

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФВТ
_____ А.Н.Яковлев
« ___ » _____ 2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КОРПУСКУЛЯРНО-ФОТОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление ООП: 12.04.02 ОПТОТЕХНИКА

Профиль подготовки: «Фотонные технологии и материалы»

Квалификация (степень): магистр
Базовый учебный план приема 2014 г.

Курс 2; Семестр 3;

Количество кредитов: 6

Код дисциплины: ДИСЦ.В.М.2.4

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	8
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	144
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации экзамен в 3 семестре

Обеспечивающее подразделение «Кафедра лазерной и световой техники»

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Яковлев А.Н.
Руководитель ООП : д.ф.-м.н., профессор Корепанов В.И.
Преподаватель: д.ф.-м.н., профессор Олешко В.И.

2014 г.

1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины магистрант приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей Ц1, Ц3 и Ц5 основной образовательной программы «Оптотехника».

Целью изучения дисциплины являются современные интенсивные технологические процессы в производстве изделий электроники, включая электронно, ионно-лучевые и оптические технологии. Эти технологии относят к классу высоких технологий и их применение позволяет не только интенсифицировать производство тех или иных изделий, но и совершить скачок в технологических параметрах и качестве приборов.

После изучения курса «Корпускулярно-фотонные технологии» студент должен: иметь представление:

- о роли и возможностях интенсивных технологий, в том числе электронно-лучевых, ионно-лучевых, оптических в производстве материалов, изделий и смежных областях техники;

знать и уметь использовать:

- основные понятия и процессы взаимодействия электронных и ионных потоков с твердым телом;
- основы технологии электронно-лучевой, ионной обработки поверхности твердых тел;
- характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов;

иметь навыки:

- выбора методов и условий обработки материалов различной природы;
- анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки;

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Корпускулярно-фотонные технологии» относится к специальным дисциплинам профессионального цикла.

Дисциплина «Корпускулярно-фотонные технологии» относится к профессиональному циклу магистерской подготовки ДИСЦ.В

Дисциплине (модулю) предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- «Физика конденсированных оптических сред»

Содержание разделов дисциплины (модуля) «Корпускулярно-фотонные технологии» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- «Лазерные технологии и оборудование»,
- «Спектральные методы исследования и анализа материалов».

Соответствие результатов освоения дисциплины «Корпускулярно-фотонные технологии» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Таблица 1.

Результаты обучения, (коды)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение

Р.1	3.1.1	Знать фундаментальные процессы, протекающие в твердых телах при их облучении электронными и ионными пучками	У.1.1	анализировать полученную информацию в области взаимодействия ионизирующих излучений с твердыми телами	В.1.1	опытом работы с литературными источниками и <i>Internet</i> -сайтами с использованием специализированных баз знаний
	3.1.3	Знать принцип работы, основные узлы и характеристики электронных и ионных ускорителей	У.1.3	использовать современное оборудование для исследования и модификации свойств материалов	В.1.3	информацией об основных параметрах электронных и ионных ускорителей
Р.2	3.2.3.	основы современных представлений о структуре и физико-химических свойствах материалов различных классов;	У.2.3	различать виды физических и физико-химических процессов, происходящих в конденсированных средах при взаимодействии с лазерными и электронными пучками	В.2.3	опытом работы на электронных и ионных ускорителях
Р.3	3.3.2.	основ радиационной физики твердого тела и радиационных технологий	У.3.2	разрабатывать математические и физические модели процессов взаимодействия излучений с веществом	В.3.2.	планировать и проводить экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники
Р.5.	3.5.1	методов научно-технического творчества	У.5.1.	планировать эксперимент для получения данных с целью решения определенной научно-технической задачи	В.5.1	работы с приборами и установками для экспериментальных исследований
	3.5.2.	передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	У.5.2.	модернизировать и совершенствовать методики получения и обработки экспериментальных данных	В.5.2.	критического подхода при анализе экспериментальных и технологических данных
Р.6.	3.6.1.	традиционных и нетрадиционных методов электронно-зондового контроля материалов	У.6.1.	интегрировать знания различных методов контроля и анализа материалов	В.6.1.	работы с типовыми и специализированными программными продуктами

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В результате освоения дисциплины «Корпускулярно-фотонные технологии» магистрантом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
РД1	Знание фундаментальных процессов, сопровождающих взаимодействие электронных и ионных пучков с материалами. Готовность применять полученные знания, умения и навыки в области фотонно-корпускулярных технологий.
РД2	Знание современного оборудования для радиационных технологий. Готовность к его эксплуатации.
РД3	Знание электронно-зондовых методов контроля материалов. Готовность пользоваться экспериментальной техникой и физико-химическими методами анализа и контроля материалов.
РД4	Готовность использовать характеристики и технологические свойства электронных и ионных ускорителей для решения конкретных технологических задач.
РД5	Готовность обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области фотонно-корпускулярных технологий.

