

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

Авторы-составители: Волынцев Анатолий Борисович

Рабочая программа дисциплины

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Код УМК 85289

Утверждено
Протокол №9
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Методы моделирования фотонных интегральных схем

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.04.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Методы моделирования фотонных интегральных схем** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ПК.4 оценка возможности и целесообразности реализации вариантов технологических процессов с подготовкой возможных корректирующих и предупреждающих мер, нацеленных на предотвращение брака и нарушение действующих норм и правил

Индикаторы

ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	0
Проведение практических занятий, семинаров	0
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	48
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Часть 1. Методы численного моделирование. Вопросы точности.

Рассматриваются общие вопросы численного моделирования. Обзор разностных методов решения дифференциальных уравнений. Сходимость и устойчивость численных методов. Оценка погрешности численных методов.

Часть 2. Обзор методов моделирования оптических систем

Рассматриваются вопросы применения численных методов к решению задач фотоники и интегральной оптики. Математические основы, особенности и ограничения в применимости для метода распространяющегося луча и метода конечных разностей во временной области применительно к задачам фотоники. Обзор САПР на основе этих методов.

Часть 3. Практика

Обучение работе с САПР OptiFDTD на примере задач по моделированию канальных волноводов, Y-разветвителей, кольцевых резонаторов и других элементов интегрально оптических схем.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер. — Москва : Логос, 2004. — 439 с. — ISBN 5-94010-272-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/9063>
2. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 / Е. А. Артамонова, А. Г. Балашов, А. Н. Белов [и др.] ; под редакцией Ю. А. Чаплыгин. — Москва : Техносфера, 2013. — 688 с. — ISBN 978-5-94836-353-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/32025>
3. Самарский А. А. Введение в численные методы:учебное пособие для вузов/А. А. Самарский.-Санкт-Петербург:Лань,2005, ISBN 5-8114-0602-9.-288.-Библиогр.: с. 281

Дополнительная:

1. Моделирование и разработка интегральных структур микроэлектронных устройств:Сб.науч.тр./АН УССР,Науч.совет по проб."Кибернетика",Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова;Редкол.:С.Б.Погребенский(отв.ред.) и др..-Киев,1986.-89.-Библиогр.в конце ст.
2. Проектирование многофункциональных интегральных схем/В. П. Молчанов [и др.].- Киев:Техника,1984.-143.
3. Проектирование интегральных устройств СВЧ:справочник/Ю. Г. Ефремов.-Киев:Техника,1990, ISBN 5-335-00578-5.-159.-Библиогр.: с. 152-158

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/66519.html> Компьютерное моделирование при изучении дисциплин, связанных с расчетом оптических систем

<http://www.iprbookshop.ru/67291.html> Методы проектирования оптических систем

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Методы моделирования фотонных интегральных схем** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) ;
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».
6. Программный пакет OptiFDTD.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории компьютерного моделирования, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Методы моделирования фотонных интегральных схем**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.4

оценка возможности и целесообразности реализации вариантов технологических процессов с подготовкой возможных корректирующих и предупреждающих мер, нацеленных на предотвращение брака и нарушение действующих норм и правил

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер</p>	<p>Знать основные формулы и соотношения, позволяющие перейти от решения дифференциальных уравнений к арифметическим. Владеть методами численного моделирования для расчета параметров интегрально-оптических систем. Уметь подбирать метод численного решения подходящий для той или иной задачи.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает методов численного решения: метода конечных разностей и метода распространяющегося луча. Не владеет вопросами точности, сходимости результатов. Не умеет моделировать различные компоненты микро- и наносистемной техники.</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает методы численного решения: метод конечных разностей и метод распространяющегося луча. Слабо владеет вопросами точности, сходимости результатов. Существенные пробелы в знаниях при моделировании различных компонентов микро- и наносистемной техники.</p> <p align="center">Хорошо Знает методы численного решения: метод конечных разностей и метод распространяющегося луча. Владеет вопросами точности, сходимости результатов. Имеет отдельные пробелы в знаниях при моделировании различных компонентов микро- и наносистемной техники.</p> <p align="center">Отлично Знает методы численного решения: метод конечных разностей и метод распространяющегося луча. Владеет вопросами точности, сходимости результатов. Умеет моделировать различные компоненты микро- и наносистемной техники.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер	Часть 1. Методы численного моделирование. Вопросы точности. Защищаемое контрольное мероприятие	Основы численного моделирования. Вопросы точности, сходимости, постановка задачи.
ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер	Часть 2. Обзор методов моделирования оптических систем Защищаемое контрольное мероприятие	Методы численного решения типовых задач. Применение метода конечных разностей для моделирования компонентов микро- и наносистемной техники.
ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер	Часть 3. Практика Защищаемое контрольное мероприятие	Умение моделировать различные компоненты интегральной оптики и микросистемной техники

Спецификация мероприятий текущего контроля

Часть 1. Методы численного моделирование. Вопросы точности.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
-----------------------	-------

Умение анализировать сходимость численных схем и корректность постановки задачи моделирования.	13
Знания о повышении точности при проектировании микро- и наносистем.	10
Знания фундаментальных и технологических факторов, ограничивающих точность при моделировании.	7

Часть 2. Обзор методов моделирования оптических систем

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание метода конечных разностей во временной области	17
Знание метода распространяющегося луча	13

Часть 3. Практика

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Моделирование ввода и вывода излучения.	7
Моделирование канального волновода: расчет числа мод.	5
Моделирование фотонных кристаллов.	5
Моделирование нелинейных элементов.	5
Моделирование дефектов оптических волноводов.	5
Моделирование кольцевого оптического резонатора.	5
Моделирование рупорных переходов.	5
Моделирование планарного волновода.	3