

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА ФИЗИКИ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОПТИКА И ФОТОНИКА НАНОСТРУКТУР

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
[2] 12.03.03 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, экз./зач./КР/КП
7	3	108	16	32	0		15-33	0	Э
Итого	3	108	16	32	0	0	15-33	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются основы взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми и металлическими наноструктурами. Рассматривается взаимосвязь между материалом, размером и формой наноструктур и особенностями их оптических и фотофизических свойств. Излагаются вопросы квантования электромагнитного поля, оптических свойств в фотонных кристаллах и микрорезонаторах. Отдельное внимание уделяется практическому применению наноструктур для создания современных оптоэлектронных приборов и устройств.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дать основные физические представления о взаимодействии оптического излучения с полупроводниковыми и металлическими наноструктурами. Сформировать у студента понимание об основных направлениях практического применения наноструктур в фотонике.

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
проектно-конструкторский			
Составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и другой технической документации в области	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства,	ПК-9.2 [1] - Способен использовать и осваивать программное обеспечение, необходимое для проектирования, моделирования, а также обработки результатов измерений	З-ПК-9.2[1] - Знать основные программно-технические средства, которые могут быть использованы для проектирования и моделирования оптоэлектронных и радиофотонных

радиофотонных технологий и систем	диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиофотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радиофотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	характеристик оптоэлектронных и радиофотонных устройств и интегральных схем на их основе <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	устройств и интегральных схем на их основе; У-ПК-9.2[1] - Уметь осваивать новое программное обеспечение и другие методы анализа в области радиофотоники, а также комбинировать и интегрировать проекты, результаты моделирования и данные измерений при необходимости одновременного использования нескольких программно-технических средств; В-ПК-9.2[1] - Владеть основными методами измерений электронных, оптических и иных характеристик оптоэлектронных и радиофотонных устройств, уметь грамотно представлять результаты измерений, а также проводить сравнение с результатами моделирования с учетом погрешностей и допусков
Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов оптоэлектроники и радиофотоники на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные	ПК-5 [1] - Способен выполнять расчет и проектирование отдельных узлов или элементов электронных приборов, схем и устройств определенного функционального назначения в соответствии с техническим заданием	3-ПК-5[1] - Знание теоретических основ конструирования приборов электроники и наноэлектроники; У-ПК-5[1] - Умение применять средства автоматизации проектирования отдельных узлов и элементов ; В-ПК-5[1] - Владение

пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	с использованием средств автоматизации проектирования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	методами конструирования и проектирования узлов и элементов схем аналоговой и цифровой электроники
научно-исследовательский			
Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта исследований в области радиофотонных интеллектуальных систем	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиофотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радиофотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	ПК-3 [1] - Способен анализировать и систематизировать результаты исследований, определять степень достоверности результатов экспериментальных исследований, сопоставлять полученные результаты с мировым уровнем, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, баз данных <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-3[1] - Знание законов статистической физики; У-ПК-3[1] - Умение находить научную информацию в базах данных, выполнять её анализ и систематизацию, представлять результаты своих исследований в виде докладов, отчётов и публикаций.; В-ПК-3[1] - Владение методами обработки результатов измерений
производственно-технологический			
Подготовка и проведение	Материалы, компоненты,	ПК-8 [1] - Способен выполнять постановку	3-ПК-8[1] - Знание технологий

технологических процессов производства материалов и изделий оптоэлектроники и радиопотоники	электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиопотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радиопотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	сверхбольших интегральных схем, планарных и иных технологий электроники и наноэлектроники; У-ПК-8[1] - Умение выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству СБИС, интегральных СВЧ-систем и других изделий электронной техники.; В-ПК-8[1] - Владение технологическими операциями по производству материалов и изделий электронной техники
Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем оптоэлектроники и радиопотоники в процессе НИОКР и опытного производства	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты	ПК-9 [1] - Способен выполнять определенный тип измерительных или контрольных операций при исследовании параметров полупроводниковых приборов и устройств или в технологическом процессе по производству	З-ПК-9[1] - Знание параметров полупроводниковых приборов аналоговой, цифровой, радиочастотной и СВЧ-электроники.; У-ПК-9[1] - Умение выполнять исследования параметров полупроводниковых приборов и

