

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 03 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
(код и наименование направления)

Направленность: Материалы и технологии волоконной оптики
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины «Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон» – знакомство с физико-химическими свойствами чистых и легированных стекол; свойствами кварцевых волоконных световодов; основными методами изготовления заготовок световодов; технологией вытяжки волокон и их прочностными свойствами; основными научно-техническими проблемами, стратегиями и инновациями в волоконной оптике.

В процессе изучения дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

- способность в качестве руководителя подразделения, лидера группы сотрудников формировать цели команды, принимать решения в ситуациях риска, учитывая цену ошибки, вести обучение и оказывать помощь сотрудникам;
- готовность к профессиональной эксплуатации современного технологического оборудования для производства специальных кварцевых волокон;
- способность использовать нелинейные оптические эффекты при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.

Задачи дисциплины:

- изучение основных характеристик волоконных световодов и методов их контроля;
- изучение теоретических основ физико-химических процессов, происходящих на разных стадиях производства оптических волокон;
- изучение современного технологического оборудования для производства оптических волокон;
- формирование умения разрабатывать математические модели физико-химических процессов, происходящих на разных стадиях производства оптических волокон;
- формирование умения модифицировать технологический процесс изготовления волоконных световодов;
- формирование навыков проводить расчеты по выбору технологических режимов изготовления заготовок для оптических волокон и режимов их вытяжки;
- формирование навыков работы с приборами и оборудованием, используемыми при производстве оптических волокон и контроле качества готовой продукции.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- структура и физико-химические характеристики кварцевых стекол;
- методы изготовления заготовок световодов;
- методы вытяжки волокон и нанесения защитных покрытий;
- прочностные характеристики волокон;
- свойства телекоммуникационных и специальных волокон и области их применения в волоконно-оптических датчиках и устройствах

