

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 26.09.2023 17:14:16
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«24» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность образовательной программы

Функциональные наноматериалы и покрытия для твердотельной электроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.01

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		профессор А.А. Малыгин

Рабочая программа дисциплины «Технология функциональных пленочных наноматериалов»
обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной
техники

протокол от 15.04.2021 № 9

Заведующий кафедрой

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 20.05.2021 № 9

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.В. Захарова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа	08
4.4.1. Семинары, практические занятия	08
4.4.2. Лабораторные занятия	08
4.5. Самостоятельная работа	08
4.5.1. Темы курсовых работ	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	13
10.1. Информационные технологии	13
10.2. Программное обеспечение	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: :

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-2 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения</p>	<p>ПК-2.3. Разработка методов и средств автоматизации процессов производства, выбор оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда, обеспечивающих эффективное, технически и экологически безопасное производство различных функциональных наноматериалов.</p>	<p>знать современные тенденции в области микроэлектроники, физико-химических и технологических процессах планарной технологии и о перспективах ее развития (ЗН-1); различные области применения материалов и наноматериалов при решении инженерных и технологических задач (ЗН-2).</p> <p>уметь самостоятельно осуществлять выбор материалов и оптимизировать их расход (У-1); выбирать оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда в рамках реализации технологических процессов (У-2).</p> <p>владеть различными методиками контроля свойств материалов и параметров технологических процессов (Н-1).</p>
<p>ПК-3 Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности</p>	<p>ПК-3.5 Использование технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств пленочных функциональных наноматериалов и изделий из них</p>	<p>знать новые технологии производства функциональных пленочных наноматериалов твердотельной электроники (ЗН-3); методы управления технологическими операциями, выполняемыми на новом оборудовании, с целью создания новых материалов с заданными свойствами с учетом технических особенностей нового оборудования (ЗН-4)</p> <p>уметь формулировать круг практических задач, которые можно решать в рамках модернизации технологических процессов (У-3); разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности (У-4)</p> <p>владеть информацией о свойствах наноматериалов, приборной базы и оборудования в технологии функциональных пленочных наноматериалов (Н-2)</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Технология функциональных пленочных наноматериалов" относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.ДВ.02.01) и изучается на втором году обучения в 3 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата по направлению подготовки 22.03.01 при изучении курсов "Физика", "Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем", "Химическая технология наноматериалов и наносистем", а также дисциплин "Физико-химические методы исследования твердых веществ в наноразмерном состоянии" и "Получение и анализ чистых и особочистых веществ", читаемых на 1 курсе магистратуры.

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта, а также при выполнении магистерских диссертаций по тематике, связанной с созданием функциональных или конструкционных наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	6 / 216
Контактная работа с преподавателем:	125
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	68
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	68 (68)
курсовое проектирование (КР или КП)	17
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	91
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет, КП

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Токопленочные функциональные наноматериалы в электронике и смежных областях	4		16	14	ПК-2.3
2	Традиционные и современные физические и физико-химические вакуумные технологии тонких пленок и тенденции в их развитии.	6		12	16	ПК-2.3
3	Сопутствующие процессы при создании тонкопленочных наноматериалов в планарной технологии.	6		12	12	ПК-3.5
4	Химические технологии тонкопленочных наноструктур	8		12	16	ПК-3.5
5	Современное технологическое оборудование для получения тонкопленочных наноматериалов	6		12	18	ПК-3.5
6	Перспективные направления развития технологии тонкопленочных наноматериалов.	4		4	15	ПК-3.5
	ИТОГО	34		68	91	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-2.3	Токопленочные функциональные наноматериалы в электронике и смежных областях Традиционные и современные физические и физико-химические вакуумные технологии тонких пленок и тенденции в их развитии.
2	ПК-3.5	Сопутствующие процессы при создании тонкопленочных наноматериалов в планарной технологии Химические технологии тонкопленочных наноструктур Современное технологическое оборудование для получения тонкопленочных наноматериалов Перспективные направления развития технологии тонкопленочных наноматериалов

