

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» 08 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ – очная

«Основы плазменных и радиационных технологий»		
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	I семестр	I, II
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	9 (3/6)	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16 (8/8)
	Практические занятия	112 (40/72)
	Лабораторные занятия	-
	ВСЕГО	128 (48/80)
Самостоятельная работа, ч		196 (60/136)
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовой проект
ИТОГО, ч		324

Вид промежуточной аттестации	Зачёт, диф. зачёт, экзамен, диф. зачёт	Обеспечивающе е подразделение	НОЦ Б.П. Вейнберга

Зав. кафедрой -руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель	<i>В. Кривобоков</i>	Кривобоков В.П.
	<i>Сиделёв</i>	Сиделёв Д.В.
	<i>В. Кривобоков</i>	Кривобоков В.П.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся по ООП «Пучковые и плазменные технологии» (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)-1	Способность к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов, предназначенных для использования в области технической физики	ОПК(У)-1.В1	Владеет опытом профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов, предназначенных для использования в области технической физики
		ОПК(У)-1.У1	Умеет доказывать и обосновывать актуальность исследований, правильность выбранного подхода к решению проблемы, адекватность применяемых методов и способов, а также достоверность получаемых результатов.
		ОПК(У)-1.31	Знает устройство и принципы работы современного оборудования и приборов, используемых в области технической физики
ОПК(У)-2	Способность демонстрировать и использовать углублённые теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе из области технической физики	ОПК(У)-2.В1	Владеет навыками применения на практике знаний о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.
		ОПК(У)-2.У1	Умеет применять на практике знания о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.
		ОПК(У)-2.31	Обладает знаниями о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.
ОПК(У)-3	Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК(У)-3.У1	Умеет планировать, проводить и анализировать исследования в области профессиональной деятельности.
		ОПК(У)-3.31	Обладает знаниями о принципах организации исследований в области технической физики.
ОПК(У)-5	Способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту, к активному участию в научной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК(У)-5.В1	Владеет навыками обработки, интерпретации и представления результатов научного исследования, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии
		ОПК(У)-5.У1	Умеет осуществлять поиск, систематизировать и анализировать необходимые данные в научно-технической литературе, разрабатывать новые перспективные подходы и методы к решению профессиональных задач
		ОПК(У)-5.31	Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области технической физики
ПК(У)-2	Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК(У)-2.31	Обладает знаниями о методах проведения аналитических и имитационных исследований в области пучковых и плазменных технологий, а также о принципах оптимизации параметров объектов и процессов

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
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.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
ПК(У)-9	Способность разрабатывать, проводить наладку и испытания, эксплуатировать наукоёмкое технологическое и аналитическое оборудование	ПК(У)-9.В1	<i>Владеет</i> навыками разработки, наладки и испытаний, а также эксплуатации технологического пучково-плазменного оборудования и аналитических приборов
		ПК(У)-9.У1	<i>Умеет</i> разрабатывать структурные схемы вакуумного пучково-плазменного оборудования, контролировать его работу
		ПК(У)-9.31	<i>Знает</i> принципы функционирования и устройство элементов и узлов ускорительных и плазменных установок

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Основы плазменных и радиационных технологий» 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	Знать законы, теории, методы экспериментальных исследований и т.д., относящихся к процессам взаимодействия пучков заряженных частиц, потоков атомов, молекул, электромагнитного и лазерного излучения с веществом. Уметь применять эти знания для проектирования пучковых и плазменных технологий обработки материалов и изделий.	ОПК(У)-2 ОПК(У)-5
РД-2	Уметь прогнозировать изменение свойств вещества в результате воздействия пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения.	ОПК(У)-2 ОПК(У)-5
РД-3	Знать технологические возможности различных источников пучков заряженных частиц и плазмы, электромагнитного излучения, а также способы их генерации и транспортировки.	ОПК(У)-1 ПК(У)-8
РД-4	Уметь проектировать и внедрять оборудование для практической реализации пучково-плазменных технологий.	ОПК(У)-1 ОПК(У)-3 ПК(У)-9