	автоматизированного проектирования и моделирования	материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037	устройств в микро- и нанoeлектронике; В-ПК-9[1] - Владение методами измерений в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники
Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем оптоэлектроники и радиофотоники в процессе НИОКР и опытного производства	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	ПК-10 [1] - Способен к модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037	З-ПК-10[1] - Знание физических основ современных микро- и нанотехнологий, технологий гетероструктурной и СВЧ-электроники.; У-ПК-10[1] - Умение творчески применять современное оборудование для измерений параметров наноматериалов и наноструктур; В-ПК-10[1] - Владение методами измерений параметров наноматериалов и наноструктур

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное	Создание условий,	1.Использование

воспитание	обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и

		неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (В21)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования

		производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением

		роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование коммуникативных навыков в области разработки и производства полупроводниковых изделий (В36)	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и нанoeлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ; 2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин

		«Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистом для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в нанoeлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Второй раздел	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5,

							У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Первый раздел	8	16	0
1 - 2	Тема 1 Распространение электромагнитных волн в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Эванесцентные поля.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 2 Спектральное разложение в оптике. Связь спектральной ширины и длительности импульса. Угловой спектр электромагнитных волн. Предел фокусировки оптического излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 3 Энергетический спектр атомов, молекул, кристаллов. Энергетический спектр полупроводниковых нано структур различной размерности (nanoplate, nanowire, quantum dot, superlattice). Примеры наноструктур. Функция распределения. Плотность состояний.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 4 Полуклассическая теория взаимодействие оптического излучения с веществом. Коэффициенты Эйнштейна. Скоростные уравнения. Уширение линии оптического перехода. Поглощение и излучения света в полупроводниках.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 5 Релаксация оптического возбуждения в молекулах, полупроводниках и наноструктурах. Излучательная и безызлучательная релаксация. Каналы безызлучательной релаксации. Квантовый выход люминесценции. Безызлучательный перенос энергии.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 6 Электролюминесценция. Использование полупроводниковых наноструктур для создания светодиодов и источников лазерного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	8	16	0
9 - 10	Тема 7 Полупроводниковые фотоприемники. Принципы работы основные характеристики. Использование наноструктур для создания современных фотоприёмников.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Тема 8 Оптические волокна и фотонные кристаллы. Фотонная запрещенная зона, закон дисперсии. Дефекты в фотонных кристаллах. Применение фотонных кристаллов (оптоэлектронные кремниевые чипы, радиофотоника).	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

13 - 14	Тема 9 Люминофор в фотонном кристалле. Квантование электромагнитного поля в микрорезонаторе. Плотность фотонных состояний и вероятность спонтанного излучения. Эффект Парселла.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
15	Тема 10 Оптические свойства металлов. Плазмонные колебания. Поверхностные и локализованные плазмоны в металлических наноструктурах.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
16	Тема 11 Сенсоры на плазмонном резонансе. Ближнепольная оптическая микроскопия. Спайзер.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
	Тема 1 Распространение электромагнитных волн в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Эванесцентные поля.
	Тема 2 Спектральное разложение в оптике. Связь спектральной ширины и длительности импульса. Угловой спектр электромагнитных волн. Предел фокусировки оптического излучения.
	Тема 3 Энергетический спектр атомов, молекул, кристаллов. Энергетический спектр полупроводниковых nano структур различной размерности (nanoplate, nanowire, quantum dot, superlattice). Примеры наноструктур. Функция распределения. Плотность состояний.
	Тема 4 Полуклассическая теория взаимодействие оптического излучения с веществом. Коэффициенты Эйнштейна. Скоростные уравнения. Уширение линии оптического перехода. Поглощение и излучения света в полупроводниках.
	Тема 5 Релаксация оптического возбуждения в молекулах, полупроводниках и наноструктурах. Излучательная и безызлучательная релаксация. Каналы безызлучательной релаксации. Квантовый выход люминесценции. Безызлучательный