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Токопленочные функциональные наноматериалы в электронике и смежных областях. Виды тонкопленочных наноматериалов: диэлектрические, проводящие, полупроводниковые, их химическая природа, свойства, основные области применения. Тонкопленочные наноматериалы – перспективные системы в композициях типа «(нано)ядро – (нано)оболочка», классификация методов их создания.	4	Лекция-беседа
2	Традиционные и современные физические и физико-химические вакуумные технологии тонких пленок и тенденции в их развитии. Катодное распыление, вакуумное испарение, реактивное катодное распыление, вакуумное испарение. Суть процессов и размерные ограничения по толщине тонких пленок. Фактор времени в процессах получения систем «ядро-оболочка». Молекулярно-пучковая эпитаксия – принципы технологии, пути развития, переход от физических к физико-химическим основам процесса получения тонкопленочных наноматериалов. Ионно-лучевые и плазмохимические процессы синтеза.	6	Лекция-беседа
3	Сопутствующие процессы при создании тонкопленочных наноматериалов в планарной технологии. Фотолитография и нанолитография: назначение, суть процесса переноса изображения, основные виды, тенденции в развитии. Диффузионное и ионное легирование.	6	Лекция-беседа
4	Химические технологии тонкопленочных наноструктур. Химическое осаждение из жидкой и газовой фазы: суть процессов, области протекания, сочетание с различными физическими воздействиями, влияние фактора времени. Золь-гель технология и ее синтетические возможности. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт и ее принципиальное отличие от традиционных процессов. Метод молекулярного наслаивания: принципы нанотехнологии молекулярного наслаивания, пути создания моно- и полислоев, в том числе, сложного химического состава и регулярного строения; принципиальное отличие от процесса химического осаждения из газовой фазы. Темплатный синтез и Принц-технология.	8	Лекция-беседа
5	Современное технологическое оборудование для получения тонкопленочных наноматериалов. Вакуумные и проточные технологии. Основные понятия вакуумной техники и виды откачных агрегатов и вакуумных систем. Установки для химического осаждения из газовой фазы, молекулярного наслаивания, Ленгмюра-Блоджетт.	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	Перспективные направления развития технологии тонкопленочных наноматериалов. Альтернативные источники энергии (солнечная и водородная энергетика, суперконденсаторы). Мембранные технологии. Сенсорное приборостроение. Композиционные материалы. Сорбционно-каталитические системы. Роль наноразмерного состояния в достижении новых свойств материалов и изделий.	4	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа.

4.4.1. Семинары, практические занятия.

Не предусмотрены.

4.4.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
1	Ионно-плазменные методы получения пленок	16	16	
2	Получение пленок металлов термическим испарением в вакууме	12	12	
3	Технология получения пленок магнетронным распылением	12	12	
4	Ионная имплантация в технологии полупроводниковых материалов	12	12	
5	Диффузионные процессы в технологии интегральных микросхем.	6	6	
	Фотолиграфические процессы в планарной технологии	6	6	
6	Химическая нанотехнология молекулярного наплавления в при получении оксидных функциональных покрытий	4	4	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Виды сенсорных тонкопленочных структур, параметры контроля с их применением. Тонкие пленки при создании волоконно-оптических датчиков (ВОД). Принцип действия, области применения ВОД, регулирование их характеристик.	14	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Виды установок катодного распыления и их основные характеристики. Молекулярно-лучевая эпитаксия с использованием металл-органических соединений. Современные подходы в проектировании технологических процессов в микро- и нанoeлектронике	16	Устный опрос
3	Анализ различных видов литографических процессов. Органические и неорганические фоторезисты, их свойства и критерии оценки. Способы нанесения пленок фоторезистов на полупроводниковые пластины. Особенности и виды нанолитографии.	12	Устный опрос
4	Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания и их применение в различных областях твердофазного материаловедения. Методы контроля толщины и размеров тонкопленочных и иных наноструктур. Виды и оборудование сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. Кинетические особенности процессов в системе газ-слой сыпучего материала	16	Устный опрос
5	Классификация вакуумных насосов и их основные характеристики. Вывод основного уравнения вакуумной системы и следствий из него. Проводимость элементов вакуумных систем при последовательном и параллельном соединении. Механизм процессов химического осаждения из газовой фазы. Перспективы технологии Ленгмюра–Блоджетт для создания органо-неорганических пленок.	18	Устный опрос
6	Вопросы экологии в нанотехнологических процессах. Особенности проектирования и защиты окружающей среды в микро- и нанoeлектронике. Туннельно-зондовая нанотехнология и ее возможности.	15	Устный опрос