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 (модуль) 1.	РД-1	Лекции	-

Основные задачи, понятия и терминология курса		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	4
Раздел (модуль) 2. Обзор основных понятий из ядерной физики и физики плазмы	РД-1	Лекции	-
		Практические занятия	16
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 3. Обработка материалов и изделий с помощью электронных пучков	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Обработка материалов и изделий с помощью пучков ускоренных ионов	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	10
Раздел 5. Обработка материалов и изделий с помощью мощных импульсных пучков заряженных частиц	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	8
Раздел 6. Обработка материалов ВЧ- и СВЧ- электромагнитным излучением	РД-2, РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	6
Раздел 7. Механизмы радиационно-стимулированных процессов в твёрдом теле под действием плазмы и пучков заряженных частиц	РД-1, РД-2	Лекции	-
		Практические занятия	24
		Самостоятельная работа	54
Раздел 8. Обработка материалов и изделий с помощью света и излучения лазера	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	12
Раздел 9. Обработка материалов и изделий с помощью рентгеновского и гамма – излучений	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 10. Плазменная обработка материалов и изделий	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Раздел 11. Плазменная обработка поверхности перед осаждением модифицирующих покрытий	РД-1, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Раздел 12. Осаждение тонких плёнок и модифицирующих покрытий	РД-3, РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 13. Технологические источники плазмы	РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	6
Раздел 14. Установки для плазменной обработки материалов	РД-3, РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	6
Раздел 15. Плазмохимические технологии и оборудование	РД-3, РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	4
Раздел 16. Основы плазменной металлургии	РД-3, РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	6

		Самостоятельная работа	8
Раздел 17. Плазменные технологии в строительстве	РД-3, РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	4
Раздел 18. Рынок и проблемы внедрения радиационных и плазменных технологий	РД-4	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	2

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные задачи, понятия и терминология курса

Список вопросов, подлежащих рассмотрению, анализу и обсуждению.

1. Технологии как элемент материальной культуры и критерий развития общества.
2. Виды производственных технологий.
3. Национальные критические технологии. Технологии двойного назначения.
4. Задачи и содержание курса «Основы РПТ». Терминология.
5. Пучки заряженных частиц, потоки плазмы и электромагнитные поля как средство обработки материалов.

Тема практического занятия 1: «Роль радиационных и плазменных технологий обработки материалов в современном промышленном производстве».

Раздел 2. Обзор основных понятий из ядерной физики и физики плазмы

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Основные понятия из ядерной физики (детекторы элементарных частиц; структура атомного ядра, размер ядра, ядерные силы, энергия связи, дефект массы; N-Z диаграмма атомных ядер; капельная модель, формула Вайцзеккера; радиоактивные распады ядер; ядерные реакции, сечения ядерных реакций; стандартная модель; физика ядерного реактора).
2. Основы физики плазмы (общие сведения о плазме, идеальная, не идеальная, классическая, вырожденная плазма; дебаевское экранирование; элементарные процессы в плазме: ионизация электронами, тройная рекомбинация, фотоионизация, фоторекомбинация, перезарядка; движение частиц в электрическом и магнитном полях, дрейфовое приближение, электрический, градиентный и центробежный дрейфы; таунсендовский механизм разряда; стриммерный механизм разряда).

Темы практических занятий 2-9:

Обзор основных понятий из ядерной физики (практические занятия 2-5).

Основы физики плазмы (практические занятия 6-9).

Раздел 3. Обработка материалов и изделий с помощью электронных пучков

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Свойства электронов.
2. Методы получения и транспортировки электронных пучков.
3. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом.
4. Вторичные излучения.