4. Структура и содержание дисциплины

РАЗДЕЛ I. Электронные процессы и технологии.

Физико-химические процессы, происходящие при облучении вещества электронами и возможности их использования в технологиях. Электронно-лучевые установки. Термические электронные процессы и технологии. Нетермические электронные процессы и технологии. Применение мощных (сильноточных) электронных пучков в технологиях.

Лекция 1. Электронно-лучевые процессы и технологии.

Практические занятия 1. Физические процессы при взаимодействии электронов с веществом и возможности их использования в технологиях.

Лабораторная работа 1. Изучение установки и технологии электронно-лучевой наплавки.

Самостоятельная работа. Темы раздела 1.

РАЗДЕЛ II. Электронно-зондовые методы исследования и анализа веществ.

Слаботочные электронные пучки.

- вторично-эмиссионная и просвечивающая электронная микроскопия.
- рентгеновский спектральный микроанализ.
- электронная оже-спектроскопия.

Сильноточные электронные пучки.

- определение химического состава твердых тел.

- диагностика тонкопленочных светодиодных гетероструктур.
- контроль энергетических материалов.
- анализ газовой фазы.

Лекция 1. Электронно-зондовые методы анализа вещества.

Практические занятия 1. Расчет критической мощности СЭП, необходимой для испарения твердых тел различных классов.

Лабораторная работа 1. Диагностика сильноточных электронных пучков.

Лабораторная работа 2. Контроль тонкопленочных светодиодных гетероструктур InGaN/GaN с применением СЭП.

Лабораторная работа 3. Анализ газовой фазы с возбуждением объемным разрядом, индуцированным СЭП.

Самостоятельная работа. Темы раздела 2.

РАЗДЕЛ III. Ионные процессы и технологии.

Физико-химические процессы, происходящие при бомбардировке твердых тел ионами и возможности их использования в технологиях. Пробеги ионов в твердом теле и их распределение. Ионно-лучевые установки. Технологическое применение ионных пучков. Применение быстрого нагрева поверхностного слоя материалов. Ионная бомбардировка и имплантация.

Лекция 1. Ионные процессы и технологии.

Практические занятия 1. Физические процессы при взаимодействии ионов с веществом и возможности их использования в технологиях.

Лабораторная работа 1. Изучение установки ионно-лучевой модификации поверхности твердых тел ДИАНА – 2.

Самостоятельная работа. Темы раздела 3.

РАЗДЕЛ IV. Фотонные технологии.

Лазерно-плазменное напыление (ИЛН) пленок нанометровых толщин и перспективы его применения в нанотехнологиях. Возможности и преимущества метода ИЛН. Разлет эрозивной лазерной плазмы и основные процессы, происходящие в ней. Лазерная генерация кластеров. Свойства кластерной плазмы. Спектроскопия кластерной плазмы. Применение кластерной плазмы для изготовления наноструктурных материалов. Оптическая лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия (ЛИЭС). Аппаратурная реализация ЛИЭС. Метрологические характеристики ЛИЭС. Идентификация материалов. Дистанционный анализ. Применение ЛИЭС в атомной энергетике и космических исследованиях.

Лекция 1. Лазерно-плазменное напыление (ИЛН) пленок нанометровых толщин и перспективы его применения в нанотехнологиях.

Практические занятия 1. Оптическая лазерно-искровая спектроскопия.

Самостоятельная работа. Темы раздела 4.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Корпускулярно-фотонные технологии» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

Методы	ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ сем.,	СРС
ИТ-методы		+	+	+	+
Работа в команде			+	+	
Игра				+	
Методы проблемного обучения			+	+	
Обучение на основе опыта		+	+	+	
Опережающая самостоятельная работа			+	+	+
Поисковый метод			+	+	+
Исследовательский метод			+		

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену;
- написание рефератов.

