

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«29» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Физика поверхности и тонкие пленки			
Направление подготовки/специальность	03.03.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация	Физика конденсированного состояния		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	96	
Самостоятельная работа, ч		120	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации

экзамен

Обеспечивающее подразделение

ОЭФ

Заведующий кафедрой -
руководитель Отделения
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

Лидер А.М.

Склярова Е.А.

Сыпченко В.С.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ОПК(У)-3.В1	Владеет опытом применения общих физических методов для решения задач в профессиональной области
		ОПК(У)-3.У1	Умеет использовать базовые теоретические знания общей физики для решения профессиональных задач
		ОПК(У)-3.31	Знает фундаментальные разделы общей физики
ПК(У)-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК(У)-2.В1	Владеет опытом применения сложного физического оборудования
		ПК(У)-2.В2	Владеет опытом обработки результатов научных исследований при помощи информационных технологий
		ПК(У)-2.У1	Умеет использовать современную приборную базу
		ПК(У)-2.У2	Умеет использовать информационные технологии в расчетах профессиональных задач
		ПК(У)-2.31	Знает основные методы научных исследований в области физики конденсированного состояния
		ПК(У)-2.32	Знает возможности информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК(У)-3	Готовность применять на практике профессиональные знания	ПК(У)-3.В1	Владеет опытом применения электрофизических и плазменных установок и ускорительных систем, электронных микроскопов и приборов для исследования поверхности твердых тел

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
	теории и методов физических исследований	ПК(У)-3.У1	Умеет проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в профессиональной области
		ПК(У)-3.31	Знает основы взаимодействия излучения и плазмы с веществом
ПК(У)-6	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований	ПК(У)-6.В3	Владеет опытом внутригруппового взаимодействия
		ПК(У)-6.У3	Умеет самостоятельно находить решения поставленной
		ПК(У)-6.33	Знает организационно-управленческие навыки при работе в научных группах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов для исследования физико-химические свойства тонких пленок и поверхности твердых тел	ОПК(У)-3
РД-2	Применять теоретические и экспериментальные методы для исследования структуры тонких пленок	ПК(У)-2 ПК(У)-3
РД -3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях поверхности твердых тел и тонких пленок	ПК(У)-3 ПК(У)-6

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Тонкие пленки, методы нанесения и их классификация	РД-1 РД-2	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 2. Электродуговое и магнетронное нанесение пленок. Полимерные покрытия.	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	36
Раздел (модуль) 3. Физико-механические свойства пленок. Сверхструктуры.	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	12
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	54

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Тонкие пленки, методы нанесения и их классификация

В разделе представлены: тонкие пленки и покрытия, основные определения, этапы исследований поверхности и тонких пленок; классификация пленок и их основные параметры; особенности структурного состояния тонких покрытий; влияние режима и условий осаждения на структуру и свойства вакуумных покрытий; закономерности образования, стадии и механизмы роста покрытий при их осаждении; теории зародышеобразования. Методы нанесения вакуумных покрытий, их классификация; виды испарителей и испарение сплавов, химических соединений; лазерное нанесение покрытий и электронно-лучевое испарение

Темы лекций:

Лекция 1. Тонкие пленки и покрытия, основные определения, этапы исследований поверхности и тонких пленок. Классификация пленок и их основные параметры. Особенности структурного состояния тонких покрытий. Влияние режима и условий осаждения на структуру и свойства вакуумных покрытий.

Лекция 2. Газотермическое нанесение покрытий. Общая характеристика. Закономерности образования и роста покрытий, формируемых из газовой фазы. Стадии и механизмы роста покрытий при их осаждении из газового потока.

Лекция 3. Образование адсорбционной фазы и зародышей конденсированной фазы. Теории зародышеобразования.

Лекция 4. Методы нанесения вакуумных покрытий, их классификация. Резистивное испарение. Виды испарителей. Испарение сплавов, химических соединений.

Лекция 5. Лазерное нанесение покрытий. Режимы испарения. Селективность испарения при режиме НИ. Электронно-лучевое испарение. Режимы, преимущества и недостатки.

Темы практических занятий:

Практика 1. Вводное занятие. Эпитаксиальный рост тонких плёнок

Практика 2. Эпитаксиальный рост тонких плёнок

Практика 3. Закономерности образования и роста покрытий при их осаждении из газового потока

Практика 4. Адсорбционные фазы и зародыши конденсированной фазы.

Практика 5. Электронно-лучевое испарение.

Названия лабораторных работ:

1. **Лабораторная работы 1.** Исследование основных закономерностей ионно-плазменного распыления (6ч)

Раздел 2. Электродуговое и магнетронное нанесение пленок. Полимерные покрытия.

В разделе представлены: вакуумное электродуговое испарение; конструкции дуговых испарителей; генерация летучих продуктов методом ионного распыления; магнетронное и высокочастотное распыление; плазменное распыление в несамостоятельном газовом разряде и методы контроля параметров осаждения пленок; физико-химические основы вакуумной металлизации полимерных материалов, кинетика конденсации, влияние температуры; вакуумная металлизация полимерных материалов; реактивные методы нанесения вакуумных покрытий и методы нанесения углеродных (алмазоподобных) слоев.

Темы лекций:

Лекция 6. Вакуумное электродуговое испарение. Конструкции дуговых испарителей. Состав газовой фазы. Генерация летучих продуктов методом ионного распыления. Достоинства и недостатки метода.

Лекция 7. Магнетронное распыление. Основные параметры.. Высокочастотное распыление.

Лекция 8. Плазменное распыление в несамостоятельном газовом разряде. Расчет толщины покрытий. Методы контроля параметров осаждения пленок.

