

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 МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

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
8	2	72	24	24	0		24	0	3
Итого	2	72	24	24	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе рассматриваются следующие темы: воздействие оптического излучения на полупроводники; полупроводниковые фотоприемники и фотоэлектрические преобразователи изображения; полупроводниковые источники видимого и инфракрасного излучения; оптроны; устройства отображения информации; волоконно-оптические линии связи; элементы интегральной оптики; оптоэлектронные системы обработки информации

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование знаний по основным элементам оптоэлектронных систем, их устройстве и принципах работы

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к циклу дисциплин специализации, обеспечивающих подготовку по основам оптоэлектроники. Ее изучение базируется на следующих курсах:

- Математика;
- Общая физика;
- Неорганическая химия;
- Теоретические основы специальности: основы микроэлектроники;
- Материаловедение;
- Технология интегральных микросхем.

Для освоения данной дисциплины необходимо:

- знать физические основы микроэлектроники, теорию работы и основные характеристики полупроводниковых приборов, их математические модели;
- уметь выполнять численные оценки параметров оптоэлектронных приборов;
- владеть навыками математических расчетов с использованием компьютера.

Освоение данной дисциплины необходимо при последующем изучении дисциплин:

- Проектирование интегральных микросхем;
- Микроэлектронные радиотехнические устройства;
- Основы видеотехники

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	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; участие в подготовке и подаче заявок по перспективным проектам, грантам в рамках проводимых открытых конкурсов</p>	<p>электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, математические модели</p>	<p>ПК-10.1 [1] - Способен применять методы и концепции экспериментальной физики конденсированного состояния вещества, лазерной физики, фотоники, физики микро- и наносистем для решения технических, технологических и функциональных проблем при создании и эксплуатации элементов и устройств, функционирующих на принципах наноэлектроники и нанофотоники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-10.1[1] - законы и экспериментальные методы физики конденсированного состояния вещества, лазерной физики, физики микро- и наносистем, принципы функционирования элементов и устройств фотоники и оптоэлектроники; У-ПК-10.1[1] - анализировать научно-техническую проблему, поставленную задачу в области нанофотоники, физики конденсированного состояния вещества, физики наноструктур, используя отечественный и зарубежный опыт, а также предлагать возможные пути ее решения; В-ПК-10.1[1] - навыками экспериментальной работы на специализированном научном оборудовании и устройствах в области фотоники, физики наноструктур, лазерной физики, опто- и наноэлектроники, математического моделирования процессов и объектов применительно к поставленной задаче</p>
анализ научно-	электронные	ПК-3 [1] - Способен	З-ПК-3[1] - Знание

<p>технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций, подготовка и представление устных докладов на научных конференциях, подготовка и представление стендовых докладов на научных конференциях, аргументированная защита научной позиции при докладах на семинарах, проведение занятий по тематике научных исследований со студентами младших курсов с применением цифровых образовательных ресурсов и на основе современных информационных технологий</p>	<p>приборы, устройства, установки, методы их исследования, методы представления научных результатов, результаты исследований</p>	<p>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</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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, отчетов и публикаций.; В-ПК-3[1] - Владение методами обработки результатов измерений</p>
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры исследовательской и	Использование воспитательного потенциала дисциплин "Основы

	инженерной деятельности (B16)	конструирования и САПР", "Курсовой проект: основы конструирования и САПР", "Инженерная и компьютерная графика", "Детали машин и основы конструирования" для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания (методики ТРИЗ, морфологический анализ, мозговой штурм и др.), культуры инженера-разработчика через организацию проектной, в том числе самостоятельной работы обучающихся с использованием программных пакетов.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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 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

		<p>решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>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.</p>
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, З-ПК-10.1, У-ПК-10.1, В-ПК-10.1

2	Второй раздел	9-15	8/8/0		25	КИ-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, 3-ПК-10.1, У-ПК-10.1, В-ПК-10.1
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, 3-ПК-10.1, У-ПК-10.1, В-ПК-10.1

* – 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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	24	24	0
1-8	Первый раздел	16	16	0
1 - 3	Введение Понятие оптоэлектроники. Роль оптоэлектронной связи в устройствах преобразования электрических и оптических сигналов. Характеристика современного уровня оптоэлектроники. Собственное оптическое поглощение. Поглощение света, связанное с фотоионизацией и возбуждением примесей. Поглощение света при переходах в квантовых ямах. Фотоионизация и фотопроводимость. Квантовый выход фотоионизации. Спектральная зависимость фотопроводимости.	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Полупроводниковые фотоприемники видимого и ИК излучения Характеристики фотоприемников. Собственные и	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		