5. Радиационное заряджение диэлектриков.
6. Тепловое воздействие электронного пучка.
7. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов:
 - размерная обработка;
 - сварка;
 - резка;
 - испарение, осаждение покрытий;
 - электронно-лучевая плавка;
 - отжиг дефектов;
 - диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов;
 - полимеризация пластмасс;
 - стерилизация медицинских материалов и приборов.
8. Нетермическая электронно-лучевая обработка вещества (стимулирование химических реакций, полимеризация, электронно-лучевая эпитаксия).
9. Проблема радиационной защиты персонала.

Тема лекции 1: «Электронные пучки и их технологические возможности».

Тема практического занятия 10: «Процессы и механизмы взаимодействия электронов с веществом».

Тема практического занятия 11: «Обработка материалов и изделий с помощью электронных пучков».

Тема практического занятия 12: «Технологические источники электронов и радиационная безопасность при их применении».

Контрольная работа по теме лекции 1 и практических занятий 10-12.

Раздел 4. Обработка материалов и изделий с помощью пучков ускоренных ионов

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Ионы. Свойства ионных пучков, методы их получения, диагностики и транспортировки.
2. Основные явления при взаимодействии ионов с веществом.
3. Ионное распыление поверхности (фундаментальные аспекты).
4. Технологическая эрозия поверхности твёрдого тела под действием ионных пучков.
5. Ионное фрезерование (травление).
6. Радиационный разогрев.
7. Дефектообразование в твёрдом теле при облучении ускоренными ионами.
8. Каналирование.
9. Вторичные излучения.
10. Методы и оборудование для обработки материалов и изделий с помощью ускоренных ионов:
 - отжиг;
 - сварка;
 - резка;
 - полировка поверхности;
 - ионное травление;
 - ионное фрезерование;
 - пучковая металлургия;
 - осаждение покрытий путём испарения и распыления и;
 - ионная шлифовка и выявление структуры твёрдых тел и т.д.
11. Блистеринг, флекинг.

12. Ионная имплантация.
13. Ионное перемешивание (миксинг).
14. Имплантация в режиме ядер отдачи.
15. Высокодозная ионная имплантация.
16. Высокоэнергетическая ионная имплантация.
17. Ионно-лучевая эпитаксия.
18. Эффект дальнего действия.
19. Аморфизация сплавов.
20. Технологии получения трековых мембран.
21. Обработка полупроводниковых материалов ускоренными ионами.
22. Применение ионных пучков в медицине (производство фармацевтических препаратов, лечение онкологических заболеваний и т.д.).
23. Обработка твёрдых тел ускоренными кластерами.

Тема лекции 2: *«Ионные пучки и их технологические возможности».*

Тема практического занятия 13: *«Эрозионная обработка материалов и изделий с помощью пучков ускоренных ионов».*

Тема практического занятия 14: *«Ионная имплантация».*

Тема практического занятия 15: *«Имплантация в режиме ядер отдачи».*

Тема практического занятия 16: *«Технология производства трековых мембран».*

Контрольная работа по теме лекции 2 и практических занятий 13-16.

Раздел 5. Обработка материалов и изделий с помощью мощных импульсных пучков заряженных частиц
--

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Общие сведения о мощных субмикросекундных импульсных пучках заряженных частиц.
2. Особенности взаимодействия мощных импульсных пучков заряженных частиц с поверхностью твёрдого тела:
 - диссипация энергии пучка;
 - нагревание поверхности; фазовые превращения;
 - термомеханические процессы;
 - эрозия поверхности;
 - перенос вещества в конденсированной фазе.
3. Перспективные технологические применения мощных импульсных пучков заряженных частиц:
 - шлифовка (полировка) поверхности твёрдых тел;
 - травление поверхности;
 - скоростное осаждение покрытий;
 - модифицирование структуры сталей и сплавов;
 - ионное фрезерование в импульсном режиме (обратная мезаструктура).

Тема лекции 3: *«Технологии на основе высокоинтенсивных потоков электронов и ионов (тонкий сканирующий пучок, мощный импульсный пучок, получение высокоинтенсивных потоков тормозного рентгеновского излучения и т.д.)».*

Тема практического занятия 17: *«Поверхность и диффузионные процессы при высокоинтенсивном импульсном облучении».*

Тема практического занятия 18: *«Процессы диссипации энергии и переноса атомов в*

конденсированной фазе при мощных импульсных радиационных воздействиях».