4.5.1. Темы курсовых проектов

1. Полупроводниковые материалы, виды, применение.
2. Химические процессы в планарной технологии интегральных схем.
3. Классификация материалов, используемых в планарной технологии и их назначение.
4. Процессы легирования в технологии интегральных схем.
5. Классификация и области применения интегральных микросхем.
6. Обоснование необходимости глубокой очистки полупроводниковых веществ. Методы определения следов примесей.
7. Основные виды технологических сред и их назначение в планарной технологии..
8. Газоподготовка в планарной технологии.
9. Виды адсорбентов для осушки газов и их основные характеристики.
10. Способы очистки воды в микроэлектронике.
11. Чистые комнаты.
12. Фотолитография: назначение, виды литографических процессов.
13. Фоторезисты: назначение, требования к ним, способы нанесения..

14. Метод молекулярного наслаивания: принципы, виды тонкопленочных структур, получаемых этим методом.
15. Получение и свойства воды высокой частоты.
16. Золь-гель процессы..
17. Арсенид галлия, его получения и свойства. Антимонид индия.
18. Получение пленок Ленгмюра-Блоджетт..
19. Методы выращивания монокристаллов.
20. Германий, получение и свойства.
21. Кремний, получение и свойства.
22. Химические аспекты технологии резки, шлифовки и полировки полупроводниковых кристаллов.
23. Химическое и электрохимическое полирование полупроводниковых материалов. Селективное и анизотропное травление.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.– 108 с. (ЭБ)
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин.- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.
3. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие./ Г.Л.Брусилковский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 с.
4. Ежовский Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие/ Ю.К.Ежовский, А.А. Малыгин.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 45 с.
5. Соснов, Е.А. Защита интеллектуальной собственности: текст лекций./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 64 с.
6. Соснов, Е.А. Основы научных исследований: Текст лекций в 2 ч./ Е.А.Соснов - Ч.1.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 128 с.
7. Соснов, Е.А. Основы научных исследований: Текст лекций в 2 ч./ Е.А.Соснов - Ч.2.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 88 с.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде зачета по практической работе в устной форме и защита курсового проекта. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Физические вакуумные методы получения тонких пленок и их основные недостатки с учетом требований нанотехнологии.
2. Физико-химические процессы и оборудование при реализации химического осаждения пленок из газовой фазы.
3. Темплатный синтез и его особенности, примеры реализации.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Беляков, А.Б. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие / А.Б.Беляков, Е.В.Жариков, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2006. - 102 с.
2. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
3. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с.
4. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1
5. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
6. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г.Рамбиди, А.В. Березкин. - Москва: Физматлит, 2009. – 454 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8
7. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
9. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико – химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
10. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
11. Химическая диагностика материалов / В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б. Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. - 224 с. - ISBN 978-5-7641-0254-2

б) электронные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический

- институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. – ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: по подписке.
 4. Нанoeлектроника. Теория и практика / В.Е.Борисенко, А.И.Воробьева, А.Л.Данилюк, Е.А.Уткина. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 369 с. - ISBN 978-5-00101-732-5 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: по подписке.
 5. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - ISBN 978-5-00101-731-8 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: по подписке.

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

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
4. Библиотека eLIBRARY - www.elibrary.ru

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.
6. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с

В ходе лекционных занятий магистранту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой магистрантов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

При выполнении лабораторных работ приобретаются навыки практической деятельности и закрепляются теоретические знания, полученные в рамках лекционных курсов, а также при проведении практических занятий.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде зачета по практической работе и лабораторному практикуму и экзамена в устной форме (включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Библиотека eLIBRARY - www.elibrary.ru

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.

3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).

4. Стационарный или переносной проекционный экран.

Лабораторные занятия проводятся на промышленном оборудовании, применяемом для производства и исследования материалов и изделий электронной техники в цехах и лабораториях ОАО "Светлана".

