

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИСЭ СО РАН
академик РАН



Н. А. Ратахин

« 24 » августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
«Физические основы электронно-ионно-плазменных технологий материалов»

основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)	Место дисциплины в учебном плане
1	11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи	Вакуумная и плазменная электроника	Вариативная часть, дисциплина по выбору

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место дисциплины в структуре ООП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина, и ее место в учебном плане обозначены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Дисциплина изучает физические механизмы и эффекты, лежащие в основе электронно-ионно-плазменных (ЭИП) методов обработки материалов и изделий, особенности и основные преимущества ЭИП технологий, основные процессы взаимодействия электронов, ионов и плазмы с веществом, использование в технологии физических процессов бомбардировки вещества электронными, ионными и плазменными потоками, промышленные процессы пучковой и плазменной технологий, принципы конструкции и характеристики ЭИП оборудования, тенденции ЭИП технологий.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен:

знать: общую физику, основы электрофизики и электротехники, физики плазмы, физики пучков заряженных частиц, физики взаимодействия излучений с веществом.

уметь: применять методы математического анализа,

владеть: навыками использования ПК в научной работе.

1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является углубленное изучение методологических и теоретических основ электронно-ионно-плазменных воздействий на поверхности материалов и их применения в технологических целях.

Задачи освоения дисциплины:

1. Приобретение аспирантом широких и систематических знаний о физических явлениях, приводящих к изменениям структуры и свойств поверхности материалов при воздействии на нее потоками электронов, ионов и плазмы;

2. Формирование знаний об основах функционирования и конструктивных особенностях электронно-ионно-плазменного оборудования различных видов, применяемого в технологиях материалов;

3. Выработка умения оценивать условия и обосновывать целесообразность применения различных ЭИП технологий для решения конкретных задач.

1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний о физических явлениях, приводящих к изменениям структуры и свойств поверхности материалов при воздействии на нее потоками электронов, ионов и плазмы; знаний основ функционирования и конструктивных особенностей электронно-ионно-плазменного оборудования различных видов, применяемого в технологиях материалов (составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение оценивать условия и обосновывать целесообразность применения различных электронно-ионно-плазменных технологий для решения конкретных задач (составляющая профессиональной компетенции ПК-2 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.

2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (72 часа).

2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и их трудоемкость (в часах)		
		Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Основные физические процессы взаимодействия ускоренных частиц и плазмы с веществом	24	—	16
2	Физические принципы работы пучкового и плазменного технологического оборудования	12	—	12
3	Некоторые промышленные электронно-ионно-плазменные технологии	—	—	20
	ИТОГО	36	—	72

2.2. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
	Раздел 1. Основные физические процессы взаимодействия ускоренных частиц и плазмы с веществом	24	0,67
1	<u>Тема 1.1. Особенности и основные преимущества обработки вещества плазмой и потоками ускоренных частиц</u> Основные области применения пучковых и плазменных технологий. Современный уровень развития техники и технологии электронно-ионно-плазменной обработки и перспективы расширения сфер применения новых технологий в промышленности.	2	0,055
2	<u>Тема 1.2. Методы элионной и плазменной обработки</u> Процессы обработки материалов сфокусированными и широкими электронными, ионными пучками и плазменными потоками. Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество. Достигнутые физические и технологические показатели при использовании различных энергоносителей.	2	0,055
3	<u>Тема 1.3. Эффекты взаимодействия частиц с поверхностью (начало)</u> Упругие взаимодействия. Отражение частиц. Смещение атомов. Распыление. Нагрев. Термодиффузия. Неупругие взаимодействия. Извлечение ча-	4	0,11