Контрольная работа по теме лекции 3 и практических занятий 17-18.

Раздел 6. Обработка материалов ВЧ- и СВЧ- электромагнитным излучением

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Взаимодействие ВЧ и СВЧ электромагнитного излучения с веществом.
2. Свойства потоков излучения и методы их получения.
3. Оборудование для обработки материалов и изделий с помощью электромагнитного излучения ВЧ- и СВЧ- диапазонов.

Тема лекции 4: «Взаимодействие электромагнитных ВЧ- и СВЧ- полей с веществом».

Тема практического занятия 19: «Обработка материалов и изделий ВЧ- и СВЧ- электромагнитным излучением».

Тема практического занятия 20: «Оборудование для обработки материалов и изделий с помощью электромагнитного излучения ВЧ- и СВЧ- диапазонов».

Контрольная работа по теме лекции 4 и практических занятий 19-20.

Раздел 7. Механизмы радиационно-стимулированных процессов в твёрдом теле под действием плазмы и пучков заряженных частиц (24 часа)

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Механизмы эрозии поверхности твёрдого тела под действием ускоренных заряженных частиц (распыление; испарение; особенности эрозии поверхности под действием мощных пучков заряженных частиц; блистеринг и флекинг).
2. Образование радиационных дефектов (дефекты кристаллической структуры; схема и стадии радиационной повреждаемости; аморфизация; отжиг дефектов; изменение свойств материалов в результате радиационной повреждаемости; механизмы образования радиационных дефектов под действием электронов, нейтронов и электромагнитного излучения).
3. Массоперенос в твёрдом теле при воздействии пучков заряженных частиц и потоков плазмы.

Тема практических занятий 21-23: «Виды и механизмы распыления; механизмы и закономерности столкновительного распыления; неупругое распыление; механизмы блистеринга и флекинга».

Тема практических занятий 24-25: «Испарение; особенности тепловой эрозии твёрдого тела под действием мощных импульсных пучков заряженных частиц».

Тема практических занятий 26-27: «Образование радиационных дефектов: дефекты кристаллической структуры; стадии радиационной повреждаемости».

Тема практических занятий 28-29: «Аморфизация; отжиг дефектов; изменение свойств материалов в результате радиационной повреждаемости; механизмы образования радиационных дефектов под действием электронов, нейтронов и электромагнитного излучения».

Тема практических занятий 30-31: «Механизмы массопереноса под действием пучков ускоренных ионов и электронов слабой интенсивности».

Тема практического занятия 32: «Механизмы усиления массопереноса в твёрдом теле при облучении мощными импульсными ионными и электронными пучками».

Раздел 8. Обработка материалов и изделий с помощью света и излучения лазера

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности.
2. Принципы генерации лазерного излучения.
3. Типы и характеристики технологических лазеров.
4. Модифицирующее действие лазерного излучения.
5. Размерная обработка материалов. Резка, сварка, фрезерование.
6. Лазерное осаждение покрытий.

Тема лекции 5: «Принципы генерации лазерного излучения».

Тема практического занятия 34: «Взаимодействие фотонов с веществом».

Тема практического занятия 35: «Технологические источники света».

Тема практического занятия 36: «Характеристики технологических лазеров».

Тема практического занятия 37: «Лазерная обработка материалов и изделий».

Контрольная работа по теме лекции 5 и практических занятий 34-37.

Раздел 9. Обработка материалов и изделий с помощью рентгеновского и гамма – излучений

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Взаимодействие рентгеновских фотонов и гамма-квантов с веществом.
2. Свойства потоков рентгеновских фотонов и гамма-квантов, методы их получения, транспортировки, диагностики.
3. Технологические источники фотонов.
4. Практическое применение фотонных технологий.

Тема лекции 6: «Взаимодействие рентгеновских фотонов и гамма-квантов с веществом».