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	Знание нормативов расхода материалов, используемых в производстве оптических волокон; оборудования, используемого при производстве волокон; основ техники безопасности при работе с оборудованием, используемым для производства волокон.	Знает нормативы расхода материалов, используемых в производстве оптических волокон; характеристики материалов, инструментов и оборудования, используемых в производстве оптического волокна	Экзамен
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Умение оценивать потребности производства в материалах, инструментах и оборудовании для производства оптического волокна; находить поставщиков материалов, инструментов и оборудования для производства оптического волокна; организовать работу по обучению персонала навыкам использования приборов и оборудования, используемых при производстве волокон.	Умеет оценивать потребность производства в материалах, инструментах и оборудовании для производства оптического волокна	Тест
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Овладение навыками определения набора материалов, инструментов и оборудования, необходимых для производства заказанного оптического волокна; организации хранения токсичных и особо чистых материалов для производства оптического волокна. Способность в качестве руководителя подразделения, лидера группы сотрудников формировать цели	Владеет навыками определения набора материалов, инструментов и оборудования, необходимых для производства заказанного оптического волокна	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		команды, принимать решения в ситуациях риска, учитывая цену ошибки, вести обучение и оказывать помощь сотрудникам. Способность обучать новых сотрудников работе с приборами и оборудованием, используемым при производстве волокон		
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знание специфических свойства различных типов чистых и легированных стекол; плазмохимических методов получения заготовок оптических волокон; физических основ нелинейных оптических эффектов; основных методов анализа и оценки нелинейных оптических эффектов при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.	Знает специфические свойства различных типов чистых и легированных стекол; плазмохимические методы получения заготовок оптических волокон; методы получения микроструктурированных волокон; дисперсионные свойства различных волокон, спектральных зависимостей дисперсии в одномодовом ОВ; классификацию и основные характеристики специальных волоконных световодов	Экзамен
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умение применять основные способы производства кварцевых труб; выбирать режимы процессов «жакетирования» и технологии «заготовка (стержень) в цилиндре»; моделировать нелинейные эффекты в волоконно-оптических системах передачи информации.	Умеет применять основные способы производства кварцевых труб; разрабатывать технологию получения микроструктурированных волокон с заданными свойствами; определять характеристики специальных волоконных световодов в лабораторных условиях	Защита лабораторной работы
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владение навыками расчета показателя преломления чистых и легированных кварцевых стекол; навыками разработки различных схем процесса получения заготовки кварцевых оптических волокон;	Владеет навыками расчета показателя преломления чистых и легированных кварцевых стекол; навыками разработки различных схем процесса получения заготовки кварцевых оптических волокон; расчета и	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>оптическими схемами генерации второй гармоники, параметрической генерации света; навыками моделирования нелинейных эффектов в волоконно-оптических системах.</p> <p>Готовность к профессиональной эксплуатации современного технологического оборудования для производства специальных кварцевых волокон.</p> <p>Способность разрабатывать процессы получения кварцевых волокон.</p> <p>Способность использовать нелинейные оптические эффекты при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.</p> <p>Способность моделировать нелинейные эффекты в волоконно-оптических системах передачи информации</p>	<p>проектирования микроструктурированных волокон, специальных волоконных световодов и кабелей</p>	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	32	32	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	6	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				
				СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы получения заготовок волоконных световодов на основе кварцевого стекла	6	10	0	30
<p>Тема 1. Введение в дисциплину. Распространение света в волоконных световодах.</p> <p>Предмет освоения дисциплины. История развития оптической связи, преимущества и области применения волоконно-оптической связи: в системах передачи информации, навигации, системах мониторинга.</p> <p>Волновой и лучевой подходы распространения света в волоконных световодах. Свойства одномодовых и многомодовых волоконных световодов, Общие и изгибные оптические потери, Интерферометр: Маха-Цандера, Майкельсона, Фабри-Перро.</p> <p>Тема 2. Физико-химические свойства кварцевых стекол.</p> <p>Структура кварцевого стекла. Основные физико-химические свойства стекол. Радиационная, химическая, температурная устойчивость стекол. Методы получения кварцевого стекла.</p> <p>Тема 3. Методы получения заготовок волоконных световодов на основе кварцевого стекла.</p> <p>Метод модифицированного химического парофазного осаждения (MCVD). Методы внешнего парофазного осаждения (OVD) и парофазного осевого осаждения (VAD). Плазмохимические методы получения заготовок. Очистка отходов производства от хлорсодержащих соединений. Основные источники загрязнения кварцевого стекла, получаемого парофазным способом.</p>				
Методы вытяжки и прочность волоконных световодов.	4	10	0	20
<p>Тема 4. Вытяжка волоконных световодов и их прочностные свойства.</p> <p>Принцип вытяжки волокна. Схема установки для вытяжки. Прочность оптических волокон. Методы измерения прочности волокна.</p>				
Специальные оптические волокна.	6	12	0	40
<p>Тема 5. Волоконные световоды, сохраняющие поляризацию излучения.</p> <p>Волоконные световоды, сохраняющие поляризацию излучения: типа "Панда", "Галстук-бабочка", с эллиптической напрягающей оболочкой и создание волоконно-оптических гироскопов на их основе.</p> <p>Технология изготовления заготовок анизотропных световодов.</p> <p>Тема 6. Активные волоконные световоды.</p> <p>Технология получения и свойства активных волоконных световодов и создание волоконно-</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
оптических лазеров и усилителей на их основе. Тема 7. Фоточувствительные волоконные световоды. Технология получения и свойства фоточувствительных волоконных световодов и создание датчиков деформации на их основе. Тема 8. Волоконные световоды со смещенной дисперсией.				
ИТОГО по 2-му семестру	16	32	0	90
ИТОГО по дисциплине	16	32	0	90

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Расчет волноводных свойств оптических волокон; Измерение изгибных потерь с помощью рефлектометра; Измерение длины волны He-Ne лазера с помощью интерферометра Майкельсона.
2	Расчёт показателя преломления многокомпонентных стекол.
3	Исследование термодинамики образования оксидов и термофореза осаждения оксидов.
4	Измерение спектральных потерь, исследование прочности.
5	Исследование поляризационных свойств и двулучепреломления волоконного световода.
6	Измерение спектров поглощения активных оптических волокон, легированных эрбием.
7	Измерение спектральных потерь фоточувствительных волоконных световодов.
8	Исследование волоконных световодов со смещенной и сглаженной дисперсией.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Беспрозванных В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	10
2	Иванов Г. А. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон : учебное пособие для вузов / Г. А. Иванов, В. П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Агравал Г. П. Применение нелинейной волоконной оптики : учебное пособие : пер с англ. / Г. П. Агравал. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2011.	2
2	Листвин А. В. Оптические волокна для линий связи / А. В. Листвин, В. Н. Листвин, Д. В. Швырков. - М.: ЛЕСАРарт, 2003.	3
3	Портнов Э. Л. Волоконная оптика в телекоммуникациях : учебное пособие для вузов / Э. Л. Портнов. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2018.	1
2.2. Периодические издания		
1	Оптический журнал : научно-технический журнал / Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики; Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. - Санкт-Петербург: ГОИ им. С.И. Вавилова, 1931 - .	
2	Фотоника : научно-технический журнал / Техносфера; Лазерная ассоциация; журнал Photonik и AT-Fachverlag GmbH. - Москва: Техносфера, 2007 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		

