

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗАПИСИ, ХРАНЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

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, экз./зач./КСР/КП
3	3	108	4	28	0	40	0	Э
Итого	3	108	4	28	0	40	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются современные элементы и устройства оптических систем записи, хранения и отображения информации. Оцениваются физические и технические пределы электронных и оптических средств преобразования информации. Изучаются основные методы и устройства фотоники для ввода, преобразования, и регистрации информации в оптическом канале; практические применения голографии для создания оптоэлектронных устройств преобразования, хранения и отображения информации. Описываются разработки перспективных оптоэлектронных систем, использующих достижения физики конденсированного состояния вещества и фотоники.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Оптические системы записи, хранения и отображения информации» является получение знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области исследований, разработок и технологий, направленных на регистрацию и обработку информации, создание и применение установок и систем в области фотоники и оптоинформатики.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, взаимодействие излучения с веществом, оптика кристаллов и оптические материалы, информационная оптика, цифровые методы в оптике и фотонике, нелинейная оптика, интегральная и волоконная оптика, оптоэлектроника.

В курсе изучаются современные элементы и устройства систем записи, хранения и отображения информации. Оцениваются физические и технические пределы электронных и оптических средств преобразования информации. Изучаются основные методы и устройства фотоники для ввода, преобразования, и регистрации информации в оптическом канале; практические применения голографии для создания оптоэлектронных устройств преобразования, хранения и отображения информации. Описываются разработки перспективных оптоэлектронных систем, использующих достижения физики конденсированного состояния вещества и квантовой радиофизики.

### 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 область	Код и наименование	Код и
--------	--------------------	--------------------	-------

профессиональной деятельности (ЗПД)	знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<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>
проектно-конструкторский			
<p>разработка функциональных и структурных схем приборов и систем фотоники и оптоинформатики и установление технических требований на отдельные блоки и элементы</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 фотоннокристаллических</p>	<p>ПК-4 [1] - способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-4[1] - Знать: физические принципы действия устройств и систем фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-4[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные узлы, элементы, системы и технологии ; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования оптических и</p>

	структур; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; оптические системы искусственного интеллекта; устройства и системы компьютерной фотоники		оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации ; В-ПК-4[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем фотоники и оптоинформатики
производственно-технологический			
оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем	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-8 [1] - способен разрабатывать технологические процессы производства и контроля качества оптических материалов, оптического волокна и покрытий, а также оптических элементов и устройств различного назначения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	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 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	2/14/0		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Второй раздел	9-16	2/14/0		25	КИ-16	3-ПК-3, У-

							ПК-3, В- ПК-3, З-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, З-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		4/28/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	Э	З-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, З-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, З-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
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	4	28	0

1-8	<b>Первый раздел</b>	2	14	0
1 - 2	<b>Методы регистрации оптического излучения</b> Прямое детектирование и гетеродинирование. Классификация фотоприёмников. Фотоприемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
3 - 4	<b>Полупроводниковые фотоприемники</b> Фоторезисторы и фотодиоды: принцип действия и устройство. Фотогальванический и фотодиодный режим работы. Быстродействие и чувствительность фотодиодов. Фотоприемные матрицы.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
5	<b>Шумы при регистрации оптических сигналов и изображений</b> Шумы приемников излучения. Порог чувствительности, обнаружительная способность. Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
6	<b>Архивная оптическая память, оптические диски</b> Конструкция оптических дисков и механизмы записи информации. Повышение плотности записи информации на дисках. Длительность хранения информации на оптических дисках.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
0	0	0		
7 - 8	<b>Голографические системы записи и хранения информации</b> Принцип действия и устройства. Особенности голографического метода записи информации. Компоненты голографической памяти. Экспериментальные разработки систем голографической памяти.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
9-16	<b>Второй раздел</b>	2	14	0
9 - 10	<b>Оптические среды для регистрации голограмм</b> Формирование отражательных голограмм в фоторефрактивных кристаллах. Динамическая голография. Информационная ёмкость фоторефрактивных гологр	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
11 - 12	<b>Пространственно-временные модуляторы света</b> Электро- и оптически управляемые модуляторы света. Акустооптические модуляторы света. Жидкокристаллические пространственно-временные модуляторы света.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
13	<b>Устройства отображения информации</b> Принципы работы и устройство дисплеев и индикаторов. Электроннолучевая трубка. Дисплеи на жидких кристаллах с пассивной и активной матричной адресацией. Электронно-оптические преобразователи.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
14 - 15	<b>Дифракционные оптические элементы</b> Методы синтеза и записи на них информации. Технологии изготовления дифракционных оптических элементов. Фотолитография. Использование дифракционных оптических элементов в информационных системах	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
16	<b>Трёхмерные системы отображения информации</b> Стереоскопы и стереоскопические дисплеи. Объёмные и голографические дисплеи. Применение в системах виртуальной реальности.	Всего аудиторных часов		
		0	2	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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторении ранее пройденного материала. Часть занятий проводится в интерактивной форме. Для того чтобы показать современное состояние оптических систем записи, хранения и отображения информации, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

## 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-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-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	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