	стиц из плазмы. Радиационные дефекты. Изменение энергии активации. Химические реакции. Изменение свойств твёрдых тел. Использование процессов взаимодействия плазмы с веществом в технологии.		
4	<u>Тема 1.3. Эффекты взаимодействия частиц с поверхностью (продолжение)</u> Взаимодействие ионов с парами и газами. Неупругие и упругие взаимодействия ионов в твёрдом теле. Отражение ионов. Излучение из твёрдого тела. Ионно-электронная эмиссия. Нагрев ионами. Радиационная проводимость. Радиационные дефекты. Радиационно-стимулированная диффузия.	4	0,11
5	<u>Тема 1.3. Эффекты взаимодействия частиц с поверхностью (продолжение)</u> Фазовые превращения. Химические реакции. Внедрение ионов. Использование процессов взаимодействия ионов с веществом в технологии. Ионизация и возбуждение газов и паров. Торможение, рассеяние, поглощение электронов в твёрдом теле.	4	0,11
6	<u>Тема 1.3. Эффекты взаимодействия частиц с поверхностью (окончание)</u> Различные виды излучений из твёрдых тел при электронном облучении. Эмиссия заряженных частиц. Десорбция. Фазовые превращения. Радиационные дефекты. Химические изменения. Использование процессов взаимодействия электронов с веществом в технологии.	4	0,11
7	<u>Тема 1.4. Физика комбинированных воздействий</u> Сочетание обработки низкотемпературной плазмой и воздействия пучков. Интегрированные технологии с использованием концентрированных потоков энергии и осаждения испарённых атомов. Другие виды гибридных технологий.	4	0,11
Раздел 2. Физические принципы работы пучкового и плазменного технологического оборудования		12	0,33
8	<u>Тема 2.1. Физика вакуумной откачки</u> Физика разреженного газа. Физические принципы вакуумной откачки. Течение газа через отверстия и трубопроводы. Процессы на поверхности твёрдых тел. Использование этих процессов в технологии.	2	0,055
9	<u>Тема 2.2. Вакуумная аппаратура и измерения вакуума</u> Основные виды вакуумных насосов и их параметры. Вакуумная коммутирующая аппаратура. Вакуумные системы и их использование в ЭИПТ. Методы Термопарные, ионизационные и другие типы вакуумметров. Основы течеискания.	2	0,055
11	<u>Тема 2.3. Структурная схема основных этапов разработки и внедрения новых технологий в производство</u> Характеристика основных этапов разработки и внедрения новой технологии и оборудования в производство.	2	0,055
12	<u>Тема 2.4. Типы электронных пушек</u> Термокатодные источники электронов. Источники электронов на основе взрывоэмиссионных катодов. Плазменные источники электронов. Источники широкоапертурных электронных пучков.	3	0,083
16	<u>Тема 2.5. Типы ионных источников</u> Источники ионов на основе тлеющего разряда. Источники ионов на основе дуговых разрядов. Источники для генерации мощных ионных пучков.	3	0,083
СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ		36	1,0

2.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

2.4. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе,
- конспектирование и реферирование источников из списка дополнительной учебной и научной литературы.

2.4.1. Темы, вынесенные на самостоятельное изучение

№ недели	Раздел учебного курса, тема, вынесенная на самостоятельное изучение	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
	Раздел 3. Некоторые промышленные электронно-ионно-плазменные технологии	20	0,56
4	Тема 3.1. Технология скоростного азотирования металлических изделий в плазме вакуумного дугового разряда	4	0,055
6	Тема 3.2. ЭИП технологии нанесения сверхтвердых и износостойких покрытий на изделия из металлов	4	0,055
8	Тема 3.3. Технологии обработки поверхности металлических изделий сильноточным низкоэнергетическим электронным пучком.	4	0,055
10	Тема 3.4. ЭИП технологии поверхностной металлургии.	4	0,055
12	Тема 3.5. ЭИП технологии нанесения покрытий на стекло и полимерные пленки.	4	0,055
	СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	20	0,56

2.4.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Аспиранты имеют возможность получать консультации у лектора.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим основную и дополнительную учебную и научную литературу, а также конспекты лекций.

3. Учебно-методические материалы

3.1. Литература

а) основная литература:

1. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1984.
2. Берлин Е. В., Коваль Н. Н., Сейдман Л. А. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей. – М.: Техносфера, 2012. – 464 с.
3. Ивановский Г.Ф., Петров В.И., Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: «Радио и связь», 1986.
4. Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. М.: Машиностроение, 1978.
5. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985.
6. Грибков В.А., Григорьев Ф.И., Калинин Б.А., Якушин В.П. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов. – М.: Издательский дом «Круглый стол», 2001, 527 с.

