

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Основы оптоинформатики»

Дисциплина «Основы оптоинформатики» является частью программы бакалавриата «Фотоника и оптоинформатика (общий профиль, СУОС)» по направлению «12.03.03 Фотоника и оптоинформатика».

### Цели и задачи дисциплины

Овладение физико-математическими основами описания, а также физико-техническими основами построения фотонных и оптоэлектронных устройств приема, передачи и обработки информации. Также целью изучения дисциплины является понимание основополагающих принципов передачи информации с помощью оптических и оптико-электронных систем и знание конкретных примеров реализации этих систем на практике..

### Изучаемые объекты дисциплины

Основные источники излучения в оптике; волоконные и планарные световоды; устройства формирования и преобразования оптических сигналов; принципы построения передающей и приемной аппаратуры; принципы работы устройств аналоговой и цифровой обработки оптических сигналов; принципы реализации оптическими методами устройств нейронной и нейронечеткой логики; принципы реализации квантовых вычислений в оптических системах; методы математического моделирования в оптоинформатике..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		Номер семестра			
		7	8		
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	112	72	40		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:					
- лекции (Л)				32	18
- лабораторные работы (ЛР)				18	20
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)				18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)				4	2
- контрольная работа					
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	140	72	68		
2. Промежуточная аттестация					
Экзамен	36	36			
Дифференцированный зачет	9		9		
Зачет					
Курсовой проект (КП)					
Курсовая работа (КР)					
Общая трудоемкость дисциплины	288	180	108		

