

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕРИАЛЫ ФОТониКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 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
6	3	108	32	0	32		44	0	3
Итого	3	108	32	0	32	16	44	0	

АННОТАЦИЯ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины состоит в освоении современных физических и химических методов получения и исследований материалов, в освоении практических навыков в области фотоники, волоконной оптики, лазерных материалов, оптических методов записи и хранения информации.

Цель преподавания дисциплины:

- изучение основных понятий и определений курса «Материалы фотоники»,
- изучение классификации материалов для фотоники, основные физико-химические свойства и способы получения монокристаллов, оптических стекол и керамики, углеродных наноструктур; методы получения и использование фотонных кристаллов и органических и неорганических люминофоров.

- усвоение студентами принципов создания и использования оптических материалов в электронике, фотонике, биотехнологиях, сенсорах.

- освоение терминологии, используемой в сфере технологий материалов для фотоники.

Основными задачами освоения дисциплины являются:

- изучение эффектов, определяющих особые закономерности протекания различных физико-химических процессов в производстве материалов фотоники;
- обзор различных технологических процессов создания таких материалов;
- ознакомление с современными достижениями по созданию и применению оптических материалов;
- развитие способности ориентироваться в современных достижениях в области фотоники, возможности использования современных технологий в собственных разработках;
- знакомство с современными экспериментальными средствами исследования материалов фотоники, в том числе с нанометровым пространственным разрешением.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина входит в Профессиональный цикл ООП в качестве дисциплины вариативной части Б1-ПМ.В.7.

Данная дисциплина логически связана с такими дисциплинами и модулями профессионального цикла ООП, как: Модуль Общая физика, Введение в физику твердого тела, Экспериментальные методы в ФКС, Фотоника.

«Входные» знания, умения и готовности обучающегося, необходимые при освоении данной дисциплины и приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин: Физика конденсированного состояния, Введение в физику твердого тела, Модуль Общая физика, Модуль Математика

Изучение дисциплины базируется на компетенциях, сформированных у обучающихся в результате освоения следующих прослушанных ранее курсов. Основные положения курса «Материалы фотоники» должны/могут быть использованы при изучении дисциплин: Физика полупроводников для фотоники, Технологические основы фотоники и т.д. Также, знание

материалов данной дисциплины необходимо при выполнении курсового и дипломного проектирования, научно-исследовательской работы, а также для практической работы.

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
производственно-технологической			
Подготовка и проведение технологических процессов производства материалов и изделий фотоники, нанофотоники и оптоэлектроники	Создание и разработка новых приборов, элементной базы, систем и технологий фотоники и оптоинформатики	ПК-3.2 [1] - Способен применять современные технологии наноэлектроники и фотоники к разработке новых устройств и приборов в предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	3-ПК-3.2[1] - Знать технологические процессы производства и номенклатуру ключевого технологического оборудования, используемого для создания новых приборов и устройств наноэлектроники и фотоники ; У-ПК-3.2[1] - Уметь выбирать и применять современное технологическое оборудование для создания новых приборов и устройств наноэлектроники и фотоники ; В-ПК-3.2[1] - Владеть основными технологическими методами, используемыми в процессе производства приборов и устройств

			нанoeлектроники и фотоники
Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики в процессе НИОКР и опытного производства	Прикладные и опытно-конструкторские разработки в области фотоники и оптоинформатики	ПК-7 [1] - способен к разработке технических заданий на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-7[1] - Знать требования , предъявляемые к технической документации при конструировании отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента ; У-ПК-7[1] - Уметь анализировать исходные данные и технические требования, предъявляемые к конструируемым узлам приспособлений, оснастки и специального инструмента; формулировать и обосновывать требования к разрабатываемым узлам и элементам ; В-ПК-7[1] - Владеть знаниями по вопросам стандартизации, метрологии, технике измерений и контроля качества навыками разработки проектной и рабочей технической документации
Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики в процессе НИОКР и опытного производства	Прикладные и опытно-конструкторские разработки в области фотоники и оптоинформатики	ПК-8 [1] - способен разрабатывать оптимальные решения при создании продукции приборостроения с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности, а также экологической безопасности	3-ПК-8[1] - Знать опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельнодопустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации техники и технологий профессиональной деятельности; элементную базу, используемую в