Лекция 9. Физико-химические основы вакуумной металлизации полимерных материалов. Кинетика конденсации, влияние температуры.

Лекция 10. Вакуумная металлизация полимерных материалов. Реактивные методы нанесения вакуумных покрытий. Методы нанесения углеродных (алмазоподобных) слоев.

Темы практических занятий:

Практика 6. Вакуумное электродуговое и магнетронное распыление.

Практика 7. Плазменное распыление в несамостоятельном газовом разряде, диагностика газового разряда

Практика 8-9. Физические методы исследования состояния поверхности полимерных покрытий (4 ч)

Практика 10. Углеродные (алмазоподобные) покрытия

Названия лабораторных работ:

2. **Лабораторная работы 2.** Диффузия распыленных атомов в газовой фазе (4ч)

3. **Лабораторная работы 3.** Получение тонких пленок методом термического испарения в вакууме (4ч)

Раздел 3. Физико-механические свойства пленок. Сверхструктуры.

В разделе представлены: радиационно-стимулированные методы обработки материалов; классификация методов плазменной полимеризации; элементарные процессы в плазме; механизмы плазменной полимеризации; формирование неорганических покрытий в плазме; физико-механические свойства полимерных покрытий, полученных методом диспергирования исходного полимера; ионная имплантация; псевдоморфизм в тонких покрытиях и образование сверхструктур; эпитаксия; электрофизические свойства островковых металлических покрытий.

Темы лекций:

Лекция 11. Радиационно-стимулированные методы обработки материалов.

Плазмохимические методы осаждения тонких покрытий. Классификация методов плазменной полимеризации.

Лекция 12. Элементарные процессы в плазме. Возбуждение атомов. Ионизация и рекомбинация. Газотермическое нанесение покрытий. Общая характеристика.

Лекция 13. Механизмы плазменной полимеризации. Ступенчатая и цепная полимеризация. Получение тонких полимерных покрытий полимеризацией мономера.

Лекция 14. Формирование неорганических покрытий в плазме. Осаждение покрытий методом диспергирования исходного полимера концентрированным потоком энергии. Основные стадии и закономерности процесса.

Лекция 15. Физико-механические свойства полимерных покрытий, полученных методом диспергирования исходного полимера. Ионная имплантация. Распределение ионов по толщине слоя. Оборудование. Разновидности ионной имплантации. Свойства имплантированных слоев.

Лекция 16. Псевдоморфизм в тонких покрытиях. Образование сверхструктур. Свойства сверхструктур. Эпитаксия. Влияние температуры и скорости осаждения на параметры эпитаксии. Электрофизические свойства островковых металлических покрытий. Механизмы переноса заряда в тонких покрытиях..

Темы практических занятий:

Практика 11. Радиационно-стимулированные методы обработки материалов

Практика 12-13. Атомные манипуляции и формирование наноструктур (4ч)

Практика 14-16. Физические методы исследования состояния поверхности (6 ч)

Названия лабораторных работ:

4. **Лабораторная работы 4.** Нанесение тонких пленок методом катодного распыления (4ч)
5. **Лабораторная работы 5.** Исследование и оценка толщины тонких пленок, полученных методом ионной имплантации (6ч)
6. **Лабораторная работы 6.** Исследование оптических свойств тонких пленок (8ч)

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71707>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Жигалина, О. М. Материалы микроэлектроники: тонкие пленки для интегрированных устройств : учебное пособие / О. М. Жигалина. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 124 с. — ISBN 978-5-7038-4743-5. — Текст : электронный // Лань :

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103327>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. Мамонова, М. В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы : монография / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 400 с. — ISBN 978-5-9221-1236-9. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: с. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Модификация поверхности титановых имплантатов и ее влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах : монография / В. В. Савич, Д. И. Сарока, М. Г. Киселев, М. В. Макаренко. — Минск : Белорусская наука, 2012. — 244 с. — ISBN 978-985-08-1379-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90449>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Вяткин, А. Ф. Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел : учебное пособие / А. Ф. Вяткин. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1: Основы физики лазерного излучения — 2001. — 59 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117104>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы)

Профессиональные Базы данных:

1. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Cisco Webex Meetings
3. Zoom Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 206	Комплект учебной мебели на 50 посадочных местПроектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования,	Система охлаждения и терморегулирования ионно-плазменной установки - 1 шт.; Вакуумный откачной пост HiCube 80 Eco - 1 шт.; Компрессор JUN-AIR 3-4 - 1 шт.; Герметичный перчаточный бокс серии

консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 106	СПЕКС ГБ 02М - 1 шт.; Вакуумный эксикатор PS - 1 шт.; Портативный рН/мВ/С-метр МАРК-903 - 1 шт.; Вакуумно-дуговой генератор фильтрованной металлической плазмы - 2 шт.; Лабораторная установка для пучковой обработки и магнетронного напыления - 2 шт.; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S с вертикальным высокоточным гониометром - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Шкаф для документов - 2 шт.; Полка - 1 шт.; Компьютер - 5 шт.; Принтер - 2 шт.
--	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика/ Физика конденсированного состояния (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
доцент		Сышченко В.С.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ЭФ (протокол от « 20 » 06 2019 г. № 6).

Зав. кафедрой -руководитель ОЭФ на правах кафедры
д.т.н, профессор

 /Лидер А.М./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭФ (протокол)
2021/2022 уч. год	Внесены изменения в п.6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины, внесено программное обеспечение Cisco Webex Meetings и. Zoom Zoom.	Протокол № 3 «31 » августа 2020 г.