Тема практического занятия 38: «Источники рентгеновских фотонов и гамма-квантов».

Тема практического занятия 39: «Практическое применение фотонных технологий».

Контрольная работа по теме лекции 6 и практических занятий 38-39.

Раздел 10. Плазменная обработка материалов и изделий

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Основные свойства газоразрядной плазмы и методы её получения.
2. Физические процессы, лежащие в основе модифицирования материалов и изделий с помощью плазмы.
3. Плазменная резка, сварка, обработка поверхности материалов.

Тема лекции 7: «Свойства газоразрядной плазмы».

Тема практического занятия 40: «Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме».

Тема практического занятия 41: «Источники газоразрядной плазмы».

Тема практического занятия 42: «Модифицирование материалов с помощью

газоразрядной плазмы».

Контрольная работа по теме лекции 7 и практических занятий 40-42.

Раздел 11. Плазменная обработка поверхности перед осаждением модифицирующих покрытий.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Требования к поверхности при использовании пучковых и плазменных технологий обработки твёрдых тел.
2. Очистка поверхности с помощью корпускулярных пучков.
3. Очистка и травление поверхности с помощью низкотемпературной плазмы.
 - Рабочие газы.
 - Ионно-плазменное травление.
 - Ионно-лучевое травление.
 - Радикальное травление.
 - Плазменное травление.
 - Реактивное ионно-плазменное травление.
 - Реактивное ионно-лучевое травление.
 - Радиационно-стимулированное травление.
4. Методы контроля скорости травления поверхности.

Тема лекции 8: «Травление поверхности твёрдых тел».

Тема практического занятия 43: «Ионно-плазменное и ионно-лучевое травление».

Тема практического занятия 44: «Реактивное ионно-плазменное и ионно-лучевое травление».

Тема практического занятия 45: «Подготовка поверхности к осаждению модифицирующих покрытий».

Контрольная работа по теме лекции 8 и практических занятий 43-45.

Раздел 12. Осаждение тонких плёнок и модифицирующих покрытий.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Технологии осаждения модифицирующих покрытий.
2. Группа PVD-технологий.
3. Группа CVD-технологий.
 - Тема практического занятия 46: «Технологии осаждения модифицирующих покрытий».
 - Тема практического занятия 47: «Группы PVD- и CVD-технологий».

Раздел 13. Технологические источники плазмы.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Дуговые плазмотроны.
2. Высокочастотные факельные плазмотроны.
3. Магнетронные распылительные системы.
 - Магнетронные распылительные системы на постоянном токе.
 - Реактивные магнетронные распылительные системы.
 - Высокочастотные магнетронные распылительные системы.
 - Дуальные магнетронные распылительные системы.
 - Несбалансированные магнетроны.
 - Магнетронные распылительные системы с жидкофазной мишенью.
 - Ионное ассистирование магнетронного разряда.

Тема практического занятия 48: «*Дуговые плазмотроны*».

Тема практического занятия 49: «*Высокочастотные плазмотроны*».

Тема практического занятия 50: «*Магнетронные распылительные системы*».

Контрольная работа по теме практических занятий 46-50.

Раздел 14. Установки для плазменной обработки материалов.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Общие принципы проектирования плазменных установок. Техническое задание. Расчёты. Выбор оптимальных технических решений.
2. Лабораторные установки.
3. Промышленная плазменная установка для осаждения низкоэмиссионных покрытий.
4. Плазменные установки, разработанные в ТПУ.

Тема практического занятия 51: «*Принципы проектирования плазменных установок*».

Раздел 15. Плазмохимические технологии и оборудование.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Плазмохимические процессы.
2. Промышленный плазмохимический реактор.
3. Плазменные методы производства водорода.

Тема практического занятия 52: «*Плазмохимические процессы, технологии, оборудование.*

Конверсия метана в плазме СВЧ-разряда для получения водорода».

