

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Авторы-составители: **Минкин Александр Михайлович
Петухов Игорь Валентинович**

Рабочая программа дисциплины
МАТЕРИАЛЫ ФОТОНИКИ И ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКИ
Код УМК 98632

Утверждено
Протокол №9
от «20» июня 2022 г.

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Материалы фотоники и интегральной оптики

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **04.03.02** Химия, физика и механика материалов
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Материалы фотоники и интегральной оптики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.4 Способен выбирать и использовать технические средства и методы исследования для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации в профессиональной области

Индикаторы

ПК.4.1 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения технологических задач в профессиональной области деятельности, поставленных специалистом более высокой квалификации

ПК.4.2 Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	04.03.02 Химия, физика и механика материалов (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
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 практических занятий, семинаров	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Оптоэлектронные устройства с оптическими волноводами.

Рассматриваются оптоэлектронные устройства, преобразующие оптический сигнал в электрический и наоборот. Светоизлучающие устройства: диоды, лазеры. Оптические модуляторы, детекторы, усилители. Преимущества интеграции оптоэлектронных устройств на одном кристалле.

Оптическое волокно: принцип действия, типы и классификация оптических волокон.

Оптическое волокно. Лучи в оптических волокнах, моды оптических волноводов. Характеристики оптического волокна, сравнительный анализ характеристик различных волокон. Классификация оптических волокон.

Материалы оптического волокна: стекла, полимеры, фотонные кристаллы

Рассматриваются различные материалы для изготовления оптического волокна: кварцевые стекла, оксидные стекла для оптического волокна видимого и ближнего диапазона, бескислородные стекла для оптических волокон среднего и дальнего ИК диапазона, полимерные материалы и материалы для изготовления фотоннокристаллических волокон.

Технологии изготовления и вытяжки оптического волокна. Основы конструкции оптического кабеля.

Рассматриваются технологические процессы изготовления оптического волокна и оптического кабеля, в том числе, производство заготовок для оптических волокон, вытяжка оптического волокна и особенности конструирования и технологии изготовления оптического кабеля.

Оптические волноводы в стеклообразных материалах: волноводы на основе диоксида и оксинитрида кремния, ионнообменные и золь-гель волноводы. Лазерная запись поверхностных волноводов

Рассматриваются технологические процессы изготовления волноводов на основе диоксида кремния и оксинитрида кремния, ионнообменные процессы изготовления волноводов на стекле, характеристики формируемых волноводов, последовательность операций при изготовлении волноводов золь-гель методом. Также обсуждаются возможности лазерной записи для формирования оптических волноводов.

Оптические волноводы в электрооптических кристаллах, на полупроводниковых структурах и в полимерных материалах.

Кристаллическая, квантовая структура и свойства составных полупроводников группы III- V. Особенности волноводных структур на кремнии, арсениде галлия. Технология кремний на изоляторе. Передовые оптические полимеры: дейтерированные и галогенированные полиакрилаты, фторированные полиимиды, полимеры перфторциклобутилового арилового эфира и нелинейно-оптические полимеры.

Полые микроструктурные оптические волноводы: металл-диэлектрические покрытия, оптофлюидные волноводы, полые стеклянные волокна.

Конструкция полого волновода и выбор материалов. Полые волноводы с металл-диэлектрическим покрытием. Полые стеклянные волноводы. Халькогенидные стеклянные полые брегговские волокна.

Метаматериалы в конструкции оптических волноводов

Теоретические основы волновода из метаматериала. Методы изготовления оптических метаматериалов. Датчики на метаматериалах.

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 аудиторные 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. Шандаров, В. М. Волоконно-оптические устройства технологического назначения : учебное пособие / В. М. Шандаров. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 198 с. — ISBN 978-5-86889-377-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13928>

2. Оптическое материаловедение. Материалы и оптические элементы в фотонике : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко, Г. Н. Гончарова, С. В. Жуков. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 241 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75385.html>

Дополнительная:

1. Технологии строительства ВОЛП. Оптические кабели и волокна : учебное пособие для вузов / В. А. Андреев, Р. В. Андреев, А. В. Бурдин [и др.] ; под редакцией В. А. Андреев. — 7-е изд. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 370 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75418.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/7/nanotehnologii.html> Университет ИТ/МО

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/17/fotonika.html> Университет ИТМО

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/17/fotonika.html> Университет ИТМО

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/17/fotonika.html> Университет ИТМО

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/17/fotonika.html> Университет ИТМО

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<https://openbooks.itmo.ru/ru/books/section/17/fotonika.html> Университет ИТМО

<http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека

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

Образовательный процесс по дисциплине **Материалы фотоники и интегральной оптики** 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 образовательную среду университета.

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

1. Лекционные занятия: Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия):

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Лабораторные занятия: Научно-образовательный центр ПАО ПНППК.

4. Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная 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
Материалы фотоники и интегральной оптики**

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

ПК.4

Способен выбирать и использовать технические средства и методы исследования для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации в профессиональной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.4.1 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения технологических задач в профессиональной области деятельности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Выбирает необходимые материалы и последовательность технологических операций для изготовления конкретного устройства фотоники и интегральной оптики, а также методы оценки его характеристик.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает физические принципы работы основных устройств фотоники и интегральной оптики, свойства материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, не знает основ технологических процессов изготовления устройств фотоники и интегральной оптики. Не владеет методами оценки свойств, применяемых материалов, не умеет осуществлять правильный подбор материалов для изготовления различных устройств фотоники и интегральной оптики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Слабо знает теоретические основы работы основных устройств фотоники и интегральной оптики, свойства материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, обладает некоторыми знаниями основ технологических процессов изготовления устройств фотоники и интегральной оптики. Владеет отдельными методами оценки свойств, применяемых материалов, в ряде случаев может осуществлять подбор материалов для изготовления различных устройств фотоники и интегральной оптики.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знания с пробелами теоретических основ работы основных устройств фотоники и интегральной оптики, свойств материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, основ технологических процессов изготовления устройств фотоники и интегральной оптики. Владеет методами оценки свойств, применяемых материалов, в</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>целом, сформированные умения подбора материалов для изготовления различных устройств фотоники и интегральной оптики.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает физические принципы работы основных устройств фотоники и интегральной оптики, свойства материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, знает основы технологических процессов изготовления устройств фотоники и интегральной оптики. Владеет методами оценки свойств, применяемых материалов, умеет осуществлять правильный подбор материалов для изготовления различных устройств фотоники и интегральной оптики.</p>
<p>ПК.4.2 Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области</p>	<p>Выполняет стандартные операции по оценке свойств материалов и характеристик устройств фотоники и интегральной оптики.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает свойств материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, не знает характеристик устройств фотоники и интегральной оптики, не владеет методами определения свойств материалов и характеристик устройств, не умеет анализировать полученные результаты измерений.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Слабо знает свойства материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, характеристики устройств фотоники и интегральной оптики, слабо владеет методами определения свойств материалов и характеристик устройств, недостаточно сформированные умения анализировать полученные результаты измерений.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знания с пробелами свойств материалов, применяемых в фотонике и интегральной оптике, характеристик устройств фотоники и интегральной оптики, владение основными методами определения свойств материалов и характеристик устройств, в целом, сформированные умения анализировать полученные результаты измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает свойства материалов, применяемых в</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично фотонике и интегральной оптике, знает характеристики устройств фотоники и интегральной оптики, владеет методами определения свойств материалов и характеристик устройств, умеет анализировать полученные результаты измерений.

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 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.4.2 Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области	Материалы оптического волокна: стекла, полимеры, фотонные кристаллы Письменное контрольное мероприятие	Знание оптоэлектронных устройств и принципов их работы, материалов, используемых для изготовления оптического волокна, принцип его действия
ПК.4.2 Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области	Оптические волноводы в стеклообразных материалах: волноводы на основе диоксида и оксинитрида кремния, ионнообменные и золь-гель волноводы. Лазерная запись поверхностных волноводов Защищаемое контрольное мероприятие	Знание методов исследования свойств материалов и характеристик устройств

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.4.2 Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области</p> <p>ПК.4.1 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения технологических задач в профессиональной области деятельности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Метаматериалы в конструкции оптических волноводов</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание основных материалов, используемых в фотонике и интегральной оптике, их свойства, технологические процессы и характеристики, создаваемых на основе этих материалов устройств, владение методами определения свойств материалов и характеристик устройств фотоники и интегральной оптики, умение анализировать полученную информацию.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Материалы оптического волокна: стекла, полимеры, фотонные кристаллы

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
Полные ответы на 5 теоретических вопросов по 4 балла за каждый	20
Решение двух расчетных задач по 5 баллов за каждую. Если допущена ошибка в вычислениях, то задача оценивается в 1 балл.	10

Оптические волноводы в стеклообразных материалах: волноводы на основе диоксида и оксинитрида кремния, ионнообменные и золь-гель волноводы. Лазерная запись поверхностных волноводов

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
Выполнение 3 лабораторных работ изучению свойств оптического волокна, процессам протонного обмена, оптических характеристик волноводов.	13
Ответы на теоретические вопросы по теоретическим основам, выполняемых лабораторных работ, методике их проведения. 6 вопросов по 2 балла каждый.	12
Корректные выводы по результатам выполненных работ	5

Метаматериалы в конструкции оптических волноводов

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

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

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

Проходной балл: **18**

Показатели оценивания	Баллы
Полный ответ на 5 теоретических вопросов по 6 баллов каждый.	30
Решение двух расчетных задач по 5 баллов за каждую. Если допущена ошибка в вычислениях, то задача оценивается в 1 балл.	10