методики работы при конспектировании письменных источников. Конспектируя письменные источники, студент имеет возможность неоднократно прочитать нужный отрывок текста, поразмыслить над ним, выделить основные мысли автора, кратко сформулировать их, а затем записать. При необходимости он может отметить и свое отношение к этой точке зрения. Слушая же лекцию, студент большую часть комплекса указанных выше работ должен откладывать на другое время, стремясь использовать каждую минуту на запись лекции, а не на ее осмысление – для этого уже не остается времени. Поэтому при конспектировании лекции рекомендуется на каждой странице отделять поля для последующих записей в дополнение к конспекту.

Записав лекцию или составив ее конспект, не следует оставлять работу над лекционным материалом до начала подготовки к зачету. Нужно проделать как можно раньше ту работу, которая сопровождает конспектирование письменных источников и которую не удалось сделать во время записи лекции: прочесть свои записи, расшифровав отдельные сокращения, проанализировать текст, установить логические связи между его элементами, выделить главные мысли, отметить вопросы, требующие дополнительной обработки, в частности, консультации преподавателя.

В процессе организации самостоятельной работы большое значение имеют консультации с преподавателем, в ходе которых можно решить многие проблемы изучаемого курса, уяснить сложные вопросы. Беседа студента и преподавателя может дать многое - это простой прием получения знаний. Самостоятельная работа носит сугубо индивидуальный характер, однако вполне возможно и коллективное осмысление проблем.