

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям


О.И. Чуприс

Регистрационный № УД 6165 /уч.

**МОДИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ
ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 81 01 Физика конденсированного состояния

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 81 01 01-2012 и учебного плана № G-31-239/уч от 26.05.2017 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н.Н.Черенда — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 14 декабря 2018 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 2 от 28 декабря 2018 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины “Модификация твердых тел концентрированными потоками энергии” разработана для специальности 1-31 81 01 – Физика конденсированного состояния.

Дисциплина является компонентом УВО цикла дисциплин специальной подготовки.

Цель учебной дисциплины - ознакомление магистрантов с современными методами модификации структурно-фазового состояния и свойств поверхностных слоев твердых тел при воздействии концентрированных потоков частиц, включающих фотоны, электроны и ионы.

Методы воздействия концентрированными потоками частиц на твердые тела в последнее время находят все большее применение как в промышленности, например, для модификации поверхностных свойств твердых тел: нанесение защитных покрытий или легирование полупроводниковых материалов, так и в научной деятельности: синтез новых материалов и использование пучков частиц для анализа их структуры, элементного и фазового состава.

Современное развитие техники и научно-технический прогресс во всех отраслях промышленности требуют разработки новых материалов и методов их создания, обеспечивающих комплекс высоких эксплуатационных свойств и высокую технологичность в процессе производства. При этом следует отметить, что повышение эксплуатационной надежности современной техники и материалов без существенного увеличения их массы и стоимости – весьма сложная и в то же время актуальная задача сегодняшнего дня. Принципиально новые возможности для модификации поверхностных свойств различных материалов и существенного улучшения их эксплуатационных характеристик предоставляет использование концентрированных потоков энергии, включающих электронные, ионные, плазменные и лазерные пучки. Возрастающие потребности промышленности в новых материалах обуславливают необходимость поиска и применения гибридных методов, основанных на комплексном воздействии различных типов концентрированных потоков энергии или совмещении различных видов модификации при использовании одного из типов концентрированных потоков энергии. Рассматриваемые в учебном курсе технологии являются критическими для решения широкого класса научных и прикладных задач и, в перспективе, развития наиболее передовых отраслей современной промышленности. Учитывая, что использование таких технологий для модификации свойств материалов требует знания и понимания процессов, протекающих в поверхностном слое при обработке, в данном курсе кратко рассмотрены основные аспекты взаимодействия концентрированных потоков частиц с веществом.

Основными задачами учебной дисциплины как важной составляющей подготовки специалиста в области физики конденсированного состояния являются освоение студентами теоретических основ методов модификации, базирующихся на воздействии концентрированных потоков частиц; особенностей технологического применения этих методов; изучение основных процессов, происходящих при воздействии таких потоков на твердые тела.

В результате изучения данной дисциплины магистрант должен

знать:

- теоретические основы процессов, происходящих в твердых телах при воздействии концентрированных потоков частиц;
- основные методы модификации твердых тел концентрированными потоками частиц, их технологическое применение;
- преимущества и недостатки методов модификации;

уметь:

- рассчитывать основные параметры воздействия (такие как пробег ионов, коэффициент распыления, температура поверхности и др.);
- грамотно выбирать метод модификации свойств для решения научных и технологических задач;
- работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;
- реализовывать комплексный подход к решению проблем в области материаловедения;
- применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения;

владеть:

- базовыми принципами прогнозирования изменения структурно-фазового состояния твердых тел при воздействии на них концентрированными потоками частиц;
- уметь применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области физики конденсированного состояния;
- пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям и проектам;
- организовывать свой собственный труд и взаимодействие с другими исполнителями;

Материал учебной дисциплины основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в общих курсах физики твердого тела, оптики, атомной физики, квантовой механики и др.

В результате изучения дисциплины магистрант должен обладать следующими компетенциями.

Требования к академическим компетенциям магистра

Магистр должен быть способным:

- АК-1. Осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность (включая анализ, сопоставление, систематизацию, абстрагирование, моделирование, проверку достоверности данных, принятие решений и др.).
- АК-2. Применять методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие постановку и решение задач научно-исследовательской, научно-педагогической, управленческой и инновационной деятельности.
- АК-3. Использовать междисциплинарный подход при решении проблем.
- АК-4. Применять технические устройства и компьютеры для решения профессиональных задач в области физики и техники.
- АК-5. Постоянно повышать свою квалификацию.