Использование лицензионного ПО:

При представлении лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
"Технология функциональных пленочных наноматериалов"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенция		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-2	Способность понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Промежуточный
ПК-3	Способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением	Промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)	
			«не зачтено»	«зачтено»
ПК-2.3. Разработка методов и средств автоматизации процессов производства, выбор оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда, обеспечивающих эффективное, технически и экологически безопасное производство различных функциональных наноматериалов, элементов микроэлектронной и электровакуумной техники.	Знает современные тенденции в области микроэлектроники, физико-химических и технологических процессах планарной технологии и о перспективах ее развития (ЗН-1);	Ответы на вопросы №№ 1-4 к зачету, защита КП	Не знает современные тенденции в области микроэлектроники, физико-химических и технологических процессах планарной технологии и о перспективах ее развития	Знает современные тенденции в области микроэлектроники, физико-химических и технологических процессах планарной технологии и о перспективах ее развития
	Знает различные области применения материалов и наноматериалов при решении инженерных и технологических задач (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 5-6 к зачету	Не знает различные области применения материалов и наноматериалов при решении инженерных и технологических задач.	Знает различные области применения материалов и наноматериалов при решении инженерных и технологических задач.
	Умеет самостоятельно осуществлять выбор материалов и оптимизировать их расход (У-1);	Ответы на вопросы №№ 7-9 к зачету	Не умеет самостоятельно осуществлять выбор материалов и оптимизировать их расход	Умеет самостоятельно осуществлять выбор материалов и оптимизировать их расход
	Умеет выбирать оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда в рамках реализации технологических процессов (У-2).	Ответы на вопросы №№ 10-11 к зачету, защита КП	Не умеет выбирать оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда в рамках реализации технологических процессов.	Умеет выбирать оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда в рамках реализации технологических процессов.
	Владеет различными методиками контроля свойств материалов и параметров технологических процессов (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 12-19 к зачету	Не владеет различными методиками контроля свойств материалов и параметров технологических процессов.	Владеет различными методиками контроля свойств материалов и параметров технологических процессов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)	
			«не зачтено»	«зачтено»
ПК-3.5 Использование технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств пленочных функциональных наноматериалов, изделий полупроводниковой и электровакуумной техники	Знает новые технологии производства функциональных пленочных наноматериалов твердотельной электроники (ЗН-3);	Ответы на вопросы №№ 20-32 к зачету	Не знает новые технологии производства функциональных пленочных наноматериалов твердотельной электроники	Знает новые технологии производства функциональных пленочных наноматериалов твердотельной электроники
	Знает методы управления технологическими операциями, выполняемыми на новом оборудовании, с целью создания новых материалов с заданными свойствами с учетом технических особенностей нового оборудования (ЗН-4)	Ответы на вопросы №№ 33-35 к зачету	Не знает методы управления технологическими операциями, выполняемыми на новом оборудовании, с целью создания новых материалов с заданными свойствами с учетом технических особенностей нового оборудования	Знает методы управления технологическими операциями, выполняемыми на новом оборудовании, с целью создания новых материалов с заданными свойствами с учетом технических особенностей нового оборудования
	Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решать в рамках модернизации технологических процессов (У-3);	Ответы на вопросы №№ 36-40 к зачету	Не умеет формулировать круг практических задач, которые можно решать в рамках модернизации технологических процессов	Умеет формулировать круг практических задач, которые можно решать в рамках модернизации технологических процессов
	Умеет разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности (У-4)	Ответы на вопросы №№ 41-43 к зачету	Не умеет разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности.	Умеет разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности.
	Владеет информацией о свойствах наноматериалов, приборной базы и оборудования в технологии функциональных пленочных наноматериалов (Н-2)	Ответы на вопросы №№ 44-50 к зачету, защита КП	Не владеет информацией о свойствах наноматериалов, приборной базы и оборудования в технологии функциональных пленочных наноматериалов.	Владеет информацией о свойствах наноматериалов, приборной базы и оборудования в технологии функциональных пленочных наноматериалов.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **зачета**. Критерии оценивания – «**зачтено**», «**не зачтено**» приведены в таблице 2 и защита курсового проекта (шкала оценивания – бальная).

