

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

**Авторы-составители: Семенова Оксана Рифовна
Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ
Код УМК 97268

Утверждено
Протокол №10
от «20» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физические основы микросистемной техники

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физические основы микросистемной техники** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

ПК.3 Способен конструировать основные типы радиоэлектронных и оптоэлектронных устройств на основе базовых элементов, создаваемых методами микро- и наносистемной техники

Индикаторы

ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 7 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 3 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 108 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 42 |
| Проведение лекционных занятий | 14 |
| Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку | 28 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 66 |
| Формы текущего контроля | Защищаемое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (1) |
| Формы промежуточной аттестации | Зачет (7 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физические основы микросистемной техники

Электро-магнитные волны в диэлектрических средах

Введение. Распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах. Поляризация электромагнитных волн. Геометрическая оптика.

Оптические волноводы

Классификация оптических волноводов. Волноводный эффект. Оптическое волокно, типы и свойства. Физические принципы технологии производства оптических волокон. Фотонно-кристаллические волноводы. Волоконные брегговские решетки.

Электрооптические устройства

Волоконные усилители и лазеры. Волоконно-оптический гироскоп. Интегрально-оптический гироскоп. Интегрально-оптические датчики физических величин. Х-образный разветвитель. Интерферометр Маха-Цендера. Электрооптические модуляторы света.

Микромеханические устройства

Микромеханический акселерометр. Микромеханический гироскоп. Физические принципы изготовления микроструктур.

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. 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>
2. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов / В. А. Головнин, И. А. Каплунов, О. В. Малышкина [и др.]. — Москва : Техносфера, 2016. — 272 с. — ISBN 978-5-94836-352-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58893.html>
3. Физические основы электроники и электротехники : учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев [и др.]. — Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 434 с. — ISBN 978-5-7267-0802-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72782.html>

Дополнительная:

1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/75422.html> Физические основы нанотехнологий, фотоники и оптоинформатики

<http://www.iprbookshop.ru/31583.htm> Физические основы микро- и нанотехнологий

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

Образовательный процесс по дисциплине **Физические основы микросистемной техники** 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».

При освоении материала и выполнении 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.

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории Учебного центра (ПАО ПНППК). Состав оборудования определен в Паспортах лабораторий.

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
Физические основы микросистемной техники**

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

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|---|--|
| <p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p> | <p>•знать физические принципы функционирования оптоэлектронных и оптомеханических устройств</p> | <p align="center">Неудовлетворител Не может описать принцип распространения электромагнитных волн в различных средах. Не знает эффектов в оптических волноводах (дисперсия, волноводный эффект, оптические потери). Не знает принципов работы и устройств элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Удовлетворительн Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Существенные пробелы в знаниях о физических принципах производства оптических волокон. Не может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Хорошо Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Не полные знания о физических принципах производства оптических волокон, но при этом может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Отлично Знает законы геометрической оптики.</p> |

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|----------------------------|------------------------------------|---|
| | | <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Владеет описанием оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Знает физические принципы производства оптических волокон. Знает принцип работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> |

ПК.3

Способен конструировать основные типы радиоэлектронных и оптоэлектронных устройств на основе базовых элементов, создаваемых методами микро- и наносистемной техники

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|---|---|
| <p>ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения</p> | <p>•владеть: навыками расчета оптических эффектов, основными методиками построения устройств волоконной оптики с заданными параметрами.</p> | <p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не может описать принцип распространения электромагнитных волн в различных средах. Не знает эффектов в оптических волноводах (дисперсия, волноводный эффект, оптические потери). Не знает принципов работы и устройств элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Существенные пробелы в знаниях о физических принципах производства оптических волокон. Не может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Не полные знания о физических принципах производства оптических волокон, но при этом может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> |

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|------------------------------------|--|---|
| | | <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает законы геометрической оптики. Владеет описанием оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Знает физические принципы производства оптических волокон. Знает принцип работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

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 |
|--|---|--|
| ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности | Оптические волноводы Письменное контрольное мероприятие | Знание физических принципов технологии производства оптических волокон; распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах; поляризация электромагнитных волн; законы геометрической оптики для отражения и преломления света. Формулы Френеля; классификация оптических волноводов; волноводный эффект и дискретный модовый спектр в оптических световодах. Оптическое волокно. Дисперсия в оптическом волокне. Механизмы потерь в оптических волокнах. |
| ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности | Электрооптические устройства Защищаемое контрольное мероприятие | Понимание принципа работы, устройства, физический основ: фотонно-кристаллических волноводов, брэгговских решеток, а также приборов интегральной оптики: усилителей, лазеров, гироскопов, датчиков физических величин. |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|---|---|--|
| ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения | Микромеханические устройства Защищаемое контрольное мероприятие | Знание принципа работы и устройства микромеханических устройств. Основы изготовления тонких пленок. Знание структуры, свойств и возможности применения диэлектрических кристаллов. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Оптические волноводы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **17**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Физические принципы технологии производства оптических волокон | 6 |
| Классификация оптических волноводов. | 5 |
| Волноводный эффект и дискретный модовый спектр в оптических световодах | 5 |
| Механизмы потерь в оптических волокнах | 5 |
| Оптическое волокно. Дисперсия в оптическом волокне | 5 |
| Поляризация электромагнитных волн | 5 |
| Распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах. | 5 |
| Законы геометрической оптики для отражения и преломления света. Формулы Френеля. | 4 |

Электрооптические устройства

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|--------------|
| Волоконно-оптический гироскоп | 7 |
| Волоконные брегговские решетки | 6 |
| Волоконные усилители и лазеры | 6 |
| Интегрально-оптические датчики физических величин | 6 |
| Фотонно-кристаллические волноводы | 5 |

Микромеханические устройства

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Физические принципы изготовления микроструктур | 7 |
| Кристалл кремния: структура, физические свойства и область применения. | 6 |
| Кристаллы активных диэлектриков. | 6 |
| Методы нанесения тонких пленок. | 6 |
| Микромеханический акселерометр и гироскоп | 5 |