

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

Тонкие плёнки и покрытия			
Направление подготовки/ специальность	16.04.01 Техническая физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Пучковые и плазменные технологии		
Специализация	Пучковые и плазменные технологии		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	40	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	64	
	Самостоятельная работа, ч	152	
	ИТОГО, ч	216	

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ Б.П. Вейнберга
------------------------------	---------	------------------------------	--------------------

Заведующий кафедрой – руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель	<i>В. Кривококов</i>	Кривококов В.П.
	<i>Сиделёв</i>	Сиделёв Д.В.
	<i>Блейхер</i>	Блейхер Г.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся по ООП «Техническая физика» (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-1	Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК(У)-1.У1	Умеет анализировать, планировать и проводить исследования в области пучковых и плазменных технологий, связанных с синтезом, обработкой и применением различных материалов и структур
		ПК(У)-1.31	Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области пучковых и плазменных технологий, связанных с синтезом, обработкой и применением различных материалов и структур
ПК(У)-3	Готовность осваивать и применять современные физико-математические методы для решения профессиональных задач в области технической физики, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов	ПК(У)-3.В1	<i>Владеет</i> современными методами модификации поверхности материалов, создания новых материалов и структур с использованием плазмы и пучков, а также методами анализа свойств материалов и поверхностных структур
		ПК(У)-3.У1	<i>Умеет</i> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области пучковых и плазменных технологий обработки материалов, создания новых материалов и структур составлять отчёты и практические рекомендации по использованию полученных результатов
		ПК(У)-3.31	<i>Обладает знаниями</i> о физических принципах, лежащих в основе современных технологий обработки материалов, создания новых материалов и структур, базирующихся на использовании плазмы и пучков заряженных частиц
ПК(У)-4	Способность представлять результаты исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и презентаций	ПК(У)-4.В1	Владеет навыками обработки, интерпретации и представления результатов научного исследования, приёмами публичных выступлений и ведения дискуссий
		ПК(У)-4.У1	<i>Умеет</i> применять современные компьютерные технологии и информационные ресурсы для представления результатов исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и презентаций
ПК(У)-8	Способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоёмкие технологии в областях технической физики, связанных с применением пучковых и плазменных технологий, с учетом экономических и экологических требований	ПК(У)-8.В1	Владеет навыками разработки и оптимизации современных наукоёмких технологий в областях технической физики, связанных с применением пучковых и плазменных технологий
		ПК(У)-8.У1	Умеет анализировать параметры работы современного плазменного и пучкового оборудования, управлять его работой с целью достижения заданных технологических целей, с учётом экономических и экологических требований
		ПК(У)-8.31	Обладает знаниями о физических принципах, лежащих в основе современных радиационных и плазменных технологий модифицирования поверхностных свойств материалов и создания материалов, обладающих новыми функциональными характеристиками

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	Готовность проводить экспериментальные исследования в области пучковых и плазменных технологий, связанных с синтезом модифицирующих покрытий, оптимизировать параметры обработки.	ПК(У)-1 ПК(У)-8
РД-2	Способность применять современные представления о механизмах формирования покрытий для анализа и прогнозирования их структурных и функциональных свойств.	ПК(У)-3
РД-3	Способность выполнять обработку, интерпретацию и представление результатов, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях в области нанесения модифицирующих покрытий с помощью пучковых и плазменных технологий.	ПК(У)-4

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. Обзор методов нанесения модифицирующих покрытий и механизмов, лежащих в основе этих методов. PVD-покрытия.	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	26
Раздел 2. Стадии и механизмы роста покрытий.	РД-1 РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	34
Раздел 3. Структура покрытий, способы управления ею.	РД-1 РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	32
Раздел 4. Условия на подложке при формировании покрытий плазменными методами	РД3	Лекции	-
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	38
Раздел 5. Механические свойства тонких плёнок и покрытий	РД2 РД3	Лекции	-
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел 6. Функциональные свойства тонких плёнок и покрытий.	РД1 РД2 РД3	Лекции	-
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Обзор методов нанесения модифицирующих покрытий и механизмов, лежащих в основе этих методов. PVD-покрытия.

Тема лекции

1. Классификация и анализ вакуумных конденсационных методов нанесения покрытий.

Темы практических занятий:

1. Механизмы создания и характеристики осаждаемых потоков атомов в PVD методах осаждения покрытий.
2. Методики расчёта осаждения PVD покрытий. Проверочная работа 1.
3. Семинарское занятие с докладами студентов о различных методах вакуумно-конденсационного осаждения тонких плёнок и покрытий.

Название лабораторной работы

1. Лабораторная работа 1. Подготовка контрольного образца из стали марки Ст3пс для напыления покрытия

Раздел 2. Стадии и механизмы формирования тонких плёнок и покрытий

Темы лекций

1. Адсорбция, десорбция, поверхностная энергия, механизмы поверхностной диффузии.
2. Механизмы начального роста плёнок.

Темы практических занятий:

1. Зародышеобразование и начальный рост плёнок.
2. Рост кристаллов и зёрен. Реструктурирующий рост плёнки.
3. Зависимость скорости зародышеобразования от различных факторов.
4. Контрольная работа по теме «Стадии и механизмы формирования тонких плёнок и покрытий».