## Краткое содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Оптическая запись, хранение и считывание информации: локальная и распределенная запись информации, оптические дисковые системы записи и хранения информации, магнитооптические технологии, голографические технологии, регистрирующие среды и механизмы записи, быстродействие, считывание информации в реальном времени – динамическая голография, ассоциативная голографическая память	6	4	2	12
Тема 11. ОПТИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ, ХРАНЕНИЕ И СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ. Оптические дисковые системы записи и хранения информации. Магнито-оптический эффект и его применение в системах записи информации. Тема 12. ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ. Голография и голографические запоминающие устройства. Запись и восстановление голограмм. Голографические мультиплексоры для систем передачи данных со спектральным уплотнением. Голографическая интерферометрия. Материальные среды для голографической записи информации. Физические ограничения по скорости записи информации в них. Голографическое распознавание образов. Ассоциативная голографическая память. Тема 13. ДИНАМИЧЕСКАЯ ГОЛОГРАФИЯ. Перспективные голографические проекционные системы и оперативные запоминающие голографические устройства.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные источники излучения в оптоинформатике: принцип работы полупроводниковых лазеров, лазеры на гетероструктурах, лазеры и усилители на основе квантоворазмерных эффектов, вертикально-излучающие полупроводниковые лазеры, волоконные лазеры и усилители, планарные лазеры и усилители	6	4	2	24
Тема 3. ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ. Принцип работы квантовых усилителей и генераторов. Возбуждение активного вещества (накачка). Оптические резонаторы. Диэлектрические микрорезонаторы различной формы (сферические, прямоугольные, сложной формы). Проходные резонаторы. Тема 4. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ И УСИЛИТЕЛИ. Полупроводниковые лазеры с электронной и оптической накачкой. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Инжекционные лазеры, лазерные линейки и решетки. Поверхностно-излучающие (планарные) инжекционные микролазеры. Каскадные лазеры. Волоконные лазеры и усилители. Генерация ультракоротких импульсов света. Полупроводниковые светодиоды. Тема 5. НАНОЛАЗЕРЫ. Лазеры и усилители на поверхностных плазмонах и локализованном плазмонном резонансе (спазеры). Поверхностный плазмонный резонанс. Локализованный плазмонный резонанс в металлических наночастицах. Плазмонные резонаторы. Линейки и решетки плазмонных резонаторов. Плазмонные метаматериалы. Нелинейная плазмоника (генерация второй и третьей гармоник, четырех - волновое смешение гармоник). Нанолазеры.				
Пути развития информационных технологий: пределы электронной техники и их преодоление на основе оптических альтернатив	2	0	0	8
Тема 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. Ограничение рабочих частот в устройствах кремниевой электроники. Физические ограничения, связанные с уменьшением размеров базовых электронных устройств. Преимущества				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
оптической обработки информации (параллелизм, электромагнитная совместимость). Тема 2. ПРОБЛЕМЫ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИКИ. Повышение производительности вычислительной техники при переходе в область оптических частот, параллельная обработка информации в оптических устройствах, использование оптической нелинейности для реализации двоичной и пороговой логики. Дифракционный предел и субволновая оптика.				
Передача информации в оптических линиях связи: формирование, распространение, поглощение и дисперсия световых импульсов в волоконно-оптических линиях, спек-тральное и временное уплотнение информационных потоков, элементная база опти-ческих линий связи, передача оптических сигналов в атмосфере и космосе	10	4	6	22
Тема 6. ОБЩИЕ СВОЙСТВА НАПРАВЛЯЕМЫХ ВОЛН. Регулярные линии передачи. Связь между поперечными и продольными составляющими векторов электромагнитного поля. Общие свойства и параметры электрических, магнитных и гибридных волн. Общие свойства поперечных электромагнитных волн. Скорость распространения энергии, фазовая и групповая скорость. Тема 7. РЕГУЛЯРНЫЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ. Электродинамическая теория регулярных волноводов (ТЕ -, ТМ – и ТЕМ-волны). Собственные волны регулярных волноводов прямоугольного и круглого сечений. Основная вол-на прямоугольного волновода. Выбор размеров поперечного сечения прямоугольного волновода из условия одномодовой передачи. Круглый волновод со ступенчатым профилем показателя преломления и бесконечным радиусом оболочки. Одномодовые и многомодовые световоды. Волноводы с градиентным профилем показателя преломления. Волноводы с анизотропным заполнением. Сплошные, микро- и нано-структурированные волокна. Волноводное распространение, поглощение и дисперсия световых импульсов. Тема 8.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p><b>ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВОЛОКОННО - ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ.</b> Фотоприемники. Оптические разветвители, мультиплексоры и демультимплексоры, коммутаторы. Тема 9. <b>ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ.</b> Волоконные линии связи. Технологии спектрального (WDM) и пространственного (SDM) уплотнения информации в волоконных линиях связи. Модовое (угловое) уплотнение. Оптические солитоны в волоконно-оптических линиях связи. Тема 10. <b>ТРЕХМЕРНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА.</b> Нановолноводы и наноантенны. Основы теории антенн. Отличие оптических наноантенн от их СВЧ - аналогов. Наноантенны на основе плазмонных материалов (благородных металлов и графена) и углеродных нанотрубок. Фотонные кристаллы и метаматериалы. Управление рефракцией и рассеянием света с помощью трансформационной оптики.</p>				
<p>Оптическая обработка информации: аналоговые оптические вычисления, Фурье-голография, голографическая коммутация, мультиплексирование и демультимплексирование сигналов, оптическая би- и мультистабильность, цифровая оптическая обработка сигналов</p>	8	6	8	6
