

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Технология волоконных световодов

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Аналитическая и медицинская химия в современных технологиях

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.03.02 Технология волоконных световодов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н-1: Знать: теоретические основы распространения света в волоконном световоде и механизмы оптических потерь в материалах, современные методы изготовления световодов и принцип работы источников излучения на активных световодах Уметь: составлять общий план исследования и детальные планы стадий при выполнении практических работ Владеть: приемами приведения общего плана исследований к детальным планам отдельных стадий ПК-1-н-2: Знать: теоретические основы распространения света в волоконном световоде и механизмы оптических потерь в материалах, современные методы изготовления световодов и принцип работы источников излучения на активных световодах. Уметь: проводить калибровку регуляторов расхода газа, измерять температуру объектов ИК-пирометром, оценивать равномерность распределения РЗЭ по длине	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

		реформы по интенсивности люминесценции. Владеть: навыками работы с высокочистыми веществами и техникой измерения основных параметров световодов (профиль показателя преломления, полные оптические потери).		
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Знать: характер информации, содержащейся в информационных базах данных по изучаемой дисциплине Уметь: проводить поиск специализированной информации в информационных базах данных Владеть: приемами поиска специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н-2: Знать: основные способы поиска информации, ее анализа и обобщения Уметь анализировать и обобщать результаты информационного поиска по тематике проекта Владеть: приемами анализа и обобщения информации по тематике проекта	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36

- КСР	1
самостоятельная работа	35
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Введение. Теоретические основы распространения света в волоконных световодах. Оптические потери в материалах	23	8	8	16	7
Тема 2. Материалы для изготовления волоконных световодов. Методы изготовления волоконных световодов на основе многокомпонентных стекол	30	10	10	20	10
Тема 3. Изготовление световодов на основе кварцевого стекла	30	10	10	20	10
Тема 4. Методы изготовления активных световодов. Волоконные усилители и лазеры	24	8	8	16	8
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	36	36	73	35

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Введение. Теоретические основы распространения света в волоконных световодах. Оптические потери в материалах.

История становления волоконной оптики, ее роль в современной технике. Значение волоконных световодов для техники связи. Отражение, преломление и взаимодействие электромагнитного поля на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения. Критический угол полного внутреннего отражения. Условия полного внутреннего отражения в волоконном световоде. Числовая апертура световода. Волоконные световоды со ступенчатым профилем показателя преломления. Дисперсия сигнала в волоконных световодах. Межмодовая дисперсия. Способы устранения межмодовой дисперсии. Световоды с распределенным профилем показателя преломления. Выражение для профиля показателя преломления по диаметру световода. Одномодовые световоды. Хроматическая дисперсия. Способы устранения хроматической дисперсии в волоконных световодах. Затухание света в волоконных световодах. Источники потерь света в стеклах. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах (УФ - поглощение, ИК -поглощение, релеевское рассеяние). Примесное поглощение. Допустимые концентрации примесей в различных материалах. Потери, обусловленные световодной структурой. Оптические потери на изгибах и

микроизгибах. Влияние защитно-упрочняющих покрытий на оптические потери в волоконных световодах. Влияние механических включений на оптические потери. Суммарные потери в волоконных световодах. Влияние ионизирующих излучений на оптические потери в стеклах.

Тема 2 Материалы для изготовления волоконных световодов. Методы изготовления волоконных световодов на основе многокомпонентных стекол.

Стеклообразное состояние вещества. Показатель преломления стекол. Коэффициент термического расширения. Вязкость. Совместимость стекол. Кварцевое стекло и его свойства.

Многокомпонентные оксидные стекла. Свойства стекол системы SiO_2 - Na_2O - CaO . Свойства стекол системы SiO_2 - Na_2O - B_2O_3 . Свойства стекол системы SiO_2 - PbO . Полимерные материалы.

Преимущества и недостатки полимерных материалов. Оптические потери в полимерных материалах.

Зависимость показателя преломления от температуры в полимерных материалах. Световоды типа стекло - полимер. Материалы для ИК-области спектра. Стекла на основе фторидов металлов. Требования к чистоте фторидных стекол. Проблемы глубокой очистки фторидов металлов. Область прозрачности и ожидаемые потери во фторидных стеклах. Стекла на основе фторида циркония и их свойства.

Преимущества и недостатки стекол на основе фторидов металлов. Халькогенидные стекла. Требования к чистоте халькогенидных стекол. Область прозрачности халькогенидных стекол. Кристаллические материалы для волоконной оптики. Требования к чистоте кристаллических материалов. Область прозрачности кристаллических материалов. Световоды на основе галидов таллия. Световоды на основе хлорида серебра. Способы

переработки кристаллических материалов в волоконные световоды. Области применения световодов на основе кристаллических материалов. Плавление стекол в тиглях. Подготовка шихты для плавления стекол. Способы нагрева шихты. Методы вытягивания стержней из расплавов стекол. Изготовление световодов методом "штабик в трубке". Методы изготовления световодов из однородных материалов. Изготовление световодов методом двойного тигля. Схема процесса. Связь геометрических параметров двойного тигля с параметрами волоконных световодов. Контроль атмосферы в двойном тигле. Способы загрузки двойного тигля.

Тема 3 Изготовление световодов на основе кварцевого стекла.