Раздел 16. Основы плазменной металлургии.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Техника плазменной переработки металлургического сырья.
 - # Термическое разложение.
 - # Галогенирование в газовой фазе.
 - # Карботермическое восстановление в жидкой и газовой фазах.
 - # Восстановление хлоридов в водороде.
 - # Окисление в плазме
2. Производство сталей и специальных сплавов с помощью плазмы.
3. Переплавные плазменные печи с водоохлаждаемыми кристаллизаторами.
4. Переплав цветных металлов и их сплавов в плазменных печах.

Тема практического занятия 53: «*Основы плазменной металлургии*».

Тема практического занятия 54: «*Восстановление металлов в плазме. Плазменные металлургические печи*».

Контрольная работа по теме практических занятий 51-54.

Раздел 17. Плазменные технологии в строительстве.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Физические процессы в строительных материалах под действием плазмы.
2. Источники плазмы для обработки строительных материалов.
3. Плазменные установки для обработки силикатных материалов

Тема практического занятия 55: «Плазменная обработка строительных материалов».

Раздел 18. Рынок и проблемы внедрения радиационных и плазменных технологий.

Список вопросов, подлежащих рассмотрению.

1. Состояние мирового и российского рынков пучковых и плазменных технологий (на примере технологий, основанных на использовании ионных пучков и газоразрядной плазмы).
2. Пути повышения конкурентоспособности российских разработок.

Тема практического занятия 56: «Рынок и проблемы внедрения радиационных и плазменных технологий».

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел) – первый семестр

1. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для электронно-лучевых технологий
2. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для магнетронного напыления
3. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для термического испарения
4. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для ионной имплантации
5. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для дугового испарения
6. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для получения износостойких покрытий
7. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для получения многослойных покрытий
8. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для получения металлизации микросхем
9. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для получения прозрачных электропроводящих покрытий
10. Разработка вакуумной системы установки, предназначенной для работы жидкофазного магнетрона.

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел) – второй семестр

1. Магнетронная распылительная система с подвижной магнитной системой
2. Скоростное осаждение нитрида хрома с отдельной газовой подачей
3. Высокочастотное азотирование титана в плазме Ar/N₂
4. Получение многослойных покрытий CrN/TiN
5. Магнетронное осаждение композитного покрытия CrAlN
6. Высокочастотное азотирование сталей в плазме Ar/N₂
7. Ионный источник с замкнутым дрейфом электронов
8. Роль кремния для создания композитных покрытий
9. Осаждение хромовых покрытий для защиты от высокотемпературного окисления
10. Сильноточное импульсное магнетронное распыление металлов в аргоне
11. Нагрев изделий в вакууме для предварительной и пост-обработки

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;
- работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение домашних заданий;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- выполнение курсовых проектов;
- 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. Купчишин, А.И. Взаимодействие высокоэнергетического излучения с веществом [Электронный ресурс] / Лисицын В.М., Купчишин А.А. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 154 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m066.pdf>. Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Белый, А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий [Электронный ресурс] / А.В. Белый, А.С. Калиниченко, О.Г. Девойно, В.А. Кукареко. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 457 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/106674/#2>. Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Блейхер, Г.А. Теоретические основы обработки материалов импульсными электронными и ионными пучками: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. А. Блейхер, В. П. Кривобоков; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2009/m157.pdf> . Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
4. Пушкарёв А.И. Прикладная плазмохимия: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Пушкарёв, Г. Е. Ремнев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 248 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m47.pdf> . Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. Вейко, В.П. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика [Электронный ресурс] / В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 312 с. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/59505> . Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Блейхер, Г.А. Эрозия поверхности твёрдого тела под действием мощных пучков заряженных частиц / Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков; Новосибирск: Наука, 2014,- 248 с.
3. Термины радиационных и плазменных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Кривобоков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m109.pdf>. 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):

1. Электронный курс «Основы плазменных и радиационных технологий, часть 1»; ссылка <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2156>
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 (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4 245б.	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 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

3.	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» (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Заведующий кафедрой – руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры		В. П. Кривобоков

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 25.06.2020 г. № 42).

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)