	перенос энергии.
	Тема 6 Электролюминесценция. Использование полупроводниковых наноструктур для создания светодиодов и источников лазерного излучения.
	Тема 7 Полупроводниковые фотоприемники. Принципы работы основные характеристики. Использование наноструктур для создания современных фотоприёмников.
	Тема 8 Оптические волокна и фотонные кристаллы. Фотонная запрещенная зона, закон дисперсии. Дефекты в фотонных кристаллах. Применение фотонных кристаллов (оптоэлектронные кремниевые чипы, радиофотоника).
	Тема 9 Люминофор в фотонном кристалле. Квантование электромагнитного поля в микрорезонаторе. Плотность фотонных состояний и вероятность спонтанного излучения. Эффект Парселла.
	Тема 10 Оптические свойства металлов. Плазмонные колебания. Поверхностные и локализованные плазмоны в металлических наноструктурах.
	Тема 11 Сенсоры на плазмонном резонансе. Ближнепольная оптическая микроскопия. Спайзер.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекций используются наглядные формы демонстрации учебного материала в виде презентаций, а также выступление преподавателей, занимающихся исследованиями в области полупроводниковых наноструктур и фотоники. Студенты в обязательном порядке посещают лекции ведущих мировых ученых, выступающих в вузе с лекциями на тему лазерной физики, фотоники, нанофотоники и наноэлектроники. Проведение семинаров предусматривает проведение дискуссий и выступления студентов с докладами на темы, связанные с дисциплиной

7. 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-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16

	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-9.2	З-ПК-9.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9.2	Э, КИ-8, 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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : , Ивакин С. В., Борейшо А. С., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ А 42 Общая физика. Оптика (главы курса) : учебное пособие, Аксенова Е. Н., Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ Л 22 Оптика : учебное пособие, Ландсберг Г. С., Москва: Физматлит, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 X 69 Лазерные резонаторы и распространение пучков. Основы, современные понятия и прикладные аспекты : , Ходгсон Н., Вебер Х., Москва: ДМК Пресс, 2017
2. 681.7 Ж 86 Материалы микро- и оптоэлектроники : кристаллы и световоды, Корсаков А.С., Врублевский Д.С., Жукова Л.В., Москва: Юрайт, 2018

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В первой половине курса студентам следует уделить особое внимание пониманию физических механизмов поглощения и испускания света полупроводниками и наноструктурами на их основе. При этом следует четко усвоить взаимосвязь между размером и формой наноструктур их энергетическим спектром и оптическими свойствами. Необходимым требованием для успешного освоения данной части курса является знание и свободное владение преобразованием Фурье, а также знание теории возмущений в квантовой механике. При необходимости следует самостоятельно повторить соответствующие разделы в физической оптике и квантовой механике.

Вторая часть курса посвящена особенностям оптических и фотофизических свойств наноструктур, а также гибридных систем на их основе. Важный акцент сделан на их практическом применении. Отдельно рассматриваются вопросы, связанные с использованием в современных оптоэлектронных устройствах фотонных кристаллов. При освоении данной части курса следует сделать акцент на понимании преимуществ, которые дает использование наноструктур и фотонных кристаллов для разработки источников и приемников оптического излучения.

При освоении материала необходимо особое внимание уделить вводным разделам, объясняющим общие принципы взаимодействия оптического излучения с веществом и распространения электромагнитных волн в полупроводниках и металлах. На практических занятиях допускается использование справочных материалов и интернет-ресурсов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В силу ограниченности курса одним семестром многие вопросы практического использования наноструктур в области оптики и фотоники будут рассматриваться обзорно. Вместе с тем подобный подход не нарушает его целостности и дает студентам основу для более глубокого изучения отдельных вопросов.

Логически курс «Оптика и фотоника наноструктур» разделен на две части.

В первой части курса кратко рассматриваются ключевые аспекты физической оптики, и физики твердого тела в части наноструктур, необходимые для понимания взаимодействия наноструктур с электромагнитным излучением, излагается полуклассическая модель взаимодействия оптического излучения с веществом, рассматриваются вопросы релаксации оптического возбуждения.

Вторая часть курса посвящена особенностям оптических и фотофизических свойств наноструктур, а также гибридных систем на их основе. Важный акцент сделан на их практическом применении. Отдельно рассматриваются вопросы, связанные с использованием в современных оптоэлектронных устройствах фотонных кристаллов.

Автор(ы):

Мартынов Игорь Леонидович, к.ф.-м.н.