Названия лабораторных работ

1. Лабораторная работа 2. Нанесение металлического покрытия с использованием магнетронной распылительной системы (часть 1).
2. Лабораторная работа 2. Нанесение металлического покрытия с использованием магнетронной распылительной системы (часть 2).

Раздел 3. Структура покрытий, способы управления ею.

Тема лекции:

1. Базовая модель структурных зон, систематизирующая влияние различных факторов на структуру плёнок: история разработки, принципы построения; особенности зоны I.

Темы практических занятий:

1. Механизмы формирования покрытий в разных зонах базовой модели.
2. Механизмы формирования покрытий в разных зонах базовой модели.
3. Расширенная модель структурных зон. Другие модификации модели.
4. Контрольная работа по теме «Структура покрытий; способы управления ею».

Названия лабораторных работ

1. Лабораторная работа 3. Измерение толщины покрытия (часть 1).
2. Лабораторная работа 3. Измерение толщины покрытия (часть 2).

Раздел 4. Условия на подложке при формировании покрытий плазменными методами.

Темы практических занятий:

1. Анализ условий на подложке при формировании плёнок и покрытий плазменными методами.
2. Коллоквиум по теме «Баланс энергии на поверхности подложки при плазменной обработке».

Название лабораторной работы

1. Лабораторная работа 4. Измерение температуры подложки в процессе осаждения покрытия с использованием магнетронной распылительной системы.

Раздел 5. Механические свойства тонких плёнок и покрытий.

Темы практических занятий:

1. Механические свойства плёнок: адгезия, способы её усиления и методы измерения.
2. Внутренние напряжения в плёнках, твёрдость и износ.
3. Коллоквиум по научным статьям, посвящённым механическим свойствам тонких плёнок.

Раздел 6. Функциональные свойства тонких плёнок и покрытий.

Темы практических занятий

1. Физические и химические свойства тонких плёнок и покрытий.
2. Защитные износостойкие покрытия. (*Домашняя контрольная работа на тему «Механические и функциональные свойства тонких плёнок и покрытий»*).
3. Семинарское занятие (часть 1) с докладами студентов об особенностях структурных и функциональных свойств тонких плёнок и покрытий (на основе их НИР).
4. Семинарское занятие (часть 2) с докладами студентов об особенностях структурных и функциональных свойств тонких плёнок и покрытий (на основе их НИР).

Названия лабораторных работ:

1. Лабораторная работа 5. «Изучение кристаллической структуры покрытия методом рентгеновской дифракции» (часть 1).
2. Лабораторная работа 5. «Изучение кристаллической структуры покрытия методом рентгеновской дифракции» (часть 2).

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;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение 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

Основная литература

1. Владимирова, Г. Г. Физика поверхности твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Владимирова. — 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: для авториз. пользователей.
2. Блейхер, Г. А. Моделирование эрозии поверхности твердого тела под действием мощных импульсных пучков заряженных частиц: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. А. Блейхер, В. П. Кривобоков. – Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 191 с.
URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m072.pdf>. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Milton, Ohring. Materials Science of Thin Films / Ohring Milton. – San Diego: Academic Press, 2002. – 794 p. – Текст: электронный // ScienceDirect. – URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780125249751/materials-science-of-thin-films>. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Кривобоков, В. П. Плазменные покрытия (методы и оборудование): учебное пособие / В. П. Кривобоков, Н. С. Сочугов, А. А. Соловьев. — Томск : ТПУ, 2011. — 104 с. — ISBN 5-98298-191-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10269>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кривобоков, В. П. Плазменные покрытия (свойства и применение): учебное пособие / В. П. Кривобоков, Н. С. Сочугов, А. А. Соловьев. — Томск: ТПУ, 2008. — 136 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10268>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Тонкие плёнки и покрытия»; ссылка <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3245>
2. <http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
3. <http://www.sciencedirect.com/>
4. <http://www.springerlink.com/>
5. Сборник программного обеспечения для студентов НИ ТПУ, режим доступа <https://vap.tpu.ru>

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
2. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnaya-biblioteka-grebennikon-0>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Свободно распространяемое бесплатное программное обеспечение:

1. Document Foundation LibreOffice.

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

1. Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian Academic, Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;

2. Mozilla Firefox ESR, Google Chrome.

7. Требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4 222	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран – 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 18 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4 144	Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; компьютеры - 4 шт.; комплект вакуумного оборудования КВО – 1 шт.; лабораторная установка по напылению нитридных и окисных пленок – 1 шт.; ИК-термометр КМ - 1 шт.; Кварцевый измеритель толщины напылений Микрон-5В - 1 шт.; ИК-термометр Термикс - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 16.04.01 Техническая физика, специализация «Пучковые и плазменные технологии» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчики:

Должность	ФИО
Профессор	Блейхер Г.А.
Доцент	Сиделёв Д.В.

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 28.06.2019 г. № 38).

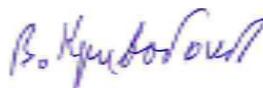
Заведующий кафедрой – руководитель

Научно-образовательного центра Б.П.

Вейнберга

на правах кафедры, д.ф.-м.н,

профессор



/Кривобоков В.П./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	Протокол от 25.06.2020 г. № 42