Примерный перечень тем рефератов:

- Типовые электронно-лучевые установки. Общие принципы построения.
- Оборудование электронно-лучевого испарения.
- Технология электронно-лучевой литографии.

- Нанесение покрытий методом электронно-лучевого испарения.
- Электронно-стимулированное травление.
- Термическая размерная электронно-лучевая обработка.
- Типовые ионно-лучевые установки. Общие принципы построения.
- Возможности и перспективы ионно-лучевой литографии.
- Технология ионного легирования материалов. Модификация твердого тела при ионной бомбардировке.
- Модификация свойств материалов и осаждение покрытий с помощью плазменных струй.
- Электронно-зондовые методы анализа материалов.
 1. Вторичная ионная масс-спектрометрия.
 2. Рентгеновский спектральный микроанализ.
 3. Электронная оже-спектроскопия.
 4. Вторично-эмиссионная электронная микроскопия.
- Лазерно - искровая эмиссионная спектроскопия.

Творческая самостоятельная работа включает:

- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации для пополнения имеющихся на кафедре базы данных по радиационным и оптическим методам контроля материалов, технологическим процессам и технологическому оборудованию;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Электронно-лучевые установки.
- Термические электронные процессы и технологии.
- Нетермические электронные процессы и технологии.
- Ионно-лучевые установки. Технологическое применение ионных пучков.
- Модификация свойств материалов и осаждение покрытий с помощью плазменных струй.
- Электронно-зондовые методы анализа вещества.
- Лазерно - искровая эмиссионная спектроскопия.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Промежуточное тестирование по модулям дисциплины.
- Обсуждение вопросов на семинарских занятиях.
- Подготовка и защита реферата.

При выполнении самостоятельной работы рекомендуется использовать:

- материалы, размещенные на персональном сайте преподавателя;
- ресурсы Интернет.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины
 Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
1. Текущий контроль изучения теоретических разделов дисциплины осуществляется в виде двух коллоквиумов в течение семестра.	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5
2. Выполнение и защита результатов лабораторных работ	
3. Разработка и представление презентаций по индивидуальным тематикам исследований	

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств) (*с примерами*):

- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защитах лабораторных работ;
- контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий,
- вопросы для самоконтроля;
- вопросы тестирований;
- вопросы, выносимые на экзамены и зачеты и др.

Вопросы тестирований

1. Основы электронно-ионной и корпускулярно-фотонной технологии.
2. Основы термического вакуумного напыления: испарение вещества, перенос вещества к подложке, конденсация вещества.
3. Ионная технология. Ионное распыление и нанесение тонких пленок.
4. Электронно-лучевая технология. Методы получения и обработки пленок.
5. Электронно-лучевое испарение материалов. Типы испарителей, особенности электронно-лучевого испарения.
6. Параметры электронно-лучевого испарения. Теплофизические процессы в зоне воздействия электронного луча на мишень.
7. Определение механических и электрофизических параметров покрытий: адгезионная прочность, лучевая стойкость.
8. Модели поверхностного испарения материалов. Расширение пара при испарении в вакууме.
9. Функциональная структурная схема вакуумной технологической установки.
10. Термо-ионное нанесение покрытий различного функционального назначения.
11. Ионно-плазменное распыление. Физико-технологические особенности метода, свойства получаемых покрытий.
12. Ионно-лучевой метод получения покрытий: основные схемы, принцип работы.
13. Физические особенности метода катодного распыления.
14. Осаждение продуктов испарения при лазерном напылении на поверхность образца. Кристаллизация и формирование покрытий.
15. Основные стадии и особенности процесса нанесения вакуумных покрытий.
16. Закономерности образования и роста вакуумных покрытий.
17. Классификация методов осаждения вакуумных покрытий.
18. Электронно-лучевое нанесение вакуумных покрытий.

19. Метод лазерно-плазменного напыления и перспективы его применения в нанотехнологиях.
20. Физические основы ионного распыления.
21. Катодное распыление.
22. Типы электронно-лучевых испарителей.
23. Стадии испарения: перенос вещества от мишени к подложке, конденсация.
24. Процессы конденсации: первичная, вторичная коалесценция.
25. Особенности распыления диэлектрических материалов.
26. Прочность адгезионного соединения системы пленка- подложка.
27. Лучевая стойкость покрытий.
28. Электронно-зондовые методы исследования материалов.
29. Методы анализа и контроля вещества с применением высокоэнергетических электронных пучков.
30. Ионно-лучевые распылительные системы.
31. Термо- ионное распыление.
32. Ионно-плазменное распыление материалов электронной техники.

