

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Авторы-составители: **Минкин Александр Михайлович
Петухов Игорь Валентинович
Азанова Ирина Сергеевна**

Рабочая программа дисциплины

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОТОНИКИ И ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКИ

Код УМК 98633

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

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Технологические процессы фотоники и интегральной оптики

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную 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 **Технологические процессы фотоники и интегральной оптики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

ПК.2 Способен проводить, анализировать и оформлять результаты научных исследований по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры

Индикаторы

ПК.2.2 Проводит работы по обработке, анализу и оформлению результатов исследований в профессиональной области

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

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	11
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 (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Введение в фотонику и интегральную оптику: основные компоненты интегральной оптики и применение интегральной оптики в фотонике

Рассматриваются основные компоненты интегральной оптики и фотоники: источники излучения, фотоприемники, модуляторы.

Основы теории оптических волноводов: классификация, геометрическая оптика и электромагнитная теория волноводов

Рассматривается классификация волноводов по геометрии, по профилю показателя преломления, процессы распространения света в волноводах различного типа и электромагнитная теория волноводов.

Методы изготовления волноводных структур

Рассматриваются методы и технологии изготовления планарных и полосковых (канальных) волноводов. Методы вакуумного напыления, золь-гель методы, методы диффузии, методы ионного обмена, ионной имплантации, метод лазерной записи волноводов. Особое внимание уделено методам фотолитографии.

Химические аспекты технологии травления структур: химическое и плазменное травление

Рассматриваются методы химического (жидкостного) травления для формирования структур и защитных пленок (жертвенных слоев), растворы, используемые для травления различных материалов. Также рассматривается технология плазменного травления, применяемое оборудование, условия и ограничения применения данной технологии.

Технологии формирования тонких пленок

Рассматриваются методы резистивного испарения, электронно-лучевого испарения, метод лазерной абляции, катодное распыление в плазме газового разряда, золь-гель методы, методы эпитаксии, методы диффузии. Особое внимание уделено процессу фотолитографии, применяемому оборудованию, фоторезистам, изготовлению фотошаблонов, различным методам фотолитографии. Рассматривается последовательность технологических операций при изготовлении интегрально-оптического устройства.

Технологии замещения

Рассматриваются процессы формирования волноводов в стеклах методом ионного обмена. Основное внимание уделяется наиболее часто используемому процессу протонного обмена в кристаллах ниобата лития. Обсуждаются условия реализации процесса, структура формируемых слоев, характеристики волноводов.

Методы исследования характеристик оптических волноводов

Рассматривается метод призмного ввода (модовой спектроскопии), методы определения оптических потерь и электрооптических характеристик волноводов.

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 // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13928>
2. 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>
3. 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>
4. Азанова И. С., Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем: учеб.-метод. пособие / И. С. Азанова, Д. И. Шевцов. — Пермь: ПГУ, 2007. -1.

Дополнительная:

1. Механика. Сопротивление материалов (теория и практика) : учебное пособие / О. М. Болтенкова, О. Ю. Давыдов, В. Г. Егоров, С. В. Ульшин. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2013. — 120 с. — ISBN 978-5-89448-971-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/47433.html>
2. Механика. Избранные труды. в 3 т. / Научно-исследовательский институт механики. Т. 2. — Москва: Издательство Московского государственного университета, 2010, ISBN 978-5-211-05786-9. -539.- Библиогр. в конце глав

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://elibrary.ru/> Фотоника. Интегральная оптика. Оптическое волокно. Характеристики оптического волокна. Сравнительный анализ характеристик оптич

<https://www.photonics.su/> Фотоника. Интегральная оптика. Оптическое волокно. Характеристики оптического волокна. Сравнительный анализ характеристик оптич

https://news.itmo.ru/ru/university_live/leisure/news/8523/ Фотоника. Интегральная оптика. Оптическое волокно. Характеристики оптического волокна. Сравнительный анализ характеристик оптич