	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Фотоника и оптоинформатика. Введение в специальность: учеб. пособие / А.И. Цаплин. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 399 с.	http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&cid=70	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	1. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон: учеб. пособие / Г.А. Иванов, В.П. Первадчук. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 171 с.	http://pstu.ru/files/file/FPM/M/of/tehnologiya_proizvodstva_opticheskikh_volokon.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Комплект оборудования по фотонике (согл. описи)	10
Лекция	Компьютер или ноутбук с программным обеспечением и проектором	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачете. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Промежуточный
Усвоенные знания.	С	Т	ОЛР	Экзамен
ИД-1ПК-1.3. 3.1 Знать нормативы расхода материалов, используемых в производстве оптических волокон; характеристики материалов, инструментов и оборудования, используемых в производстве оптического волокна	С	T1		ТВ
ИД-1ПК-1.4. 3.2 Знать специфические свойства различных типов чистых и легированных стекол; плазмохимические методы получения заготовок оптических волокон; методы получения микроструктурированных волокон; дисперсионные свойства различных волокон, спектральных зависимостей дисперсии в одномодовом ОВ; классификацию и основные характеристики специальных волоконных световодов.	С	T2		ТВ
Освоенные умения. Умеет:				

ИД-2ПК-1.3. У.1 Уметь оценивать потребность производства в материалах, инструментах и оборудовании для производства оптического волокна	С	ТЗ		ПЗ
ИД-2ПК-1.4. У.2 Уметь применять основные способы производства кварцевых труб; разрабатывать технологию получения микроструктурированных волокон с заданными свойствами; определять характеристики специальных волоконных световодов в лабораторных условиях	С		ОЛР	ПЗ
Приобретенные владения. Владеет:				
ИД-3ПК-1.3. В.1 Владеть навыками определения набора материалов, инструментов и оборудования, необходимых для производства заказанного оптического волокна	С		ОЛР	КЗ
ИД-3ПК-1.4. В.2 Владеть навыками расчета показателя преломления чистых и легированных кварцевых стекол; навыками разработки различных схем процесса получения заготовки кварцевых оптических волокон; расчета и проектирования микроструктурированных волокон, специальных волоконных световодов и кабелей	С		ОЛР	КЗ

С – собеседование по теме; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т – рубежное тестирование; ТВ – теоретический вопрос билета; ПЗ – практическое задание билета; КЗ – комплексное задание билета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2 Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных тестирований (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежное тестирование

Согласно РПД запланировано 3 рубежных тестирования (Т) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания первого теста

1. Из парофазных методов для Jacketирования заготовки применяется

1) MCVD	2) PCVD	3) OVD	4) VAD
---------	---------	--------	--------
2. Особенностью этого парофазного метода является повышенное содержание гидроксильных групп в центре заготовки, а не по краям

1) MCVD	2) PCVD	3) OVD	4) VAD
---------	---------	--------	--------
3. Нарращивание технологической оболочки и вытяжка волокна совмещаются в процессе

1) “стержень в трубе”	2) “стержень в цилиндре”	3) “sand”	4) Advanced Plasma and Vapor Depositon
-----------------------	--------------------------	-----------	--

