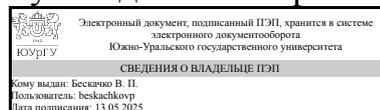


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



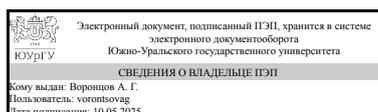
В. П. Бескачко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.07 Радиационные технологии в электронике
для направления 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

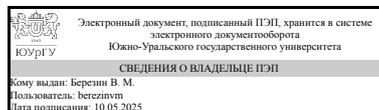
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., проф., профессор



В. М. Березин

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений, а также усвоение физических процессов воздействия радиации на материалы электронной техники, электронные приборы и микросхемы. По окончании освоения дисциплины обучающийся должен знать физическую природу процессов дефектообразования и легирования полупроводниковых материалов, используемых в электронной технике и интегральных микросхемах; пути реализации радиационной стойкости материалов для оптоэлектронных устройств; уметь теоретически исследовать процессы радиационных повреждений облученных полупроводниковых структур и интегральных микросхем; владеть навыками расчета радиационного воздействия и характеристик и радиационной стойкости материалов, электронных приборов и интегральных микросхем.

Краткое содержание дисциплины

Данный курс является теоретическим курсом, в котором излагаются основы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом; объясняются процессы образования, диффузии и отжига дефектов, а также радиационного легирования; рассматриваются радиационные свойства материалов, оптоэлектронных приборов и интегральных микросхем, а также пути реализации их радиационной стойкости и методы детектирования радиации.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	Знает: механизмы взаимодействия излучений с веществом, физические модели процессов модификации свойств материалов электроники и фотоники с помощью облучения потоками частиц и излучений Умеет: теоретически исследовать радиационные повреждения в материалах и влияние этих повреждений на свойства электронных и оптических устройств Имеет практический опыт: расчета радиационного воздействия на свойства материалов и работу электронных и оптических приборов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.06 Физические основы оптической и квантовой информатики, 1.О.03 История и методология науки в области электронных и информационных технологий	1.О.04 Актуальные проблемы наноэлектроники и фотоники

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.06 Физические основы оптической и квантовой информатики	Знает: классические и квантовые модели света, базовых элементов оптических систем (светоделителей, интерферометров, резонаторов, изоляторов, лазеров, усилителей, источников и детекторов), квантового шума, сжатого света; принципы квантовых измерений и квантового кодирования информации Умеет: классифицировать состояния световых полей, применять адекватные модели для взаимодействия данного вида света с элементами оптических систем, правильно интерпретировать результаты экспериментов со светом разного вида Имеет практический опыт: выполнения ключевых экспериментов квантовой оптики
1.О.03 История и методология науки в области электронных и информационных технологий	Знает: этапы развития современной электроники и фотоники; физические и технологические основы создания современных классических и квантовых устройств обработки и передачи информации Умеет: выявлять в имеющей место проблеме естественнонаучную составляющую, оценивать принципиальную возможность решения возникших задач методами естественных и технических наук Имеет практический опыт: идентификации возможных проблем, возникающих по ходу планирования и исполнения работ по проекту

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Подготовка к экзамену	30	30
Выполнение домашнего задания	7,5	7.5
Подготовка к семинарам	14	14

Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Взаимодействие ионизирующего излучения с твердым телом	20	6	14	0
2	Радиационные дефекты и радиационное легирование	6	2	4	0
3	Свойства облученных полупроводников	2	2	0	0
4	Радиационная физика полупроводниковых приборов	20	6	14	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Вводная лекция. Виды ионизирующего излучения и радиационных повреждений. Характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом	2
2	1	Облучение тяжелыми заряженными частицами и электронами. Ионизационные и радиационные потери энергии налетающей частицы. Линейный и экстраполированный свободные пробег. Облучение нейтронами и гамма-квантами.	2
3	1	Облучение нейтронами и гамма-квантами.	2
4	2	Виды дефектов. Образование дефектов, их диффузия и отжиг. Радиационное легирование	2
5	3	Свойства облученных полупроводников и диэлектриков. Механические, электромагнитные и химические свойства облученных материалов. Индуцированная проводимость. Эффекты заряжения.	2
6	4	Механизмы радиационных изменений в p-n переходах и биполярных транзисторах	2
7	4	Механизмы радиационных изменений в полевых транзисторах и интегральных микросхемах.	2
8	4	Радиационная стойкость полупроводниковых приборов и наноструктур	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1, 2	1	Практическое занятие 1. Взаимодействие тяжелых частиц с твердым телом	4
3, 4	1	Практическое занятие 2. Взаимодействие электронов с твердым телом	4
5	1	Практическое занятие 3. Взаимодействие гамма-квантов и рентгеновского излучения с твердым телом	2
6	1	Практическое занятие 4. Основы дозиметрии	2
7	1	Контрольная работа 1	2
8	2	Практическое занятие 5. Защита от ионизирующего излучения.	2
9	2	Практическое занятие 6. Радиационные дефекты	2