<p>Тема 14. <b>ФУРЬЕ - ОПТИКА.</b> Аналогия между передачей электрических сигналов в цепях и в свободном пространстве. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракция на отверстиях. Непрерывное преобразование Фурье и его свойства. Одномерный и многомерный Фурье-анализ. Аналогия между фокусировкой изображения выпуклой линзой и двумерным преобразованием Фурье. Фурье-голография и корреляционная фильтрация. Принципы устройства анализаторов спектра и запоминающих устройств на основе Фурье-оптики. Маршрутизаторы (роутеры) оптических сигналов на основе Фурье-оптики. Математические операции, осуществляемые оптическими методами. Тема 15. <b>ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ.</b> Мультиплексирование, демультимплексирование и цифровая</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
обработка оптических сигналов с помощью нелинейных интерферометрических схем на основе интерферометров Маха-Цандера. Тема 16. ОПТИЧЕСКАЯ БИ- И МУЛЬТИСТАБИЛЬНОСТЬ. Бистабильность плазмонных возбуждений в цепочечных волноводах и метаповерхностях. Оптическая мультистабильность и системы троичной логики на ее основе. Полностью оптические цифровые переключатели на основе нелинейных интерферометрических схем.				
ИТОГО по 7-му семестру	32	18	18	72
8-й семестр				
Самообучение и самоорганизация в оптике: когерентно-оптические системы распознавания образов, оптические нейронные сети, оптические системы нечеткой и нейро-нечеткой логики; системы искусственного интеллекта: голографическая парадигма в искусственном интеллекте, реализация принципов информатики мозга методами оптоинформатики	2	4	0	18
Тема 27. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И НЕЙРОИНФОРМАТИКА. Биологический нейрон и его математическая модель. Математические модели искусственных нейронов (линейные и нелинейные нейроны) и их реализация оптическими системами различной архитектуры. Спайковая модель нейрона. Тема 28. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. Типы искусственных нейронных сетей, статические и динамические сети: однослойный и многослойный персептрон, радиальные сети, сети с обратной связью (рекуррентные сети). Рекуррентные сети как ассоциативные запоминающие устройства. Обучение нейронных сетей: градиентные методы, метод обратного распространения ошибки, генетические алгоритмы. Нейронные сети с самоорганизацией. Тема 29. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА И НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ. Математические основы нечетких систем. Модель Мамдани-Заде как универсальный аппроксиматор. Нечеткие нейронные сети (на примере сети TSK). Логические элементы, реализующие нечеткую логику на основе каскадного соединения интерферометров				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Маха-Цандера. Оптические реализации нечетких систем. Тема 30. РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ОПТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ. Ассоциативное голографическое запоминающее устройство нейронного типа. Оптические нейронные сети. Реализация спайковых нейронов с помощью волоконно-оптических устройств. Вычисления в резервуарах (reservoir computing).				
Оптический компьютер: технологии создания и перспективы применения	6	8	0	20
Тема 17. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ МОДУЛЯТОРЫ. Пространственно-временные модуляторы света на электрооптическом, магнитооптическом и акустооптическом эффектах. Полупроводниковые оптические модуляторы. Динамические нелинейные явления в инжекционных лазерах: нелинейная рефракция, самофокусировка, бистабильность, гистерезисные явления. Инжекционные лазеры в оптической обработке информации. Тема 18. АКУСТООПТИКА. Акустооптическое взаимодействие. Брэгговская дифракция в анизотропной среде. Теория связанных мод. Брэгговская дифракция при больших и малых углах. Дифракция Рамана-Ната. Поверхностная акустооптика. Акустооптические модуляторы, дефлекторы, перестраиваемые фильтры, спектр – анализаторы и корреляторы сигнала. Тема 19. ТРАНСФАЗОРЫ. Интерферометр Фабри-Перо и трансфазоры. Логические и арифметические элементы на трансфазорах. Использование нелинейных сред для реализации оптических вентилей. Тема 20. ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ, МЕТАМАТЕРИАЛЫ И ПЛАЗМОНИКА. Плазмонные нановолноводы в качестве межсхемных соединений в системах на кристалле. Фотонные кристаллы для передачи и обработки информации. Оптический магнетизм и его конструктивные реализации. Среда с одновременно отрицательными значениями диэлектрической и магнитной проницаемости (среда Веселаго). Обратные				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>волны и отрицательная рефракция в ней. Дифракционный предел и идеальная линза. Среда с отрицательной рефракцией как формирователь трехмерных голографических изображений. Различные конструктивные реализации среды Веселаго. Гиперболические метаматериалы и плазмонные металлы для их реализации. Фотонные аналоги топологических диэлектриков (изоляторов). Тема 21. <b>СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ.</b> Коммерческие оптические процессоры цифровой обработки сигналов (процессор EnLight 256). Специализированные оптические процессоры для обработки радиолокационной информации (оптический синтез апертуры и спектральный анализ радиолокационных сигналов). Реализация двоичной логики в нелинейных волоконно–оптических устройствах.</p>				
<p>Квантовая криптография и квантовые вычисления: перспективы использования и ограничения</p>	10	8	0	30
<p>Тема 22. <b>ПРОБЛЕМЫ КРИПТОГРАФИИ И КРИПТОАНАЛИЗА.</b> Стойкость классических алгоритмов шифрования (на примере алгоритма RSA). Преимущества квантовой криптографии. Тема 23. <b>КУБИТЫ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НАД НИМИ.</b> Кубиты и их реализация различными квантовыми системами. Однокубитные и двухкубитные операции. Преобразование Адамара. Тема 24. <b>КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И ДЕКОГЕРЕНЦИЯ.</b> Квантовое перепутывание. Квантовые измерения и декогеренция. Квантовые параллельные вычисления. Квантовая память и квантовые логические элементы. Квантовые компьютеры. Тема 25. <b>АЛГОРИТМ ШОРА.</b> Квантовое преобразование Фурье и его нелинейное ускорение на квантовом компьютере. Алгоритм Шора для факторизации целых чисел. Тема 26. <b>СОВРЕМЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТЕОРИИ КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.</b> Эксперименты с перепутанными фотонами. Квантовая электродинамика резонаторов. Квантовая</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
плазмоника.				
ИТОГО по 8-му семестру	18	20	0	68
ИТОГО по дисциплине	50	38	18	140