4. Наряду с печами с нагревательным элементом сопротивления при вытяжке волокон широко используются
 - 1) Печи с нагревом газовой горелкой
 - 2) Печи с нагревом инфракрасным лазером
 - 3) Печи с нагревом лазером в видимом спектре
 - 4) **Индукционные печи**
5. Волоконные брэгговские решетки с малым периодом связывают основную моду волокна с
 - 1) одной из других направляемых мод
 - 2) одной из излучательных мод
 - 3) одной из оболочечных мод
 - 4) **той же модой, распространяющейся в обратном направлении**
6. Волоконные брэгговские решетки с большим периодом связывают основную моду волокна с
 - 1) одной из других направляемых мод
 - 2) одной из излучательных мод
 - 3) **одной из оболочечных мод**
 - 4) той же модой, распространяющейся в обратном направлении
7. При записи короткопериодных ВБР наименьшие требования к когерентности ультрафиолетового лазерного излучения предъявляет метод
 - 1) Амплитудного разделения пучка
 - 2) Пространственного разделения пучка
 - 3) **Записи решетки с помощью фазовой маски**
 - 4) Все методы одинаковы с точки зрения требований к когерентности
8. Оборудование для получения заготовок методом MCVD не содержит
 - 1) тепломеханический станок
 - 2) **магнетрон**
 - 3) скруббер
 - 4) систему очистки и осушки газов
 - 5) включает все перечисленные элементы
9. Недостатком метода осевого парофазного осаждения является
 - 1) низкая скорость осаждения оксидов
 - 2) возможность получения заготовок только ограниченной длины
 - 3) **необходимость точно контролировать много технологических параметров**
 - 4) наличие центрального провала в профиле показателя преломления
 - 5) все вышеперечисленное
10. При одновременном легировании кварцевого стекла фосфором и алюминием показатель преломления
 - 1) Уменьшается
 - 2) Увеличивается
 - 3) **Может и уменьшаться, и увеличиваться**
 - 4) Не изменяется
11. При сжатии трубки в штабик-заготовку в методе MCVD образуется центральный провал показателя преломления за счет испарения легирующего компонента. Этот негативный эффект можно уменьшить, подавая в процессе сжатия в центральное отверстие пары
 - 1) галогенида легирующего элемента
 - 2) кислорода и хлорагента
 - 3) галогенида легирующего компонента и хлорагента
 - 4) **галогенида легирующего компонента и кислорода**
12. При сжатии трубки в штабик-заготовку в методе MCVD возможно загрязнение сердцевины заготовки гидроксильными группами. Этот негативный эффект можно уменьшить, подавая в процессе сжатия в центральное отверстие пары
 - 1) галогенида легирующего элемента
 - 2) **кислорода и хлорагента**
 - 3) галогенида легирующего компонента и хлорагента
 - 4) галогенида легирующего компонента и кислорода

Типовые задания второго теста

1. При легировании кварцевого стекла этим элементом коэффициент линейного теплового расширения уменьшается
 1) Германий **2) Титан** 3) Бор 4) Фосфор
2. Основным недостатком метода одностадийного производства кварцевых труб является загрязнение
 1) Хромом 2) Титаном **3) Молибденом** 4) Всеми вышеперечисленными элементами
3. В процессе получения заготовки по технологии MCVD это соединение окисляется не полностью
 1) SiCl_4 **2) GeCl_4** 3) POCl_3 4) BBr_3
4. Максимальное уменьшение показателя преломления при легировании заготовки фтором в методе MCVD достигается при использовании в качестве фторагента
 1) CCl_2F_2 2) $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ 3) SF_6 **4) SiF_4**
5. Повышение эффективности осаждения оксидов в методе MCVD может быть достигнуто
 1) путем принудительного нагрева зоны осаждения
2) путем разогрева парогазовой смеси до более высокой температуры
 3) путем понижения теплопроводности парогазовой смеси
 4) всеми вышеперечисленными методами
6. Наиболее высокой эффективностью осаждения оксидов обладает метод
 1) MCVD **2) PCVD** 3) PMCVD 4) POD
7. Водонепроницаемым является полимерное покрытие из
 1) Эпоксиакрилата 2) уретанкрилата 3) нейлона **4) все полимерные покрытия водонепроницаемы**
8. Недостатком металлического ЗУП является
 1) Невозможность работать при высоких температурах
 2) Уменьшение прочности волокна на изгиб
3) Увеличение затухания из-за микроизгибов
 4) Все вышеперечисленное
9. Предельное теоретическое удлинение кварцевого волокна составляет
 1) 10% **2) 25%** 3) 50% 4) 100%
10. Различие теоретической и технической прочности кварцевого волокна обусловлено
 1) Наличием примесей красящих металлов
 2) Наличием примесей гидроксильных групп
3) Микродефектами на поверхности волокна
 4) Микроизгибами

Типовые задания третьего теста

1. В одномодовых волокнах определяющей является дисперсия
 1) Межмодовая **2) Хроматическая** 3) Материальная 4) Волноводная
2. Для систем со спектральным уплотнением каналов (DWDM) требуются волокна
 1) С несмещенной дисперсией
 2) Со смещенной дисперсией
3) С ненулевой смещенной дисперсией

- 4) С нулевой дисперсией
3. Наибольшей устойчивостью к ионизирующим воздействиям обладает
- 1) **Кварцевое стекло** 2) германосиликатное стекло 3) боросиликатное стекло 4) Алюмосиликатное стекло
4. Для повышения радиационной стойкости активных волокон их нагружают
- 1) **Водородом** 2) Хлором 3) Кислородом 4) Аргоном
5. Для увеличения растворимости РЗЭ в кварцевом стекле наиболее эффективно его легирование
- 1) Германием 2) фосфором 3) **алюминием** 4) азотом
6. По микрокристаллическому кварцевому волокну с полый сердцевинной можно передавать сигналы в
- 1) Видимом спектре 2) ИК-диапазоне 3) УФ-диапазоне 4) **во всем вышеперечисленным**
7. При больших значениях нормированной частоты V число мод растет пропорционально
- 1) V 2) **квадрату V** 3) кубу V 4) не зависит от V
8. Недостаток волокна “кварц-полимер” - это
- 1) **Большие потери** 2) низкая числовая апертура 3) высокая стоимость 4) все вышеперечисленное