б) дополнительная литература:

1. Рябухин Ю.С., Шальков А.В. Ускоренные пучки и их применение. – М.: Атомиздат, 1980, 192 с.
2. Электронно- и ионнолучевая технология. Сборник статей под редакцией Р. Бакиша. – М., Металлургия, 1968, 443 с.
3. Войцень В.С., Гужова С.К., Титов В.И. Воздействие низкотемпературной плазмы и электромагнитного излучения на материалы. – М., Энергоатомиздат, 1991, 224 с.
4. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления, М., Металлургия, 1992, 112 с.

5. Воздействие концентрированных потоков энергии на материалы. Сборник статей под редакцией Рыкалина Н.Н., М.: Наука, 1985, 246 с.
6. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Усов Ю.П. Мощные электронные пучки и их применение. – М.: Атомиздат, 1966, 280 с.
7. Моряков О.С. Элионная обработка. – М.: Высшая скорость, 1990. – 128 с.
8. Бугаев С.П., Крейнделль Ю.Е., Щанин П.М. Электронные пучки большого сечения. – М., Энергоатомиздат, 1984, 112 с.
9. Сильноточные импульсные электронные пучки в технологии. Сборник статей под редакцией Месяца Г.А. – Новосибирск, Наука, 1983, 169 с.
10. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. – М., Энергоатомиздат, 1991, 304 с.
11. Зорин Е.И., Павлов П.В., Тетельбаум Д.И. Ионное легирование полупроводников. – М., Энергия, 1975, 128 с.
12. Лясников В.Н., Райгородский В.М., Технологическое оборудование для плазменного напыления. – М., ЦНИИ «Электроника», 1992, 55 с.
13. Лясников В.Н., Новак Ю.М. Плазменное напыление полимерных материалов. – М., ЦНИИ «Электроника», 1991, 43 с.,
14. Хокинг М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. – М., Мир, 2000, 518 с.

4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИСЭ СО РАН,
- средства мультимедиа,
- рабочее место аспиранта с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИСЭ СО РАН.

5. Оценка качества освоения дисциплины

5.1. Оценочные мероприятия и формирование оценки

Оценка качества освоения дисциплины обучающимся осуществляется с использованием балльной системы. Перечень оценочных мероприятий и максимальное количество баллов, которое может быть получено обучающимся в результате каждого мероприятия, приведены в таблице.

Оценочное мероприятие	Максимальное число баллов
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	20
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	10
Решение задач (самостоятельная работа)	20
Дифференцированный зачет	50
Максимальный суммарный балл	100

На дифференцированном зачете аспиранту выставляется оценка и соответствующее ей число баллов:

«Отлично»: 41—50 баллов.

«Хорошо»: 31—40 баллов.

«Удовлетворительно»: 16—30 баллов.

«Неудовлетворительно»: 15 баллов и менее.

Итоговая оценка качества освоения дисциплины определяется величиной суммарного балла:

- «Отлично»: 81—100 баллов.
- «Хорошо»: 61—80 баллов.
- «Удовлетворительно»: 41—60 баллов.
- «Неудовлетворительно»: 40 баллов и менее.

5.2. Соответствие оценочных мероприятий (компонентов ФОС) дисциплины формируемым компетенциям, перечисленным в п. 1.3

Компонента ФОС, оценочное мероприятие	Компетенции					
	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	УК-1	УК-2	УК-3
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	+	+	+			
Подготовка реферата	+	+	+	+		
Решение задач (самостоятельная работа)	+	+	+	+	+	+
Дифференцированный зачет	+	+	+	+		

5.3. Примеры вопросов на зачете

1. Понятие «технология».
2. Определение «электронно-ионно-плазменных технологий»
3. Особенности и основные преимущества обработки веществ плазмой и потоками ускоренных частиц.
4. Основные области применения плазменных технологий и их особенности.
5. Основные области применения электронно-пучковых технологий и их особенности.
6. Основные области применения ионно-лучевых технологий и их особенности.
7. Современный уровень развития техники и технологии электронно-ионно-плазменной обработки материалов и изделий.
8. Перспективы расширения сфер применения новых технологий в промышленности.
9. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы с веществом.
10. Примеры использования процессов взаимодействия плазмы с веществом в технологии.
11. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных электронов с веществом.
12. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия электронов с веществом в технологии.
13. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных ионов с веществом.
14. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия ионов с веществом в технологии.
15. Примеры промышленных процессов обработки материалов плазмой и концентрированными плазменными потоками. Достигнутые физические, технологические и эксплуатационные показатели этих процессов и их результатов.
16. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными электронными пучками.
17. Промышленные процессы обработки материалов широкими электронными пучками.

18. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными ионными пучками.
19. Промышленные процессы обработки материалов широкими ионными пучками.
20. Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество.
21. Основные законы физики разреженного газа.
22. Режимы течения газа через отверстия и трубопроводы.
23. Процессы адсорбции и десорбции газа в вакуумных системах.
24. Основные элементы вакуумных систем.
25. Механические вакуумные насосы.
26. Молекулярные насосы.
27. Турбомолекулярные насосы.
28. Диффузионные насосы.
29. Основные принципы измерения вакуума.
30. Термопарные манометры.
31. Ионизационные манометры.
32. Электроразрядные манометры.
33. Техника течеискания.
34. Сравнительный анализ достигнутых физических и технологических показателей при использовании различных энергоносителей.
35. Основные типы, особенности конструкций, характеристики и области применения плазмогенераторов.
36. Основные типы технологических электронных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.
37. Основные типы технологических ионных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.
38. Примеры оборудования для комбинированной ЭИП обработки материалов и изделий.
39. Основные этапы разработки и внедрения новых ЭИП технологий и оборудования в производство.
40. Смысл технологического анализа при внедрении новых ЭИП технологий.
41. Критерии выбора ЭИП технологий при обработке изделий
42. Основные научные проблемы, которые необходимо решить в ходе внедрения в ЭИПТ.
43. Основные этапы анализа рынка ЭИПТ и конкуренции на рынке высоких технологий.

Рабочая программа составлена на основании:

федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлениям подготовки 03.06.01 Физика и астрономия и 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденных приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспортов специальностей научных работников 01.04.07 — физика конденсированного состояния; 05.27.02 — вакуумная и плазменная электроника;

- программ-минимумов кандидатских экзаменов по выше перечисленным специальностям, утвержденных приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Составитель рабочей программы
главный научный сотрудник,
д.т.н., профессор



Н. Н. Коваль

Рабочая программа рассмотрена и одобрена ученым советом ИСЭ СО РАН.

Протокол № 13 от «24» августа 2018 г.

Секретарь ученого совета, д.ф.-м.н.



И. В. Пегель

Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу дисциплины «Физические основы электронно-ионно-плазменных технологий материалов» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИСЭ СО РАН.
Протокол № ____ от « » _____ 20__ г.

Секретарь ученого совета

подпись

Ф. И. О.

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина, и ее место в учебном плане обозначены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Дисциплина изучает основы динамики заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, физические процессы, происходящие при генерации и транспортировке интенсивных электронных пучков, вопросы магнитной изоляции высоковольтных вакуумных промежутков и передающих линий; затрагиваются вопросы практического применения интенсивных электронных пучков.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен:

знать: общую физику, классическую электродинамику, классическую механику, уравнения математической физики в объеме, предусмотренном для магистров физики;

уметь: применять методы дифференциального и интегрального исчисления, векторного анализа.

1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

1. Приобретение широких, целостных и глубоких знаний о физических явлениях, определяющих процессы формирования и транспортировки сильноточных пучков заряженных частиц, способах их получения, а также их применениях в сильноточной электронике и импульсной энергетике.

2. Формирование умения вычленять физические факторы, существенные в электрофизических системах с интенсивными пучками заряженных частиц, выполнять качественные оценки и расчеты параметры физических процессов в таких системах.

1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний о физических явлениях, определяющих процессы формирования и транспортировки сильноточных пучков заряженных частиц, способах их получения, и применения (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 той ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение вычленять физические факторы, существенные в системах с интенсивными пучками заряженных частиц, выполнять качественные оценки и расчеты параметры физических процессов в таких системах (как составляющая профессиональной компетенции ПК-2 той ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.