МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Снежинский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0BDE66000DAECEA44E1BF4E83F4BE9DB
Владелец: НИЯУ МИФИ
Действителен: с 29.12.2021 до 29.12.2022

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе
«_____»_____ 20__ г.
_____П.О.Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Радиационная физика твердого тела
наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) __14.03.02 «Ядерные физика и технологии»___

Профиль подготовки _____«Физика атомного ядра и частиц»_____

Квалификация (степень) выпускника_____Бакалавр _____

Форма обучения_____Очная_____

г. Снежинск, 20__ г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины *Радиационная физика твердого тела* является формирование у слушателей целостной системы знаний об эффектах в материалах и изделиях полупроводниковой электроники, возникающих при воздействии на них ионизирующих излучений.

Основными задачами дисциплины «Радиационная физика твердого тела» являются:

– изучение физических основ дозиметрии ионизирующего излучения, системы дозиметрических величин;

– освоение понятийно-терминологического аппарата, используемого в радиационной физике твердого тела;

– получение знаний об изменении физических свойств вещества и характеристик приборов в результате воздействия ионизирующих излучений и об основных радиационных технологиях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б1.В.03 «Радиационная физика твердого тела» относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП ВО по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии». Курс «Радиационная физика твердого тела» посвящен одному из разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков, специализирующихся в области физики радиационных повреждений и радиационного материаловедения. Радиационная физика твердого тела изучается на третьем курсе в шестом семестре обучения.

Радиационная физика твердого тела появилась в начале XX–го века на стыке трех научных направлений: атомной физики, ядерной физики и физики твердого тела. Многие закономерности в этой области были получены в тридцатые годы прошлого века, но основное развитие радиационная физика твердого тела получила после появления мощных источников проникающих (ионизирующих) излучений: ядерного и термоядерного оружия, ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц. С началом исследования космоса возникла задача об изучении воздействия излучений космического пространства на объекты космической техники. Прогресс в развитии атомной энергетики, создании разнообразных и мощных источников ионизирующих излучений привел к появлению новых разделов прикладной физики и техники: радиационного материаловедения, радиационной химии, радиационной биологии, радиационной медицины и др. Применение ионной имплантации стало ведущим фактором, обеспечивающим создание сверхбольших интегральных микросхем – основы современных информационных систем. Радиационная физика твердого тела, изучающая первичные процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, является базой при использовании излучений в практической деятельности.

Для того чтобы обеспечить качественную подготовку специалистов высшей квалификации, в данном курсе отражаются как базисные, фундаментальные основы радиационной физики твердого тела, так и новейшие тенденции в развитии данной и прикладной отрасли знаний.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Б1.О.23 «Математика»;
- Б1.О.24 «Физика»;
- Б1.О.11 «Электротехника и электроника»
- Б1.О.10 «Атомная физика»;
- Б1.О.13 «Введение в ядерную физику»;

Изучение дисциплины предполагает последующее освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Б1.В.ДВ.10.01 «Регистрация быстропротекающих процессов»;
- Б1.В.ДВ.02.02 «Прохождение излучения через вещество»;
- Б1.В.ДВ.09.01 «Дозиметрия».

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

В результате изучения дисциплины обучающимися должны быть освоены следующие компетенции:

ОПК-1 – способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ПК-3 – способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Основные источники ионизирующих излучений;

– Начальные сведения о свойствах твердого тела;
– Основы взаимодействия излучения с веществом;
– Основы теории атомных столкновений;
– Первичные процессы в материалах при воздействии ионизирующих излучений;
– Эволюция радиационных дефектов;
– Основные радиационные технологии;
– Радиационные эффекты в изделиях полупроводниковой электроники.

Уметь:

– Использовать основные закономерности взаимодействия излучения с веществом;
– Планировать эксперименты на облучательных установках;
– Определять доминирующие радиационные эффекты в изделиях полупроводниковой электроники;
– Осуществлять поиск информации по полученному заданию, сбор, анализ данных, необходимых для решения поставленных физических и технических задач;
– Применять информационные технологии для решения физических и технических задач.

Владеть:

– Методами расчета характеристик полей излучений и дозовых нагрузок на приборы и материалы;
– методологическими подходами по оценке уровней влияния ионизирующих излучений на характеристики приборов и свойства материалов;
– навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;
– навыками профессиональной аргументации при разборе какой-либо проблемы в профессиональной деятельности;
– программным обеспечением для работы с физической и технической информацией и основами Интернет - технологий.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоемкость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Контроль, час.	СР, час.	Форма контроля, экз./зачет
6	2	72	36	18	0	18	зачет

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 ЗЕТ, 72 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости *(неделя, форма)*	Аттестация раздела *(неделя, форма)*	Макс. балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			