	<p>примесные фоторезисторы. Выбор материалов и примесей для примесных фоторезисторов. Рабочие температуры примесных фоторезисторов. Фотоприемники на квантовых ямах. Фотодиоды. Структурные и электрофизические параметры, определяющие чувствительность и спектральную характеристику фотодиодов. Лавинно-пролетные и р-і-п фотодиоды. Фототранзисторы, фототиристоры.</p> <p>Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Инжекционные светодиоды. Материалы для светодиодов, их конструкции. Характеристики светодиодов – вольтамперная, спектральная, яркостная. Светодиоды на гетеропереходах. Полупроводниковые лазеры – принцип действия, конструкция. Лазеры на гетеропереходах</p>	0	0	0
6 - 8	<p>Фотоэлектрические преобразователи изображения Режим работы фотоэлектрических преобразователей изображения (ФЭПИ). Режим накопления заряда. Фоточувствительные матрицы на основе фотоприемников с накоплением заряда на емкости р-п перехода. Их организация и параметры. ФЭПИ на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Способы организации фоточувствительных матриц на основе ПЗС, их основные параметры. Фотоматрицы на квантовых ямах</p>	Всего аудиторных часов		
6		6	0	
Онлайн				
		0	0	0
9-15	Второй раздел	8	8	0
9 - 11	<p>Оптроны. Системы отображения информации Классификация и параметры элементарных оптронов. Применение оптронов в электронных устройствах. Конструкции оптронов.</p> <p>Цифровые и буквенно-цифровые матричные панели на основе сегментных индикаторов. Типы сегментных индикаторов – электролюминесцентные, светодиодные, жидкокристаллические. Схемы управления цифровыми индикаторами, работающие в непрерывном и мультиплексном режимах</p>	Всего аудиторных часов		
3		3	0	
Онлайн				
		0	0	0
12 - 13	<p>Волоконно-оптические линии связи Преимущества оптических линий связи. Физические основы работы световода. Материалы для оптических волоконных элементов. Основные характеристики волоконных световодов. Применение волоконных световодов.</p>	Всего аудиторных часов		
2		2	0	
Онлайн				
		0	0	0
14 - 15	<p>Элементы интегральной оптики. Оптоэлектронные системы обработки информации Пленочные световоды. Призмённые и решетчатые элементы ввода-вывода излучения.</p> <p>Принципиальная схема и основные функциональные блоки электронно-оптических систем обработки информации. Оптический процессор. Модуляторы и дефлекторы светового излучения</p>	Всего аудиторных часов		
3		3	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Традиционные лекции и лабораторные работы, а также самостоятельное повторение материала лекций и изучение дополнительной литературы

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-10.1	З-ПК-10.1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10.1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10.1	З, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15

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»	А	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»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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:

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

В ходе освоения материалов дисциплины студентам рекомендуется уделять особое внимание следующим вопросам:

1. Оптическое поглощение в полупроводниках. Виды поглощения. Закон Бугера-Ламберта.
2. Оптроны. Классификация оптронов. Параметры. Оптореле.
3. Прямозонные и не прямозонные полупроводники. Правило отбора. Спектральная зависимость коэффициента поглощения.
4. Волоконно-оптические линии связи. Требования к материалам конструкции.
5. Фотопроводимость. Квантовая эффективность фотоионизации.
6. Элементы интегральной оптики. Материалы светопроводящих пленок.
7. Особенности поглощения ИК излучения. Примесное поглощение. Узкозонные полупроводники.
8. Электрооптические дефлекторы дискретного типа. Дефлектор Брега.
9. Фоторезисторы, фотодиоды.
10. Физические эффекты и материалы для реализации пространственно-временных модуляторов света.
11. Фототранзисторы, фоторезисторы.
12. Высококачественные спектроанализатор.
13. Светодиоды. Материалы для светодиодов. Квантовая эффективность светодиодов.
14. Ввод излучения в интегральные светодиоды.
15. Методы повышения внешней квантовой эффективности светодиодов.
16. Фото ПЗС.
17. Многоэлементные фотоприемники. Режим накопления заряда.
18. Полупроводниковые лазеры.
19. Электролюминесцентные конденсаторы.
20. Оптические процессоры. Принцип действия. Структурная схема

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изложении ключевых вопросов, касающихся физических основ оптоэлектроники, имеет смысл напомнить студентам основные положения квантовой механики и статистики. При этом особое внимание следует уделить разделам Квантование свободного электромагнитного поля и Фотон. Основные понятия стоит вводить достаточно подробно, при необходимости повторяя наиболее сложные математические выкладки. Как показывает практика студенты зачастую частично забывают математический аппарат и ряд преобразований дается им с трудом. Рассматривая раздел Приборы оптоэлектроники, необходимо подробнее остановиться на устройстве и физических принципах лазеров, а также на волоконно-оптических линиях связи, повсеместно вторгающихся в современный быт

Автор(ы):

Воронов Юрий Александрович, к.т.н., доцент