10, 11	4	Практическое занятие 7. Влияние ИИ на полупроводниковые приборы	4
12, 13	4	Практическое занятие 8. Влияние ИИ на полевые транзисторы	4
14, 15	4	Практическое занятие 9. Радиационная стойкость приборов	4
16	4	Контрольная работа 2	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Яловец А.П. Радиационная физика твердого тела: Гл. 1: п-й. 1.1-1.5; Гл.2, п-ф. 2.3-2.4); Гл. 4, п-ф. 4.1-4.6); Аброян, И. А. Физические основы электронной и ионной технологии Учеб. пособие для специальностей электрон. техники вузов: Гл. 1, п-ф. 1.1-1.2; Гл. 2 п-ф. 2.1-2.3; Гл. 3, п-ф. 3.1-3.3; Гл. 4, п-ф. 4.1-4.8; Гл.5, п-ф. 5.1-5.5; Гл. 7, п-ф. 7.1-7.3. Белоус, А. И. Космическая электроника [Текст] Кн. 1 в 2 кн.: Гл.7, п-ф. 7.1-7.11; Гл.8, п-ф. 8.1-8.4. Белоус, А. И. Космическая электроника [Текст] Кн. 2 в 2 кн.: Гл. 9, п-ф.9.1-9.4; Гл.12, п-ф. 12.1-6; Гл. 13, п-ф.13.1-6; Гл. 14, п-ф. 14.1-3; Гл.15, п-ф. 15.13.	2	30
Выполнение домашнего задания	Яловец А.П. Радиационная физика твердого тела: Гл. 1: п-й. 1.1-1.5; Гл.2, п-ф. 2.3-2.4); Гл. 4, п-ф. 4.1-4.6). Аброян, И. А. Физические основы электронной и ионной технологии Учеб. пособие для специальностей электрон. техники вузов: Гл. 1, п-ф. 1.1-1.2; Гл. 2 п-ф. 2.1-2.3; Гл. 3, п-ф. 3.1-3.3; Гл. 4, п-ф. 4.1-4.8; Гл.5, п-ф. 5.1-5.5; Гл. 7, п-ф. 7.1-7.3.	2	7,5
Подготовка к семинарам	Белоус, А. И. Космическая электроника [Текст] Кн. 1 в 2 кн. А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. - М.: Техносфера, 2015: стр. 1-696. Белоус, А. И. Космическая электроника [Текст] Кн. 2 в 2 кн. А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. - М.: Техносфера, 2015: стр. 697-1183. Таперо К.И., Диденко С.И. Основы радиационной стойкости изделий электронной техники: учебно-методическое пособие. Издательство "МИСИС", 2013: стр.1-349. Таперо, К. И. Основы радиационной стойкости изделий электронной техники : Радиационные эффекты в изделиях электронной техники	2	14

	<p>[Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 210100 "Электроника и нанoeлектроника" К. И. Таперo, С. И. Диденко ; МИСиС (нац. исслед. технол. ун-т), Каф. полупроводниковой электроники и физики полупроводников. - М.: Издательский Дом МИСиС, 2013: стр.- 1-348. Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов [Текст] учеб. пособие для вузов по специальностям 010701 - Физика и др. А. И. Лебедев. - М.: Физматлит, 2008: стр. 1-487. Кулаков, В. М. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники Ред. Е. А. Ладыгина. - М.: Советское радио, 1980: стр. 1-224. Ахиезер, И. А. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. - Киев: Наукова думка, 1985: стр. 1-142.</p>		
--	---	--	--