6 семестр								
1	Введение в предмет. Общие положения	1	2			Конспект, контрольные вопросы		
2	Источники ионизирующего излучения	2	2	2		Конспект	3 неделя Сам. раб	5
3	Начальные сведения о свойствах твердого тела	3-4	4	2		Конспект, контрольные вопросы		
4	Взаимодействие излучения с веществом	5-7	6	2		Конспект	6 неделя Дом. раб.	5
							7 неделя Конт. раб.	12,5
5	Теория атомных столкновений. Каскад столкновений	8	2	2		Конспект, контрольные вопросы		
6	Первичные процессы в материалах при воздействии ионизирующих излучений	9-10	4	2		Конспект, контрольные вопросы	9 неделя Сам. раб	5
7	Эволюция радиационных дефектов	11-12	4	2		Конспект, контрольные вопросы		
8	Влияние облучения на макроскопические свойства материалов	13	2	2		Конспект, контрольные вопросы	11 неделя Дом. раб. Сам. раб.	5
								5
9	Радиационные технологии	14	2			Конспект, контрольные вопросы		
10	Объемные ионизационные эффекты в изделиях ЭКБ	15	2	2		Конспект	15 неделя Конт. раб	12,5
11	Одиночные радиационные эффекты в изделиях ЭКБ	16	2	2		Конспект, контрольные вопросы		
Всего:			32	18				50
	Зачет							50
	Итого за 6 семестр:							100

Раскрытие лекционных тем и тем практических занятий

Тема 1. Введение в курс «Радиационная физика твердого тела»

Предмет радиационной физики твердого тела. Основные сведения о влиянии ионизирующих излучений на свойства материалов. Основные сведения о радиационных эффектах в изделиях полупроводниковой электроники.

Тема 2. Источники ионизирующего излучения

Ионизирующие излучения. Классификации и характеристики источников ионизирующего излучения. Характеристики поля ионизирующего излучения. Ядерный взрыв. Ионизирующие излучение космического пространства. Ускорители заряженных частиц. Ядерные реакторы. Изотопные источники. Генераторы нейтронов.

Тема 3. Начальные сведения о свойствах твердого тела.

Атом водорода по Бору. Спектр электронов в твердом теле. Дефекты в твердом теле.

Тема 4. Взаимодействие излучения с веществом

Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Допущения модели взаимодействия частиц с веществом. Электронное торможение. Область малых скоростей. Область больших скоростей. Промежуточная область скоростей. Прохождение электронов, гамма-квантов и нейтронов через вещество. Пробеги частиц.

Тема 5. Теория атомных столкновений.

Приведенная масса. Движение в центральном поле. Рассеяние частиц. Потенциалы взаимодействия. Потенциал «твердых шаров». Кулоновский потенциал. Экранированные потенциалы. Пороговые энергии в каскадных моделях. Модель Кинчина–Пиза. Модель Линдхарда. Каскад в многоатомных веществах. Каналирование. Фокусированные столкновения. Групповые дефекты, тепловой клин, клин смещения.

Тема 6. Первичные процессы в материалах при воздействии ионизирующих излучений

Пороговая энергия образования электронно-дырочных пар. Экспериментальные методы определения энергии образования электронно-дырочной пары. Определение пороговой энергии смещения атомов. Определение числа смещенных атомов. Расчет дозы и скорости генерации дефектов при воздействии нейтронного, протонного, электронного и гамма- излучений.

Тема 7. Эволюция радиационных дефектов

Подвижность дефектов. Отжиг дефектов. Определение параметров отжига. Изотермический отжиг. Изохронный отжиг. Диффузия дефектов.

Тема 8. Влияние облучения на макроскопические свойства материалов

Изменения механических свойств материалов. Изменения электрических свойств металлов, полупроводников, диэлектриков. Изменения теплофизических и оптических свойств материалов.

Тема 9 Радиационные технологии

Радиационная полимеризация. Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников. Высокодозная имплантация ионов в полупроводники. Ионное легирование полупроводников и металлов. Основы радиационной медицины.

Тема 10. Радиационные эффекты в изделиях полупроводниковой электроники

Доминирующие радиационные эффекты в изделиях полупроводниковой электроники. Эффекты, обусловленные ионизацией. Радиационные эффекты, связанные со структурными повреждениями полупроводника.

Тема 11. Одиночные радиационные эффекты

Одиночные радиационные эффекты в современных интегральных микросхемах. Классификация одиночных радиационных эффектов. Одиночные радиационные эффекты в условиях космического пространства.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. Разбор задач и поиск их решения проводится в рамках практических занятий на каждой учебной неделе и в часы, отведённые на контролируемую самостоятельную работу. Занятия проводятся в интерактивной форме общения студентов между собой при поиске метода решения поставленной задачи и оформлении решения. Преподаватель обеспечивает консультационное сопровождение процесса поиска решения.

3. Один раз в три недели преподавателем проводится текущая консультация. Вопросы можно задавать лично преподавателю в назначенное время.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством ответов контрольные вопросы. Рубежный контроль проводится в виде двух письменных контрольных работ и трех самостоятельных работ. Зачет проводится в классической форме, по билетам.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Бондаренко, Г. Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Бондаренко. — 2-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 465 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/151492. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Сарина, М. П. Физика твердого тела: учебное пособие / М. П. Сарина. — Новосибирск: НГТУ, 2017. — 107 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118467. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Учебная аудитория для проведения занятий практического типа (л212), укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- Ноутбук HP;
- Проектор.

б) Помещение для самостоятельной работы обучающихся (л318), оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:

- Персональный компьютер на базе Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) – 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) – 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 31.05.2018 г., протокол №18/03 (актуализирован 27.07.2021 г., протокол №21/11).

Автор: _____канд. физ.- мат. наук О.В. Ткачев_____

Рецензент_____

_____

Программа одобрена на заседании спецкафедры «Ядерная физика и технологии» _____ г., протокол №____.