		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037	изделиях фотоники и оптоинформатики основные области применения устройств фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-8[1] - Уметь анализировать технические решения при создании продукции приборостроения с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности, а также экологической безопасности обосновывать предлагаемые технические решения при создании продукции приборостроения подбирать по заданным параметрам и характеристикам элементную базу ; В-ПК-8[1] - Владеть методами работы с научнотехнической литературой и информацией
проектно-конструкторский			
Разработка отдельных блоков программ, их отладка и настройка для решения задач фотоники и оптоинформатики, включая типовые задачи проектирования, исследования и контроля элементов, устройств и систем фотоники и	Создание и разработка новых приборов, элементной базы, систем и технологий фотоники и оптоинформатики	ПК-6 [1] - способен проводить поверку, наладку и регулировку оборудования, настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки приборной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-6[1] - Знать общие принципы, правила и методы поверки, наладки и регулировки оборудования, настройки программных средств ; У-ПК-6[1] - Уметь подготавливать испытательное оборудование и измерительную аппаратуру, выбрать метод поверки, наладки и регулировки

оптоинформатики			оборудования, настройки программных средств ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками тестирования оборудования, настройки программных средств
научно-исследовательской			
Анализ поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	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 фотоннокристаллических структур системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры оптические системы искусственного интеллекта устройства и системы компьютерной фотоники	ПК-4.1 [1] - Способен применять фундаментальные знания из областей физики конденсированного состояния, физики полупроводников и физики наносистем для анализа принципов функционирования оптоэлектронных и электронно-оптических твердотельных устройств радиофотоники, с учетом актуальных мировых научных результатов. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-4.1[1] - Знать фундаментальные основы физики конденсированного состояния, физики полупроводников и физики наносистем в объеме программы академического бакалавриата, необходимые для анализа принципов функционирования радиофотонных устройств; У-ПК-4.1[1] - Уметь применять полученные знания, а также проводить научный поиск актуальных опубликованных результатов и последних достижений в области твердотельной радиофотоники.; В-ПК-4.1[1] - Владеть навыками анализа и синтеза устройств радиофотоники с целью выделить их наиболее существенные электронные, оптические и иные функциональные характеристики, и сделать вывод о влияющих на них физических процессах.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал
------------------	-------------------------	--------------------------

воспитания Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	дисциплин 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 воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты (B35)	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и наноэлектронике», «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>6 Семестр</i>						
1	Первый раздел. Теория и методы получения кристаллических материалов для фотоники	1-8			25	УО-8	З-ПК- 3.2, У- ПК- 3.2, В- ПК- 3.2, У- ПК-7, З-ПК- 8, З-ПК- 4.1, У- ПК- 4.1
2	Второй раздел. Технология получения некристаллических материалов и керамики	9-16			25	СК-16	З-ПК- 3.2, У- ПК- 3.2, В- ПК- 3.2, З-ПК- 8, У- ПК-8, З-ПК- 4.1, У- ПК- 4.1, В- ПК- 4.1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		32/0/32		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	3	З-ПК- 3.2, У- ПК- 3.2,

							В-ПК-3.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-4.1, В-ПК-4.1
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
СК	Семестровый контроль
УО	Устный опрос
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	32	0	32
1-8	Первый раздел. Теория и методы получения кристаллических материалов для фотоники	16		16
1 - 3	Тема 1 ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА 1.1 Потенциальные поля и потоки субстанций 1.2 Взаимосвязанность потоков различных субстанций. Неравновесная термодинамика кадите здесь подробное описание пункта	Всего аудиторных часов		
		6		4
		Онлайн		

	2.1 Дифференциальные уравнения переноса теплоты 2.2 Дифференциальное уравнение переноса теплоты в движущейся жидкости 2.3 Дифференциальное уравнение переноса вещества в движущейся среде 3.1 Дифференциальное уравнение движения несжимаемой жидкости 3.2 Уравнение неразрывности и расхода			
4 - 5	ТЕМА 2 ПРИНЦИП ПОДОБИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ Лекция 4 4.1 Критерии подобия 4.2 Процессы конвективной термокинетики 4.3 Процессы конвективного массопереноса 4.4 Процессы газодинамики 4.5 Процессы естественной конвекции введите здесь подробное описание пункта Лекция 5 5.1 Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои в процессах конвективного тепло- и массообмена 5.2 Режимы течения среды 5.3 Динамический пограничный слой при ламинарном движении среды 5.4 Тепловой и диффузионный пограничный слой при ламинарном течении среды	Всего аудиторных часов		
		4		4
		Онлайн		
6	ТЕМА 3 ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Лекция 6 6.1 Термодинамика процесса кристаллизации веществ из насыщенных растворов 6.2 Гомогенное зародышеобразование из пересыщенного пара и пересыщенного раствора 6.3 Гетерогенное зародышеобразование 6.4 Формы роста и равновесная форма роста кристаллов введите здесь подробное описание пункта	Всего аудиторных часов		
		2		4
		Онлайн		
7	ТЕМА 4 КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Лекция 7 7.1 Скорость зарождения центров кристаллизации 7.2 Линейная скорость роста кристаллов 7.3 Метод «принудительной» кристаллизации 7.4 Постепенная кристаллизация нескольких веществ 7.5 Объемная «суммарная» скорость кристаллизации	Всего аудиторных часов		
		2		
		Онлайн		
8	ТЕМА 5 КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ Лекция 8 8.1 Классификация методов выращивания кристаллов из растворов 8.2 Рост кристаллов из низкотемпературных растворов 8.3 Гидротермальный рост кристаллов в условиях температурного градиента 8.4 Аппаратурные оформления методов роста	Всего аудиторных часов		
		2		4
		Онлайн		

