

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра физической химии**

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 подготовки: **04.03.02** Химия, физика и механика материалов  
направленность Функциональные, конструкционные материалы и наноматериалы

### **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 : Функциональные, конструкционные материалы и наноматериалы)

**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

<b>Направление подготовки</b>	04.03.02 Химия, физика и механика материалов (направленность: Функциональные, конструкционные материалы и наноматериалы)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 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 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. 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 // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [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**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.4.1</b> 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"><b>Неудовлетворител</b></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"><b>Удовлетворительн</b></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"><b>Хорошо</b></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;"><b>Хорошо</b></p> <p>целом, сформированные умения подбора материалов для изготовления различных устройств фотоники и интегральной оптики.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></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><b>ПК.4.2</b> 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;"><b>Неудовлетворител</b></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;"><b>Удовлетворительн</b></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;"><b>Хорошо</b></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;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает свойства материалов, применяемых в</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> 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
<b>ПК.4.2</b> Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области	Материалы оптического волокна: стекла, полимеры, фотонные кристаллы <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание оптоэлектронных устройств и принципов их работы, материалов, используемых для изготовления оптического волокна, принцип его действия
<b>ПК.4.2</b> 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 <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание методов исследования свойств материалов и характеристик устройств

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.4.2</b> Выполняет стандартные операции по получению (анализу) сырья, промежуточной и конечной продукции в профессиональной области</p> <p><b>ПК.4.1</b> 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><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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