Экзаменационные вопросы

1. Электронно-лучевая обработка.
 2. Взаимодействие ионов с монокристаллами. Каналирование.
 3. Нетермические электронные процессы.
 4. Система вытягивания и ускорения ионов.
 5. Общая характеристика и особенности электронно-лучевых процессов.
 6. Образование радиационных дефектов при ионной бомбардировке.
 7. Электронно-лучевое нанесение покрытий из сплавов и химических соединений.
 8. Электронно-зондовые методы исследования и контроля веществ.
 9. Ионно-лучевая литография.
 10. Источники ионов.
 11. Термическая размерная электронно-лучевая обработка.
 12. Типовая электронно-лучевая установка.
 13. Пробеги ионов в твердом теле и их распределение.
 14. Экстраполированный пробег электронов в твердом теле.
 15. Обработка не сфокусированным пучком электронов.
 16. Ионное распыление и получение тонких пленок.
 17. Электронно-лучевое испарение материалов.
 18. Лазерное осаждение тонких пленок.
 19. Размерная обработка массивных образцов в электронно-лучевой технологии.
 20. Электронно - стимулированное травление.
 21. Оборудование ионного распыления.
 22. Электронно-лучевое испарение материалов.
- Типовая ионно-лучевая установка.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Светцов, В. И, Смирнов, С. А. Корпускулярно-фотонные процессы и технологии. Иваново, 2009. 276 с.
2. Кремерс Д., Радziemски Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. - М.: Техносфера., 2009. 360с
3. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. М.: Техносфера. 2009. 336 с.
4. Олешко В.И. Спектральный элементный анализ с использованием мощных электронных пучков. Томск. 2012.-96 с.
5. Грибов В.А., Григорьев Ф.И., Калинин Б.А. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов. Учебник. М.: 2001.528 с.

Дополнительная литература

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. Пособие для вузов /Под ред. А.Г. Григорьянца.-М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2006.-664 с.
3. Аброян, И.А., Андронов, А.Н., Титов, А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. - М.: Высш. шк., 1984. 320с.
4. Вендик, О.Г., Горин, Ю.Н., Попов, В.Ф. Корпускулярно-фотонная технология. - М.: Высш. шк., 1984. 240с.
5. Комаров Ф.Ф. Ионная имплантация в металлы. М.: Metallurgia. 1990. 216 с.

Интернет-ресурсы:

- <http://www.avantes.net/avalibs.php.htm> – сайт компании "Avantes", поставщика автоматизированных спектрометров, в том числе для лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии.
- <http://www.perkinelmer.com> - сайт компании "Perkin Elmer", поставщика оптических эмиссионных спектрометров
- http://www.donnu.edu.ua/chem/student/methodic/atom_absorption_spectroscopy.pdf

Используемое программное обеспечение:

1. Стандартное программное обеспечение Microsoft Office

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	<p>Научно-учебная лаборатория импульсной оптической спектроскопии.</p> <p>Оборудование: Импульсный спектрометр с наносекундным временным разрешением. В состав спектрометра входят:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Импульсный ускоритель электронов на базе ГИН-600.2. Монохроматор МДР-23.3. Цифровой фотоаппарат SONY α 500.4. Спектральные лампы ЛСП-1 с блоком питания.5. Цифровые осциллографы - TDS -2014 и DPO – 3034.6. Спектрометр AvaSpec 2048-2.7. Цилиндр Фарадея.8. Пьезодатчик.9. Фотоэлектронные умножители: ФЭУ - 97, 11810. Компьютер.11. Азотный лазер NL-100 (4 нс; 0,7 мДж).12. Оптический микроскоп МБС-10.13. Микровизор проходящего света мVizo – 101.	10 кор., 036 ауд., 1 установка.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 12.04.02 «ОпTOTехника» и профилю подготовки «Фотонные технологии и материалы»

Программа одобрена на заседании кафедры
лазерной и световой техники

(протокол № ____ от «__» _____ 2014 г.).

Авторы: _____ Олешко В.И., Гриценко Б.П.

Рецензент _____