	монокристаллов из растворов			
--	-----------------------------	--	--	--

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>6 Семестр</i>
	Получение пористого кремния методом анодирования Введите здесь подробное описание пункта
	Получение монокристалла из раствора Введите здесь подробное описание пункта
	Изучение распределения NV-центров в монокристалле алмаза с использованием рамановской спектроскопии Введите здесь подробное описание пункта
	Получение фотонно-кристаллических структур на основе диоксида кремния Введите здесь подробное описание пункта

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, на некоторых лекциях применяется компьютерный проектор для иллюстраций сложных устройств, систем и процессов;
- самостоятельная работа: написание курсовой работы (обзор предлагаемой темы);
- посещение лабораторий НОЦ «Нанотехнологии» НИЯУ МИФИ.

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-3.2	З-ПК-3.2	З, УО-8, СК-16
	У-ПК-3.2	З, УО-8, СК-16
	В-ПК-3.2	З, УО-8, СК-16
ПК-6	З-ПК-6	З
	У-ПК-6	З
	В-ПК-6	З
ПК-7	З-ПК-7	З
	У-ПК-7	З, УО-8
	В-ПК-7	З
ПК-8	З-ПК-8	З, УО-8, СК-16
	У-ПК-8	З, СК-16
	В-ПК-8	З
ПК-4.1	З-ПК-4.1	З, УО-8, СК-16
	У-ПК-4.1	УО-8, СК-16
	В-ПК-4.1	З, СК-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
60-64			

			логической последовательности в изложении программного материала.
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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

Курс включает в себя лекционные и лабораторные занятия. . На лабораторных работах студенты выполняют лабораторные работы, входящие в программу курса. Поощряется активное участие в обсуждении материалов лекций, а также умение своевременно задавать вопросы для прояснения всех непонятных моментов по пройденному материалу. Помимо лекционных и лабораторных занятий курс включает в себя самостоятельную работу студентов. Данное время отводится для самостоятельной переработки и повторения материала, выполнения домашних заданий, устранения долгов, накопленных во время семестра, а также для самостоятельной подготовки к сдаче теоретического материала (зачет). Во время

самостоятельной подготовки к сдаче теоретического материала студенты учатся работать с научной литературой.

Итоговые баллы складываются из: 1) результатов контрольной и тестового опроса; 2) результатов контроля посещаемости; 3) результатов оценки работы студента в интерактивном режиме.

Получение положительной оценки по каждой проверочной работе (устный опрос и защита результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ) является необходимым условием получения итоговой положительной оценки.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс логически разбит на несколько взаимосвязанных частей. В первом разделе (1-8 недели) рассматриваются основные понятия, подходы и технологии получения применительно к кристаллическим материалам фотоники, в том числе рассматриваются фотонные кристаллы и графен. во втором (9-16 недели) – к некристаллическим материалам. Преподавателю обязательно следует указать все источники литературы, из которых берётся информация на лекциях. Важно, чтобы информация была донесена до студентов в чёткой и ясной форме.

При проведении лабораторных работ, преподавателю следует обращать внимание на самостоятельность и активность студентов. На все возникающие вопросы лучше всего давать ответы, ссылаясь на определённый источник, который студент может подробнее изучить дома самостоятельно. Каждая лабораторная работа должна логически завершаться отчетом студента с результатами, полученными в работе и ее защитой.

Следует обращать внимание на то, чтобы материал, прочитанный на лекциях, и сделанные лабораторные работы позволяли студенту в полном объеме справиться с зачетом.

Автор(ы):

Сиглова Наталья Владимировна