

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОПТИКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
3	2	72	8	0	24		40	0	3
Итого	2	72	8	0	24	44	40	0	

АННОТАЦИЯ

Курс направлен на подготовку слушателей как специалистов, способных к самостоятельному выбору оптических материалов, конструированию и эксплуатации на их основе оптических элементов и систем в области фотоники и оптического приборостроения. В курсе изучаются характеристики и свойства материалов, использующихся в оптике и смежных областях, рассмотрены основные механические, физические и химические параметры кристаллических и стеклообразных материалов, основные технологии создания оптических материалов и управления их характеристиками и показателями качества.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является создание у слушателей четкого представления об физических закономерностях, лежащих в основе свойств оптических материалов и влияющих на характеристики пропускания, отражения и преломления ими электромагнитного излучения оптического ИК и УФ диапазонов, о параметрах оптических материалов, их классификации, технологиях изготовления и управления свойствами при применении оптических материалов в качестве оптических элементов в приборостроении по профилю фотоники и оптоинформатики. Курс направлен на формирование у будущего магистра, прослушавшего курс, понимания особенностей эксплуатационных свойств материалов на основе физико-химических представлений каждого раздела курса, знаний о том, почему это свойство важно и с чем оно связано исходя из природы материала. Каждый раздел курса следует рассматривать как первый шаг к ознакомлению обширного раздела в соответствующей области.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Профессиональный модуль, дисциплина по выбору

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	научно-исследовательский		
построение	элементная база, системы	ПК-2 [1] - способен	З-ПК-2[1] - Знать:

<p>математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи</p>	<p>и технологии интегральной, волоконной и градиентной оптики, а также микрооптики элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации элементная база и системы преобразования и отображения информации элементная база и системы на основе наноразмерных и фотоннокристаллических структур</p>	<p>пользоваться математическим аппаратом в области теории информации, кодирования, теории информационных систем и сигналов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.016</p>	<p>основы теории сигналов, теории информации и кодирования; фундаментальные информационные свойства оптических систем ; У-ПК-2[1] - Уметь: решать типичные модельные математические задачи теории информации, кодирования, теории информационных систем и сигналов ; В-ПК-2[1] - Владеть: методами программирования алгоритмов теории информации и кодирования, теории сигналов.</p>
<p>выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики</p>	<p>ПК-3 [1] - способен разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать: элементную базу и устройства фотоники ; У-ПК-3[1] - Уметь: приобретать и использовать новые знания в своей предметной области; предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач в своей предметной области ; В-ПК-3[1] - Владеть: основными методами и способами контроля параметров устройств фотоники</p>
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики</p>	<p>ПК-4.3 [1] - Способен применять современные информационные технологии в решении научно-</p>	<p>З-ПК-4.3[1] - Знать: Основы современных информационных технологий, необходимых для</p>

<p>на основе анализа научно-технической информации с применением современных информационных технологий</p>		<p>исследовательских и/или проектно-конструкторских задач в области радиофотоники.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>решения научно-исследовательских и/или проектно-конструкторских задач в области радиофотоники.;</p> <p>У-ПК-4.3[1] - Уметь: Применять современные информационные технологии в решении научно-исследовательских и/или проектно-конструкторских задач в области радиофотоники.;</p> <p>В-ПК-4.3[1] - Владеть: Современными информационными технологиями, необходимыми для решения научно-исследовательских и/или проектно-конструкторских задач в области радиофотоники.</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем</p>	<p>элементная база, системы и технологии интегральной, волоконной и градиентной оптики, а также микрооптики элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации элементная база и системы преобразования и отображения информации элементная база и системы на основе наноразмерных и</p>	<p>ПК-8 [1] - способен разрабатывать технологические процессы производства и контроля качества оптических материалов, оптического волокна и покрытий, а также оптических элементов и устройств различного назначения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-8[1] - Знать: требования, предъявляемые к оптическим материалам, оптическим волокнам и покрытиям, а также к оптическим элементам и устройствам различного назначения; основные технологические процессы и методы контроля качества, используемые при изготовлении оптических материалов, оптических волокон</p>

	фотоннокристаллических структур		и покрытий ; У-ПК-8[1] - Уметь: проводить концептуальную проработку типовых технологических процессов производства и контроля качества оптических материалов, оптического волокна и покрытий, а также оптических элементов и устройств различного назначения; формулировать и обосновывать параметры, режимы и условия реализации разрабатываемых технологических процессов ; В-ПК-8[1] - Владеть: методами оптических и оптико-физических измерений
--	---------------------------------	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	4/0/12		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-