## 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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 , Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. ЭИ И 26 Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2020

4. ЭИ М 64 Теоретические основы оптико-электронных приборов : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. 535 Д50 Дифракционная нанофотоника : , ред. В. А. Сойфер, Москва: Физматлит, 2011
6. 621.38 Р64 Оптоэлектроника : , Э. Розеншер, Б. Винтер, Москва: Техносфера, 2006

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.38 Я49 Теория и расчет оптико-электронных приборов : учебник для вузов, Ю. Г. Якушенков, Москва: ЛОГОС, 2011

#### 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**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При изучении курса необходимо твердо усвоить основные свойства электромагнитного излучения оптического диапазона, обуславливающие высокое быстродействие, параллелизм, возможность создания массивов оперативно перестраиваемых связей, снижение энергопотребления и повышение надежности информационных систем; физические пределы электронных и оптических средств преобразования информации; основные виды и элементы оптических систем преобразования информации и особенности взаимодействия оптических и электронных средств обработки.

Необходимо знать назначение и общие характеристики пространственно-временных модуляторов света (ПВМС), физические методы модуляции света, используемые для создания ПВМС. Знать функциональные возможности и характеристики основных типов ПВМС: твердотельных электрооптических, акустооптических, жидкокристаллических, на основе MEMS-структур. Иметь общие представления о возможностях управляемых светом ПВМС для регистрации голограмм.

Необходимо иметь основные представления о пропускной способности оптического канала, шумах в оптических системах при когерентном и некогерентном освещении, потерях информации в оптической системе, использовании теоремы Уиттекера–Шеннона–Котельникова применительно к оптоэлектронным системам.

В рамках изучения использования голограмм в оптоэлектронике для хранения, и преобразования информации, синтеза дифракционных преобразующих элементов следует получить представление об интерференционных и компьютерных способах изготовления статических, перезаписываемых и динамических голограмм. Следует ознакомиться с основами компьютерного синтеза голограмм и фазовых дифракционных элементов.

Следует знать перспективные разработки в области создания трехмерных дисплеев. Необходимо понимать основные отличительные свойства и возможности цифровой голографии как метода регистрации, передачи по цифровым каналам связи и воспроизведения объемных изображений.

Необходимо знать основные направления создания оптоэлектронных устройств для хранения информации, в том числе голографических, с адресным и ассоциативным доступом к данным.

Знать характеристики существующих и перспективных образцов оптоэлектронных межсоединений и коммутационных шин для обмена данными в электронных системах цифровой обработки.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс решает следующие учебные задачи. Познакомить с элементной базой, методами построением и архитектурами современных высокопроизводительных систем записи, хранения и отображения информации. Научить оценивать функциональные возможности лазеров, элементов и приборов фотоники, используемых в системах записи, хранения и отображения информации.

В курсе изучаются современные элементы и устройства оптических систем записи, хранения и отображения информации. Оцениваются физические и технические пределы электронных и оптических средств преобразования информации. Изучаются основные методы и устройства фотоники для ввода, преобразования, и регистрации информации в оптическом канале; практические применения голографии для создания оптоэлектронных устройств преобразования, хранения и отображения информации. Описываются разработки перспективных оптоэлектронных систем, использующих достижения физики конденсированного состояния вещества и фотоники.

Необходимо дать возможность студентам разобраться в следующих вопросах.

Методы регистрации оптического излучения. Прямое детектирование и гетеродинирование. Классификация фотоприёмников. Фотоприемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.

Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы и фотодиоды: принцип действия и устройство. Фотогальванический и фотодиодный режим работы. Быстродействие и чувствительность фотодиодов. Фотоприемные матрицы.

Шумы при регистрации оптических сигналов и изображений. Шумы приемников излучения. Порог чувствительности, обнаружительная способность. Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.

Архивная оптическая память, оптические диски. Конструкция оптических дисков и механизмы записи информации. Повышение плотности записи информации на дисках. Длительность хранения информации на оптических дисках.

Голографические системы записи и хранения информации. Принцип действия и устройства. Особенности голографического метода записи информации. Компоненты голографической памяти. Экспериментальные разработки систем голографической памяти.

Оптические среды для регистрации голограмм. Формирование отражательных голограмм в фоторефрактивных кристаллах. Динамическая голография. Информационная ёмкость фоторефрактивных голограмм.

Пространственно-временные модуляторы света. Электро- и оптически управляемые модуляторы света. Акустооптические модуляторы света. Жидкокристаллические пространственно-временные модуляторы света.

Устройства отображения информации. Принципы работы и устройство дисплеев и индикаторов. Электроннолучевая трубка. Дисплеи на жидких кристаллах с пассивной и активной матричной адресацией. Электронно-оптические преобразователи.

Дифракционные оптические элементы. Методы синтеза и записи на них информации. Технологии изготовления дифракционных оптических элементов. Фотолитография. Использование дифракционных оптических элементов в информационных системах.

Трёхмерные системы отображения информации. Стереоскопы и стереоскопические дисплеи. Объёмные и голографические дисплеи. Применение в системах виртуальной реальности.

Автор(ы):

Евтихийев Николай Николаевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Стариков Р.С.