

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

**Авторы-составители: Салгаева Ульяна Олеговна
Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕМЕНТЫ ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Код УМК 87748

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Элементы 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 **Элементы 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.4.1 Контролирует целесообразность выбора реализации технологического процесса изделий нанотехнологий и микросистемной техники

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	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
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. Оптические волноводы и методы их формирования

Основные приложения ФИС, основные понятия и терминология, предмет изучения. Рассматриваются вопросы развития физики оптических волноводов. Теория оптических волноводов. Рассматриваются теоретические основы распространения излучения в слабонаправляющих и сильнонаправляющих симметричных и асимметричных волноводах. Даются методы расчета числа оптических мод в канальном волноводе и режим его работы в составе ФИС. Методы формирования волноводов. Рассматриваются основные методы формирования оптических волноводов в аморфных и кристаллических прозрачных средах, их преимущества и технологические ограничения.

Часть 2. Основные элементы фотонных интегральных схем

Рассматриваются основные элементы фотонных интегральных схем: прямой волновод, Y-разветвитель и соединитель, кольцевые резонаторы, многомодовые соединители, направленные ответвители. Методы ввода/вывода излучения в фотонную интегральную схему. Рассматриваются методы ввода и вывода излучения в систему волноводов ФИС: метод торцевого ввода, метод призмного ввода, метода ввода с помощью решетки. Рассматриваются методы вывода излучения из ФИС и методы метрологической оценки параметров выходного излучения.

Часть 3. Электрические элементы фотонных интегральных схем

Рассматривается структура управляющих элементов активных ФИС, методы формирования волноводной структуры. Дается расчет значения управляющего напряжения для ФИС и оценка точностных требований к формируемой системе электродов.

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. Романовский, М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем : учебное пособие / М. Н. Романовский. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 123 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13933>
2. Романовский, М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства : учебное пособие / М. Н. Романовский. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 127 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13932>

Дополнительная:

1. Метрология и методы оптико-физических измерений: сборник научных трудов молодых учёных и специалистов.-Москва:Издательство стандартов,1974.-39.
2. Ландсберг Г. С. Оптика:учебное пособие для физических специальностей вузов/Г. С. Ландсберг.-Москва:Наука,1976.-927.
3. Пучка, О. В. Метрология, стандартизация и сертификация. Часть 1. Метрология : учебно-методический комплекс / О. В. Пучка. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. — 90 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/28357>
4. Азанова И. С.,Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем:учебно-методическое пособие/И. С. Азанова, Д. И. Шевцов.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1918-4.-1. <https://elis.psu.ru/node/13929>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/67514.html> Основы фотоники. физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники

<http://www.iprbookshop.ru/65828.html> Волноводная фотоника

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

Образовательный процесс по дисциплине **Элементы 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-образовательной 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».

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

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Практические занятия проходят в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

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 компьютера 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
Элементы 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 оптические и электрические элементы фотонных интегральных схем, и методы их формирования и соединения; Владеть основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные оптические и электрические элементы фотонных интегральных схем, и методы их формирования и соединения.</p> <p align="center">Удовлетворительн Нет систематических знаний об основных оптических и электрических элементах фотонных интегральных схем, и методах их формирования и соединения. Частично владеет основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p> <p align="center">Хорошо Знает основные оптические и электрические элементы фотонных интегральных схем, и методы их формирования и соединения. Владеет не всеми основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p> <p align="center">Отлично Знает основные оптические и электрические элементы фотонных интегральных схем, и методы их формирования и соединения. Владеет основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p>
<p>ПК.4.1 Контролирует целесообразность выбора реализации технологического процесса изделий нанотехнологий и микросистемной</p>	<p>Быть способным предложить состав и топологию фотонной интегральной схемы в соответствии с поставленной задачей из области фотоники.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не может предложить состав и топологию фотонной интегральной схемы в соответствии с поставленной задачей из области фотоники.</p> <p align="center">Удовлетворительн Может предложить только топологию или состав фотонной интегральной схемы в</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
техники		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>соответствии с поставленной задачей из области фотоники. Частично владеет основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Может предложить только топологию или состав фотонной интегральной схемы в соответствии с поставленной задачей из области фотоники. Владеет не всеми основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Может предложить состав и топологию фотонной интегральной схемы в соответствии с поставленной задачей из области фотоники. Владеет основными методами расчета отдельных элементов фотонных интегральных схем.</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.4.1 Контролирует целесообразность выбора реализации технологического процесса изделий нанотехнологий и микросистемной техники	Часть 1. Оптические волноводы и методы их формирования Защищаемое контрольное мероприятие	Знание методов формирования оптических волноводов в различных средах, а также анализ полученных структур.
ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер	Часть 2. Основные элементы фотонных интегральных схем Защищаемое контрольное мероприятие	Знание основных элементов фотонных интегральных схем и методов ввода/вывода излучения в ФИС. Владение метрологической оценкой выходного излучения.
ПК.4.2 Моделирует и прогнозирует реализацию технологического процесса с подготовкой возможных корректировок и предупреждающих мер	Часть 3. Электрические элементы фотонных интегральных схем Защищаемое контрольное мероприятие	Знать методы и технологии нанесения электрических элементов ФИС. Уметь рассчитывать и оценивать величину управляющего напряжения.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Часть 1. Оптические волноводы и методы их формирования

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
-----------------------	-------

Знать методы формирования оптических волноводов в аморфных и кристаллических прозрачных средах, их преимущества и технологические ограничения.	13
Знать расчет числа оптических мод в канальном волноводе и режим его работы в составе ФИС.	10
Знать суть распространения излучения в слабонаправляющих и сильнонаправляющих симметричных и асимметричных волноводах.	7

Часть 2. Основные элементы фотонных интегральных схем

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

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

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

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знать основные элементы фотонных интегральных схем: прямой волновод, Y-разветвитель и соединитель, кольцевые резонаторы, многомодовые соединители, направленные ответвители.	17
Знать методы ввода и вывода излучения в систему волноводов ФИС: метод торцевого ввода, метод призмного ввода, метода ввода с помощью решетки.	17
Знать метрологическую оценку параметров выходного излучения.	6

Часть 3. Электрические элементы фотонных интегральных схем

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 технологии и методов формирования управляющих электродов на поверхности ФИС.	13
Уметь оценить точность к формируемой системе управляющих электродов.	10
Знает расчет значения управляющего напряжения для ФИС.	7