<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

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

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

Образовательный процесс по дисциплине **Технологические процессы 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
Технологические процессы 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 последовательность технологических операций для реализации конкретного технологического процесса и методы оценки характеристик, формируемых волноводов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основных компонентов интегральной оптики, классификацию волноводов, оптические эффекты, приводящие к распространению электромагнитной волны, методы изготовления волноводных структур, методы исследования оптических волноводов. Не умеет выбрать последовательность технологических операций для реализации конкретного технологического процесса. Не владеет методами исследования характеристик оптических волноводов.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Отдельные знания основных компонентов интегральной оптики, классификации волноводов, оптических эффектов, приводящих к распространению электромагнитной волны, методов изготовления волноводных структур, методов исследования оптических волноводов. Слабые умения в выборе последовательности технологических операций для реализации конкретного технологического процесса. Недостаточное владение методами исследования характеристик оптических волноводов.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знания с пробелами основных компонентов интегральной оптики, классификации волноводов, оптических эффектов, приводящих к распространению электромагнитной волны, методов изготовления волноводных структур, методов исследования оптических</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>волноводов. В целом, сформированные умения выбрать последовательность технологических операций для реализации конкретного технологического процесса. Владеет методами исследования характеристик оптических волноводов.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные компоненты интегральной оптики, классификацию волноводов, оптические эффекты, приводящие к распространению электромагнитной волны, методы изготовления волноводных структур, методы исследования оптических волноводов. Умеет выбрать последовательность технологических операций для реализации конкретного технологического процесса. Владеет методами исследования характеристик оптических волноводов.</p>

ПК.2

Способен проводить, анализировать и оформлять результаты научных исследований по поставленной специалистом более высокой квалификации тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Проводит работы по обработке, анализу и оформлению результатов исследований в профессиональной области</p>	<p>Проводит работы по обработке, анализу и оформлению результатов исследований в области фотоники и интегральной оптики.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные принципы работы оптических волноводов, методы формирования волноводов, их области применения и характеристики формируемых волноводов. не владеет методами оценки структуры волноводных слоев, оптических и электрооптических характеристик волноводов, не умеет анализировать полученные результаты и делать корректные заключения на их основании.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Отдельные знания основных принципов работы оптических волноводов, методов формирования волноводов, их областей применения и характеристик формируемых волноводов. Слабое владение методами оценки структуры волноводных слоев,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>оптических и электрооптических характеристик волноводов. Недостаточно квалифицированное умение анализировать полученные результаты и делать корректные заключения на их основании.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает с пробелами основные принципы работы оптических волноводов, методы формирования волноводов, их области применения и характеристики формируемых волноводов. Владеет рядом методов оценки структуры волноводных слоев, оптических и электрооптических характеристик волноводов. Умеет анализировать, полученные результаты и делать корректные заключения на их основании.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные принципы работы оптических волноводов, методы формирования волноводов, их области применения и характеристики формируемых волноводов. Владеет методами оценки структуры волноводных слоев, оптических и электрооптических характеристик волноводов, умеет анализировать полученные результаты и делать корректные заключения на их основании.</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 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы 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>Технологии формирования тонких пленок Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Знание основных компонентов интегральной оптики, классификации волноводов, методов формирования волноводных структур, технологий формирования тонких пленок.</p>
<p>ПК.2.2 Проводит работы по обработке, анализу и оформлению результатов исследований в профессиональной области</p>	<p>Методы исследования характеристик оптических волноводов Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение использовать методы призматического ввода, методы формирования тонкопленочных структур</p>
<p>ПК.2.2 Проводит работы по обработке, анализу и оформлению результатов исследований в профессиональной области 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>Итоговый контроль Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знание основных компонентов интегральной оптики, классификацию волноводов, оптических эффектов, приводящих к распространению электромагнитной волны, методов изготовления волноводных структур, методов исследования оптических волноводов, умения выбрать последовательность технологических операций для реализации конкретного технологического процесса и методы исследования характеристик оптических волноводов.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Технологии формирования тонких пленок

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

Методы исследования характеристик оптических 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 по методы призмного ввода, формированию струкру методом химического травления с использованием маски фоторезиста, оценке качества формируемых структур.	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

Итоговый контроль

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 2 расчетных задач по 5 баллов каждая.	10