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	2	Текущий контроль	КМ1. Контрольная работа 1	15	12	Максимальный балл за контрольную работу 12. Контрольная состоит из 3 задач по 4 балла каждая. Задача решена полностью – 4 балла; задача решена с небольшим допущением - 3 балла; задача не решена, но указаны необходимые формулы для ее решения – 2 балла; задача не решена, указанных формул недостаточно для решения задачи – 1 балл; задачу не пытались решать, или указанные формулы не верны - 0 баллов.	экзамен
2	2	Текущий контроль	КМ2. Контрольная работа 2	15	5	Максимальный балл за контрольную работу 5. Контрольная состоит из 1 задания. Максимальный балл за задачу – 5 баллов: задача решена полностью и верно – 5 баллов; задача решена, но сделана одна грубая ошибка – 4 балла; задача решена до конца, но в ходе	экзамен

						решения 2 грубые ошибки – 3 балла; задача не решена, но указаны все необходимые формулы – 2 балла; указаны верные формулы, но их недостаточно для решения задачи – 1 балл; задача не решена, формулы не верные – 0 баллов.	
3	2	Текущий контроль	КМ3. Коллоквиум 1	5	8	В коллоквиуме 4 теоретических вопроса. За каждое задание начисляется до 2 баллов: 2 балла - дан полный и верный ответ; 1 балл – дан неполный ответ, но в правильном направлении; 0 баллов - ответ неверный.	экзамен
4	2	Текущий контроль	КМ4. Коллоквиум 2	5	8	В коллоквиуме 4 теоретических вопроса. За каждое задание начисляется до 2 баллов: 2 балла - дан полный и верный ответ; 1 балл – дан неполный ответ, но в правильном направлении; 0 баллов - ответ неверный.	экзамен
5	2	Текущий контроль	КМ5. Коллоквиум 3	5	8	В коллоквиуме 4 теоретических вопроса. За каждое задание начисляется до 2 баллов: 2 балла - дан полный и верный ответ; 1 балл – дан неполный ответ, но в правильном направлении; 0 баллов - ответ неверный.	экзамен
6	2	Текущий контроль	КМ6. Коллоквиум 4	5	8	В коллоквиуме 4 теоретических вопроса. За каждое задание начисляется до 2 баллов: 2 балла - дан полный и верный ответ; 1 балл – дан неполный ответ, но в правильном направлении; 0 баллов - ответ неверный.	экзамен
7	2	Текущий контроль	КМ 7. Активная работа на практических занятиях	10	10	Максимальный балл за активную работу на практических занятиях – 10 баллов. Выход к доске или правильное решение задачи самостоятельно вперед доски – 2 балла. Активное участие в решение задачи с места – 1 балл.	экзамен
8	2	Промежуточная аттестация	КМ8. Промежуточная аттестация	-	40	Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов по 10 баллов каждый и одной задачи на 10 баллов. Максимальный балл за экзамен 30 баллов. За теоретический вопрос студент получает от 0 до 10 баллов в зависимости от полноты ответа, где: 10 баллов - вопрос раскрыт полностью; 5 баллов – вопрос не раскрыт, но студент знает основные формулы и терминологию; 0 баллов – студент не	экзамен

		Лань	— 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 465 с. https://e.lanbook.com/book/151492
3	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Алексеев И.И. Ионизирующие излучения космического пространства и их воздействие на бортовую аппаратуру космических аппаратов / Под ред. докт. техн. наук, проф. Г.Г. Райкунова — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013 — 256 с. https://e.lanbook.com/book/91181
4	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Таперо К.И. Расчет частоты и вероятности возникновения одиночных сбоев в БИС: Метод. указ. к выполнению курсовых работ по дисциплине "Основы радиационной стойкости изделий электронной техники космического применения / К.И. Таперо — Москва: МИСиС, 2006 — 39 с. https://e.lanbook.com/book/116697

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	447 (1)	компьютер, проектор
Экзамен	447 (1)	Компьютер
Практические занятия и семинары	447 (1)	Компьютер, проектор