Требования к социально-личностным компетенциям магистра

Магистр должен:

- СЛК-3. Анализировать и принимать решения по научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности.

Требования к профессиональным компетенциям магистра

Магистр должен быть способен:

Научно-педагогическая и учебно-методическая деятельность

- ПК-4. Разрабатывать и использовать современное учебно-методическое обеспечение.

Научно-исследовательская деятельность

- ПК-5. Формулировать и решать задачи в области физического эксперимента.
- ПК-6. Квалифицированно проводить теоретические исследования в области физики конденсированного состояния.
- ПК-7. Использовать новейшие открытия в естествознании, физические основы современных технологических процессов, включая нанотехнологии.
- ПК-8. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Производственно-технологическая деятельность

- ПК-9. Применять знания основ физики конденсированного состояния, методов исследования материалов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.
- ПК-10. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров материалов и технологических процессов их получения.
- ПК-11. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, технической и патентной литературой.
- ПК-12. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Организационно-управленческая деятельность

ПК-13. Принимать оптимальные управленческие решения.

ПК-14. Осваивать и реализовывать управленческие инновации в сфере высоких технологий.

Инновационная деятельность

ПК-15. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития физики и техники, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-16. Определять цели инноваций и способы их достижения.

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Общее количество часов – 104; аудиторное количество часов — 34, из них: лекции — 30, УСР – 4.

Форма текущей аттестации во 2-м семестре — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Классификация методов модификации твердых тел концентрированными потоками энергии.

Тема 2. Физические процессы при взаимодействии ионов с твердым телом. Торможение и рассеяние ионов. Генерация радиационных дефектов и их пространственное распределение. Пробег ионных пучков и их распределение в твердых телах. Каналирование. Распыление твердых тел. Нагрев, испарение и абляция материалов при воздействии концентрированных потоков энергии.

Тема 3. Ускорители и генераторы пучков заряженных частиц и плазмы. Ускорители и генераторы пучков заряженных частиц. Плазменные ускорители и установки. Особенности технологического применения пучков заряженных частиц и плазмы.

Тема 4. Ионная имплантация в полупроводники и металлы. Изменение свойств полупроводников при ионной имплантации. Процессы в проводниках при отжиге в процессе ионной имплантации. Модификация металлов и сплавов при ионной имплантации.

Тема 5. Модификация твердых тел электронными пучками. Особенности взаимодействия электронных пучков с твердыми телами. Получение пленок и покрытий. Модификация поверхности материалов.

Тема 6. Модификация твердых тел мощными ионными пучками. Особенности взаимодействия мощных ионных пучков с твердыми телами. Технологическое применение мощных ионных пучков.

Тема 7. Плазменные потоки и их применение. Общая характеристика плазмы. Модификация поверхности плазменными пучками. Потоки высокотемпературной плазмы и их применение. Вакуумно-плазменное осаждение покрытий.

Тема 8. Лазерные пучки и их применение. Типы и характеристики технологических лазеров. Особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью. Модификация твердых тел лазерными пучками.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

(оставить нужное и проставить количество часов, оформляется одна таблица «с разбивкой» по семестрам, курсам)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы.	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Классификация методов модификации твердых тел концентрированными потоками энергии.	2					[1]	
2	Физические процессы при взаимодействии ионов с твердым телом	8						
2.1.	Торможение и рассеяние ионов. Генерация радиационных дефектов и их пространственное распределение.	2					[1] [2] [] [4]	
2.2	Пробеги ионов и их распределение в твердых телах. Каналирование.	2					[1] [2] [] [4]	
2.3	Распыление твердых тел.	2					[1] [2] [] [4]	
2.4	Нагрев, испарение и абляция материалов при воздействии концентрированных потоков энергии.	2					[1] [5]	
3	Ускорители и генераторы пучков заряженных частиц и плазмы.	2						
3.1	Ускорители и генераторы пучков заряженных частиц. Плазменные ускорители и установки. Особенности технологического применения пучков заряженных частиц и плазмы.	2					[1]	
4	Ионная имплантация в полупроводники и металлы	6				2		
4.1	Изменение свойств полупроводников при ионной	2					[1] [2] [] [4]	