							3, У- ПК-3, В- ПК-3
2	Второй раздел	9-16	4/0/12		25	КИ-16	3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		8/0/24		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	3	3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	8	0	24
1-8	Первый раздел	4	0	12
1 - 2	Тема 1 Введение. Физические механизмы взаимодействия электромагнитного излучения видимого, и ультрафиолетового диапазонов с веществом Соотношения физической оптики, определяющие отражение, поглощение, преломление и пропускание. Виды и механизмы поглощения излучения в основных спектральных диапазонах.	Всего аудиторных часов		
		1	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Тема 2 Основные фотопроцессы при взаимодействии инфракрасного и терагерцового излучения с оптическими материалами. Оптика материалов в диапазоне прозрачности. Дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Модель Друде. Модель Лоренц-Лорентца. Рефракция.	Всего аудиторных часов		
		1	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Тема 3 Основные линейные характеристики оптических материалов – показатель преломления, коэффициент поглощения и др. Связь этих характеристик со строением, физическим и химическим свойствам оптических материалов. Зависимость от температуры. Анизотропия оптических материалов.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	4	0	12
9 - 11	Тема 4 Нелинейные материалы и их основных характеристик Основные понятия нелинейной оптики. Нелинейные кристаллы. Полимеры и молекулярные кристаллы с нелинейными свойствами. Молекулярные нелинейные материалы. Лучевая стойкость оптических материалов	Всего аудиторных часов		
		1	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	Тема 5 Основные принципы технологических процессов производства оптических материалов. Боросиликатные и алюмосиликатные стекла. Силикатные флинты. Боратные и фосфатные стекла. Фторсодержащие оптические стекла. Халькогенидные стекла, их свойства и технология производства. Стекла на основе органических соединений. Полимерные стекла. Методы выращивания кристаллов. Оптическая керамика и методы ее получения	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0

15 - 16	Тема 6 Современные методы измерения и контроля оптических характеристик материалов. Теория рассеяния Ми. Методы светорассеяния. Абсорбционная спектроскопия ИК видимого и УФ диапазонов. Оптическая интерферометрия	Всего аудиторных часов		
		1	0	4
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
	Тема 1 Классификация оптических материалов по строению, физическим и химическим свойствам, назначению. Соотношения физической оптики, определяющие отражение, поглощение, преломление и пропускание. Виды и механизмы поглощения излучения в основных спектральных диапазонах
	Тема 2 Оптика материалов в диапазоне прозрачности. Дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Модель Друде. Модель Лоренц-Лорентца. Рефракция. Система понятий и терминология прикладной оптики и технологии оптических материалов. Диаграмма и правило Аббе.
	Тема 3 Свойства оксида кремния. Морфология кварца. Минеральные разновидности кварца. Физико-химические характеристики стеклообразного состояния. Температурный интервал стеклования. Вязкость стекол и расплавов. Теплофизические свойства и химическая устойчивость стекол. Оптические свойства стекол. Нормируемые и справочные характеристики качества оптического стекла.
	Тема 4 Кварцевое стекло. Способы получения. Марки кварцевого стекла. Спектры пропускания и теплофизика. Силикатные стекла и их свойства. Кроны и флинты. Оптические и теплофизические свойства. Основные принципы

	технологических процессов производства. Стадии варки стекол.
	Тема 5 Боросиликатные и алюмосиликатные стекла. Силикатные флинты. Боратные и фосфатные стекла. Фторсодержащие оптические стекла. Технологии получения флинтов и фторидных стекол. Халькогенидные стекла, их свойства и технология производства. Стекла на основе органических соединений. Полимерные стекла. Проводимость стекол.
	Тема 6 Прочность стекол. Хрупкость стекол. Модели разрушения. Методы определения и увеличения прочности стекла. Закалка, ламинирование, полировка. Кристаллические оптические материалы. Лейкосапфир, рубин, сапфир, гранат, ванадат. Нелинейные кристаллы. Методы выращивания кристаллов. Оптическая керамика и методы ее получения

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются современные предметно-ориентированные и лично-ориентированные образовательные технологии. При проведении лекций используются наглядны формы демонстрации учебного материала в виде презентаций, а также выступление приглашенных сотрудников кафедры физики микро- и наносистем и других подразделений НИЯУ МИФИ, занимающихся исследованиями в области оптического материаловедения.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8
	У-ПК-2	З, КИ-8
	В-ПК-2	З, КИ-8
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8
	У-ПК-3	З, КИ-8
	В-ПК-3	З, КИ-8
ПК-4.3	З-ПК-4.3	З, КИ-16
	У-ПК-4.3	З, КИ-16
	В-ПК-4.3	З, КИ-16
ПК-8	З-ПК-8	З, КИ-16
	У-ПК-8	З, КИ-16
	В-ПК-8	З, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А 49 Курс общей физики. Оптика. : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011

2. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. ЭИ 3-43 Оптические материалы : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Демонстрационный проектор (Э-207)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При работе над курсом студенту в первую очередь следует обращать внимание на связь физико-химических параметров оптических материалов с их эксплуатационными характеристиками. Отдельного внимания требуют численные значения параметров качества оптических элементов, применяемых для решения конкретных задач. Для работы с ними целесообразно использовать справочные материалы, например, справочник оптика-конструктора. В силу большого объема изучаемого материала и ограниченного количества занятий с целью углубления знаний по дисциплине предусмотрена самостоятельная работа студента с использованием основной и дополнительной литературы.