Оценка «зачтено» выставляется, если ответ студента отличается последовательностью, логикой изложения, учащийся демонстрирует глубину владения представленным материалом, ответы формулируются аргументировано, обосновывается собственная позиция в проблемных ситуациях.

Оценка «не зачтено» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2

1. Общие сведения о тонкопленочных материалах электронной техники.
2. Виды полупроводниковых материалов, подложек и основные требования к ним.
3. Классификация методов создания композиций «(нано)ядро-(нано)оболочка».
4. Критерии отнесения продуктов к наноматериалам, их классификация, виды и области применения.
5. Требования к границе раздела в системе «(нано)ядро-(нано)оболочка».
6. Основные этапы и оборудование для получения полупроводниковых материалов и интегральных микросхем.
7. Фоторезисты: классификация, критерии выбора, основные характеристики.
8. Неорганические фоторезисты.
9. Основные области применения химической нанотехнологии на принципах метода молекулярного наслаивания.
10. Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания и области их применения.
11. Получение структур методом диффузии: физико-химические основы процесса, диффузанты, способы, оборудование, расчет.
12. Получение структур методом ионной имплантации: физико-химические основы процесса, основные узлы установки и их назначение, виды установок с разным взаимным расположением узлов, методы расчета.
13. Схема, принцип действия и основные узлы установки ионной имплантации.
14. Типовое оборудование диффузионных процессов: реакционные камеры, автозагрузчики.
15. Методы расчета процессов ионной имплантации и диффузионного легирования: прямая и обратная задачи.
16. Технология и оборудование для формирования изображения в планарной технологии.
17. Характеристики различных литографических процессов. Основы нанолитографии
18. Виды альтернативных источников энергии.
19. Мембранные технологии в водородной энергетике.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3

20. Экологические проблемы современных технологий, основные пути их решения при разработке и проектировании оборудования
21. Методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления.
22. Получение тонких пленок с применением иницирующих воздействий.
23. Принципы и синтетические возможности метода молекулярного наслаивания при синтезе поверхностных наноструктур..

24. Реагенты используемые в процессах молекулярного наслаивания при получении оксидных, нитридных, сульфидных, углеродных наноструктур.
25. Классификация методов получения тонких пленок (механические, физические, физико-химические, химические).
26. Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме: суть метода,
27. Получение тонких пленок катодным распылением: суть метода, диодная схема (на постоянном токе и высокочастотная),
28. Принципы молекулярно-лучевой эпитаксии, в том числе с использованием металлоорганических соединений.
29. Реактивное катодное распыление и вакуумное испарение.
30. Плазмохимические процессы в технологии тонких пленок.
31. Принципы ионно-лучевого процесса синтеза тонких пленок.
32. Суть процесса химического осаждения покрытий из газовой фазы.
33. Золь-гель процессы: физико-химические основы, основные стадии, темплатный синтез в сочетании с золь-гель процессами.
34. Основы процесса и требования к реагентам при получении пленок Ленгмюра-Блоджетт; фазовые состояния органических пленок на поверхности жидкости.
35. Особенности Принц-технологии при создании наноструктур.
36. Установки катодного распыления: диодная на постоянном токе и высокочастотная, триодная, магнетронная, с автономным источником ионизации.
37. Схема установки вакуумного испарения, виды испарителей.
38. Простейшая вакуумная система, основное уравнение вакуумной системы.
39. Классификация вакуумных насосов, области применения вакуумной техники.
40. Основные характеристики вакуумных насосов (определения и графические зависимости), определение времени откачки объекта.
41. Основные способы и оборудование для химического осаждения пленок из газовой фазы.
42. Схема установки для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт и ее технологические характеристики.
43. Требования к аппаратному оформлению процесса молекулярного наслаивания.
44. Установка молекулярно - лучевой эпитаксии.
45. Принцип действия и схема сканирующего туннельного микроскопа, режимы его работы.
46. Физико-химические основы туннельно-зондовой нанотехнологии.
47. Установка ионно-лучевого процесса получения тонких пленок.
48. Типовые вакуумные системы для основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники
49. Основные требования, предъявляемые к современному оборудованию.
50. Оборудование для проточной, вакуумной и проточно-вакуумной технологии молекулярного наслаивания.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.