Плавление кварцевого стекла в электровакуумных печах. Химические процессы, протекающие при плавлении кварцевого стекла в электропечах. Газопламенный способ плавления кварцевого стекла.

Плавление кварцевого стекла в печах непрерывного действия. Парофазные способы получения кварцевого стекла. Изготовление преформ световодов OVD методом. Исходные материалы и требования к их чистоте. История развития метода. Схема процесса получения заготовок. Способы приготовления парогазовой смеси. Химические процессы, лежащие в основе OVD - метода. Устройство горелки для OVD -метода. Процесс осаждения пористой заготовки. Стадия осушки пористой заготовки. Процесс сплавления пористой заготовки в прозрачное стекло. Получение заготовок с заданным профилем показателя преломления. Способы введения трудно летучих соединений в OVD -методе. VAD метод изготовления преформ световодов. Схема процесса. Влияние параметров процесса на оптические и геометрические параметры заготовок. Легирование кварцевого стекла различными добавками в VAD - методе. Получение заготовок с градиентным профилем показателя преломления. Получение заготовок одномодовых световодов. Отличительные особенности заготовок, полученных OVD - методом и VAD - методом.

MCVD метод изготовления преформ световодов. Технологическая схема и описание процесса получения заготовки. Физико-химические основы метода. Основные технологические параметры процесса. Получение заготовок со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления.

Тема 4 Методы изготовления активных световодов. Волоконные усилители и лазеры.

Физико-химические свойства соединений редкоземельных элементов (РЗЭ). Требования к чистоте соединений РЗЭ. Способы введения соединений РЗЭ в кварцевое стекло в CVD методах изготовления преформ световодов (OVD, VAD, MCVD) Оптические свойства волоконных световодов на основе кварцевого стекла, легированного РЗЭ. Явление усиления света за счет вынужденного излучения. Принцип работы волоконных усилителей и лазеров. Особенности вытяжки

волоконных световодов на основе кварцевого стекла. Технологическая схема процесса. Методы варьирования и стабилизации диаметра световода. Связь диаметров волокна и заготовки и скоростей подачи и вытяжки. Нагревательные элементы и их характеристики, преимущества и недостатки. Первичные полимерные покрытия и их роль. Требования к первичным полимерным покрытиям. Вторичные полимерные покрытия, их роль. Требования к вторичным полимерным покрытиям.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-".

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Отражение, преломление, критические углы, числовая апертура.
2. Профиль показателя преломления.
3. Дисперсия (межмодовая и хроматическая) и способы ее устранения.
4. Условие одномодового режима работы световода.
5. Оптические потери в материалах. Затухание света в волоконных световодах.
6. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах.
7. Серые потери. Допустимое содержание примесей в различных материалах. Суммарные потери.
8. Влияние ионизирующих излучений на оптические потери в стеклах.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Методы изготовления волоконных световодов из многокомпонентных стекол.
2. Тигельные методы изготовления преформ световодов.
3. Методы переработки стекол в заготовки и световоды (штабик в трубке, вытяжка из расплава, световоды из одного материала, световоды стекло-полимер, отливка заготовок).
4. Изготовление световодов методом двойного тигля.

5. Методы получения кварцевого стекла.
6. CVD технология синтеза стекла.
7. Механизм термофореза.
8. Эффект усиления света за счет вынужденного излучения. Принцип работы активного световода.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. История развития средств связи.
2. Теоретические основы распространения света в волоконном световоде.
3. Отражение, преломление, критические углы, числовая апертура.
4. Профиль показателя преломления.
5. Дисперсия (межмодовая и хроматическая) и способы ее устранения.
6. Условие одномодового режима работы световода.
7. Оптические потери в материалах. Затухание света в волоконных световодах.
8. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах.
9. Серые потери. Допустимое содержание примесей в различных материалах. Суммарные потери.
10. Материалы для изготовления волоконных световодов. Стекло и его свойства.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Методы изготовления волоконных световодов из многокомпонентных стекол.
2. Тигельные методы изготовления преформ световодов.
3. Методы переработки стекол в заготовки и световоды (штабик в трубке, вытяжка из расплава, световоды из одного материала, световоды стеклополимер, отливка заготовок).
4. Изготовление световодов методом двойного тигля.
5. Методы получения кварцевого стекла.

6. CVD технология синтеза стекла.

7. Механизм термофореза.

8. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла методом внешнего парового осаждения (OVD-метод).

9. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла методом аксиального осаждения (VAD-метод).

10. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла модифицированным методом химического осаждения из газовой фазы (MCVD-метод).

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Основы волоконно-оптической связи / пер. с англ. под ред. Е. М. Дианова. - М. : Советское радио, 1980. - 230 с. : ил. - 1.30., 2 экз.
2. Саттаров Дамир Камердинович. Волоконная оптика. - Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1973. - 280 с. : ил. - 0.57., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Мидвинтер Джон Э. Волоконные световоды для передачи информации / пер. с англ. под ред. [и с послесл.] Е. М. Дианова. - М. : Радио и связь, 1983. - 336 с. : ил. - 1.80., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: специализированным оборудованием: MCVD установки для изготовления преформ световодов; анализатор преформ P2610 Photon Kinetics для измерения профиля показателя преломления;

прибор для измерения равномерности распределения РЗЭ по длине преформы; башня вытяжки световодов; стенд для измерения оптических потерь в световодах; вытяжные шкафы; набор химических реактивов

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.