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Ефимов А.М. Оптические свойства материалов и механизмы их формирования: учебное пособие. СПб.:Изд-во СПбГУИТМО, 2008.
2. Немилов С.В. Оптическое материаловедение: оптические стекла: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУИТМО, 2011.
3. Никоноров Н.В., Евстропьев С.К. Оптическое материаловедение: основы прочности оптического стекла: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУИТМО, 2009.

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Сидоров А.И., Никоноров Н.В. Материалы и технологии интегральной оптики: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУИТМО, 2009.
2. Оптические свойства наноструктур: учеб. пособие / Л.Е. Воробьев [и др.]. – СПб.: Наука, 2001.
3. Мочалов И.В. Выращивание оптических кристаллов. – СПб.: Изд-во СПбГУИТМО, 2010. – Ч. 2.

Для выполнения лабораторных работ студенты разбиваются на бригады по два (в порядке исключения по три) человека.

На первом занятии происходит инструктаж по технике безопасности, ознакомление с перечнем работ, которые необходимо выполнить в течение семестра, и ознакомление с порядком допуска, выполнения и сдачи работ. На первом же занятии происходит распределение студентов по бригадами (подгруппам), составляется график.

Допуск к выполнению работы предусматривает собеседование со всеми студентами, образующими бригаду, и определяет степень готовности каждого из них к выполнению работы. Собеседование проводится в пределах программы того курса, по которому выполняются работы. Для ориентации направления собеседования в описании к каждой лабораторной работе содержится перечень контрольных вопросов и список рекомендованной литературы. Во время допуска к работе студентам разрешается пользоваться только своим рабочим журналом. Для собеседования по допуску к работам отводятся первые два часа начала занятий. В том случае, если отвечающие студенты не проявили удовлетворительного понимания темы лабораторной работы, они к выполнению работы не допускаются. (В оставшееся до конца занятия время они могут изучить необходимую литературу и в конце занятия повторно пройти собеседование.) В начале выполнения лабораторной работы студенты совместно с преподавателем подробно изучают установку и затем проводят предусмотренные заданием измерения. Полученные результаты заносятся в лабораторный журнал. Перед тем как выключить установку после проведения всех измерений необходимо результаты показать преподавателю.

Для получения зачета по работе студенты обязаны предъявить отчет, один на всю бригаду. В отчете должны быть представлены: схема установки, таблицы измеренных величин, необходимые расчеты, графики полученных зависимостей, ошибки измерений, заключение по работе, содержащее объяснение полученных результатов и сопоставление этих результатов с теоретическими закономерностями.

Зачет по работе проставляется после заключительного собеседования, на котором уточняются детали теоретического собеседования, выясняется понимание проводимых исследований и полученных результатов, определяется знание характеристик и возможностей лабораторной установки. Прием зачета производится в конце занятия.

Студенты выполнившие, но не сдавшие более одной лабораторной работы к дальнейшим работам не допускаются. Отчеты по лабораторным работам хранятся на кафедре до конца семестра.

Планирование времени на самостоятельную работу лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Одобряется обращаться к преподавателю за консультациями.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Обучающийся, для успешного освоения данного курса, должен знать:

- курс общей физики (оптика),
- курс физической оптики,
- курс физики конденсированного состояния вещества (физики твердого тела).

Многие из магистрантов закончили региональные университеты, в которых уровень преподавания и состав прослушанных курсов сильно отличается от образовательного стандарта НИЯУ МИФИ. Поэтому при изложении материала необходимо особое внимание уделить

вводным разделам. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных технологий. Следует уделить особое внимание практическим расчетам, выполняемым самими студентами при работе над текущими заданиями. Допускается использование студентами справочных материалов. Формулировку практических заданий следует выполнять подробно, а так же допускать использование интернет-ресурсов при работе над заданиями.

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем тестирования, которое проводится 2 раза в семестр. Ответы на вопросы для текущего контроля должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы.

Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для более эффективного усвоения материала необходимо поощрять самостоятельную работу студентов, в том числе с интернет-ресурсами.

Автор(ы):

Чистяков Александр Александрович, д.ф.-м.н., с.н.с.