	имплантации.							
4.2	Процессы в проводниках при отжиге в процессе ионной имплантации	2					[1] [2] [] [4]	
4.3	Модификация металлов и сплавов при ионной имплантации	2				2	[1] [2] [] [4]	Защита рефератов
5	Модификация твердых тел электронными пучками	2						
5.1	Особенности взаимодействия электронных пучков с твердыми телами. Получение пленок и покрытий. Модификация поверхности материалов.	2					[1] [6]	
6	Модификация твердых тел мощными ионными пучками	2						
6.1	Особенности взаимодействия мощных ионных пучков с твердыми телами. Технологическое применение мощных ионных пучков.	2					[1] [7]	
7.	Плазменные потоки и их применение.	4						
7.1	Общая характеристика плазмы. Модификация поверхности плазменными пучками.	2					[1] [8]	
7.2	Потоки высокотемпературной плазмы и их применение. Вакуумно-плазменное осаждение покрытий.	2					[1] [!9]	
8.	Лазерные пучки и их применение.	4				2		
8.1	Типы и характеристики технологических лазеров. Особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью.	2					[1] [10]	
8.2	Модификация твердых тел лазерными пучками.	2				2	[1] [10]	Защита рефератов
	Форма отчетности							Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов. Учебник. Под ред. Б.А. Калина. М. Круглый год. 2001, 528 с.
2. Х.Риссел, И. Руге. Ионная имплантация. М.:Наука
3. Ионная имплантация. Под ред. Дж.К. Хирвонена. М.: Металлургия
4. Ф.Ф. Комаров, А.П. Новиков, А.Ф. Буренков. Ионная имплантация. Мн.: Універсітэцкае. 303 с.
5. Синтез наноразмерных материалов при воздействии мощных потоков энергии на вещество / А.В. Булгаков, Н.М. Булгакова, И.М. Бураков и др. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2009, - 462 с.
6. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Дж. М. Поута и др. – М.: машиностроение , 1987. – 424 с.
7. В.М. Анищик, В.В. Углов. Модификация инструментальных материалов ионными и плазменными пучками. 2003, - Мн.: БГУ, - 191 с.
8. Ф. Чен. Введение в физику плазмы: пер. с англ. – М., Мир 1987.- 398 с.
9. В.В. Углов, Н.Н. Черенда, В.М. Анищик, В.М. Асташинский, Н.Т. Квасов. Модификация материалов компрессионными плазменными потоками. Минск: БГУ, 2013, 248 с.
10. Григорьянц А.Г. основы лазерной обработки материалов. М.: Машиностроение. 304 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Фазовые превращения при облучении. Под ред. Ф.В. Нолфи. Металлургия
2. М.А. Кумахов, Ф.Ф. Комаров. Энергетические потери и пробеги ионов в твердых телах. Мн.: БГУ.
3. В.А. Барвинок. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. М.: Машиностроение.
4. А.Н. Диденко, А.Е. Лигачев, И.Б. Куракин. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов.
5. Физика и применение плазменных ускорителей. Под ред. А.И. Морозова. Мн.: Наука и техника, 1974, 395 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Реферативные работы.

Примерный перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов

Темы реферативных работ

1. Катодно-дуговое вакуумное осаждение покрытий.
2. Магнетронное осаждение покрытий.
3. Методы моделирования пробегов ионов в твердых телах.
4. Эрозия поверхности при воздействии высокотемпературных плазменных потоков.
5. Квазистационарные плазменные ускорители.
6. Радиационно-стимулированная диффузия.
7. Радиационно-индуцированная сегрегация.
8. Изменение морфологии поверхности при ионном воздействии.
9. Ионно-ассистированное осаждение.
10. Генерация пучков ионизированных кластеров и их применение.
11. Плазменно-иммерсионная имплантация.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за защиту рефератов.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29 мая 2012 г.);

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 №382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Радиационные эффекты в твердых телах	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № ____ от _____
Структурно-фазовые изменения при облучении	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № ____ от _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год

№ № ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
физики твердого тела

(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

физики твердого тела

д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ

к.ф.-м.н., доцент

_____ М.С. Тиванов