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежного тестирования приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет включает теоретический вопрос, практическое задание и комплексное задание для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

2.3.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Агрегатные состояния вещества и особенности стеклообразного состояния.
2. Основные методы получения кварцевого стекла и опорных кварцевых труб.
3. Основные этапы метода MCVD: окисление галогенидов кремния и легирующих элементов, осаждение слоев за счет термофореза, проплавление порошкообразных слоев, сжатие трубки с осажденными слоями в штабик-заготовку.
4. Сушка и остекловывание пористых заготовок для VAD-метода. Характеристики волоконных световодов, полученных VAD-методом.
5. Нанесение защитно-упрочняющих покрытий в процессе вытяжки волокна. Основные требования к защитно-упрочняющим покрытиям волокон. Термо- и УФ-

отверждаемые полимерные покрытия, металлические и углеродные покрытия. Их преимущества и недостатки.

6. Теория Гриффитса. Статическая усталость.

7. Прочность коротких и длинных волокон. Долговечность волокон. Распределение Вейбулла.

8. Фоточувствительность оптических волокон. Брэгговские решетки в волоконных световодах и основные методы их записи. Короткопериодные и длиннопериодные брэгговские решетки. Их применение и роль в волоконно-оптических устройствах.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Определить длину волны отсечки первой высшей моды для волокна с градиентным профилем показателя преломления ($g=2$) с диаметром сердцевины 8 мкм и $\Delta n = 0.004$. Нормированная частота отсечки $V_c = 3.52$

2. Сердцевина волокна легирована оксидом германия с концентрацией 15 мол.%, оболочка из кварцевого стекла. Определить разность показателя преломления сердцевины и оболочки Δn . Рассчитать числовую апертуру волокна.

3. Волокно со ступенчатым профилем показателя преломления имеет диаметр сердцевины 5 мкм. При каких значениях Δn достигается одномодовый режим на длине волны 1.55 мкм?

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Диаметр сердцевины в заготовке волокна со ступенчатым показателем преломления равен 1.4 мм, $\Delta n = 0.02$, внешний диаметр – 13 мм. До какого значения следует увеличить диаметр заготовки, чтобы вытянуть волокно с внешним диаметром 125 мкм и длиной волны отсечки 0.9 мкм?

2. Оптические потери на примеси ОН-групп в оболочке волокна составляют 2 дБ/м на длине волны 1.38 мкм. Определить вклад этих потерь в общие оптические потери на этой длине волны для волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с диаметром сердцевины 4 мкм и $\Delta n = 0.01$.

3. Для волокна со ступенчатым профилем показателя преломления и $\Delta n = 0.012$ определить изменение диаметра поля моды в гауссовом приближении при изменении диаметра сердцевины от 4 до 6 мкм на длине волны 1.55 мкм.

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов знать, уметь и владеть приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются следующие критерии.

$$OЗ = 0.4 * OЗЭ + 0.4 * OЗР + 0.2 * OЗТ,$$

где OЗ – общая оценка уровня сформированности знаний, OЗЭ – оценка знаний при ответе на билет экзамена, OЗР – средняя оценка знаний при рубежных тестированиях, OЗТ – оценка знаний при текущем контроле

(Все оценки по 4-х балльной шкале 2,3,4,5)

$$OУ = 0.3 * OУЭ + 0.7 * OУЛ,$$

где OУ – общая оценка уровня сформированности умений, OУЭ – оценка умений по итогам выполнения практического задания билета на экзамене, OУЛ – оценка умений по итогам защиты лабораторных работ

$$OВ = 0.3 * OВЭ + 0.7 * OВЛ,$$

где OВ – общая оценка уровня сформированности владений, OВЭ – оценка умений по итогам выполнения комплексного задания билета на экзамене, OВЛ – оценка владений по итогам защиты лабораторных работ.

Итоговая оценка за дисциплину выставляется по формуле (с округлением до ближайшего целого)

$$O = 0.4 * OЗ + 0.3 * OУ + 0.3 * OВ,$$

где O – итоговая оценка.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.