МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента науки и инноваций
_____ В. М. Рулевский
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Фотоника нелинейных структур

Уровень образования: **высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации**
Направление подготовки / специальность: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль) / специализация: **Оптика**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	10	10	часов
2	Практические занятия	6	6	часов
3	Всего аудиторных занятий	16	16	часов
4	Самостоятельная работа	160	160	часов
5	Всего (без экзамена)	176	176	часов
6	Общая трудоемкость	176	176	часов
			5.0	З.Е.

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 31.05.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 42392

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного 30.07.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Эксперты:

Заведующий аспирантурой _____ Т. Ю. Коротина

Профессор кафедры электронных приборов (ЭП) _____ Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 42392

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

освоение на базе широких, целостных и глубоких знаний в области физических основ квантовой электроники, оптической голографии и нелинейной оптики теоретических, экспериментальных и технологических подходов к разработке и реализации устройств и систем нелинейной фотоники, квантовой электроники и оптической голографии

1.2. Задачи дисциплины

– углубление необходимых в профессиональной деятельности знаний по физическим основам квантовой электроники, оптической голографии и нелинейной фотоники и по подходам к математическим моделям, используемым для описания распространения, преобразования и детектирования оптического излучения в элементах, устройствах и системах нелинейной фотоники, квантовой электроники и оптической голографии

– освоение теоретических, экспериментальных и технологических подходов к разработке и реализации устройств и систем нелинейной фотоники, квантовой электроники и оптической голографии

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Фотоника нелинейных структур» (Б1.В.ДВ.1.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Иностранный язык, Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований, Физика и астрономия.

Последующими дисциплинами являются: Оптика, Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-3 готовность к разработке и реализации устройств и систем нелинейной и волноводной фотоники, квантовой электроники и оптической голографии;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические основы квантовой электроники, нелинейной оптики и оптической голографии; подходы к описанию оптических явлений в устройствах и системах квантовой электроники, нелинейной фотоники и оптической голографии; принципы построения и функционирования устройств, систем и приборов нелинейной фотоники и оптической голографии; основные методы расчета и технологические процессы, используемые при разработке и реализации устройств нелинейной фотоники и оптической голографии;

– **уметь** определять и обосновывать выбор схемы построения элементов, устройств и систем нелинейной фотоники и оптической голографии различного назначения, а также методов и технологии реализации нелинейных элементов, соответствующих функциональному назначению разрабатываемых устройств и систем и используемому спектральному диапазону;

– **владеть** методами математического моделирования физических явлений в устройствах и системах квантовой электроники, нелинейной фотоники и оптической голографии, а также инженерного проектирования элементов, устройств и систем нелинейной фотоники; методами реализации элементов нелинейной фотоники и оптической голографии, нелинейно-оптических устройств и систем, с использованием стандартных и специализированных технологических и экспериментальных методик и программных средств; методиками измерений основных параметров нелинейно-оптических и голографических элементов, устройств и систем, а также основных характеристик оптических материалов, используемых в устройствах и системах нелинейной фотоники и динамической голографии.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 42392

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	16	16
Лекции	10	10
Практические занятия	6	6
Самостоятельная работа (всего)	160	160
Проработка лекционного материала	10	10
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	82	82
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	32	32
Выполнение контрольных работ	36	36
Всего (без экзамена)	176	176
Общая трудоемкость, ч	176	176
Зачетные Единицы	5.0	

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Введение	1	0	10	11	ПК-3
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	1	1	17	19	ПК-3
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	1	1	19	21	ПК-3
4 Вынужденное рассеяние света	1	0	13	14	ПК-3
5 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	1	1	21	23	ПК-3
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	1	1	27	29	ПК-3
7 Фоторефрактивный эффект и оптическая голография	1	1	11	13	ПК-3
8 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	1	1	11	13	ПК-3
9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	1	0	15	16	ПК-3

Согласована на портале № 42392

10 Устройства и системы нелинейной фотоники, квантовой электроники и динамической голографии	1	0	16	17	ПК-3
Итого за семестр	10	6	160	176	
Итого	10	6	160	176	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение	Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, основная и дополнительная литература. История открытия нелинейно-оптических эффектов, голографии и явления фоторефракции. Современное состояние и научная проблематика фотоники нелинейных структур.	1	ПК-3
	Итого	1	
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике.Общий подход к описанию нелинейных эффектов. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии.Качественное описание основных эффектов оптической и динамической голографии. Интерференция световых пучков, основные физические процессы при формировании динамических фоторефрактивных голограмм, основные эффекты динамической голографии.	1	ПК-3
	Итого	1	
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация.	1	ПК-3
	Итого	1	
4 Вынужденное рассеяние света	Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.	1	ПК-3
	Итого	1	
5 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Методы формирования регулярных доменных структур.	1	ПК-3

Согласована на портале № 42392

	Линейная дифракция света на периодических доменных структурах. Генерация второй гармоники на периодических доменных структурах. Параметрическая генерация света в периодических доменных структурах.		
	Итого	1	
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник и параметрическая генерация на периодических доменных структурах в оптических волноводах. Формирование периодических доменных структур электронным пучком. Визуализация периодических доменных структур, записанных электронным пучком.	1	ПК-3
	Итого	1	
7 Фоторефрактивный эффект и оптическая голография	Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм. Формирование фоторефрактивных голограмм в постоянном и знакопеременном внешних электрических полях. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локальном и нелокальном типах нелинейного отклика.	1	ПК-3
	Итого	1	
8 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. Временные оптические солитоны. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие.	1	ПК-3
	Итого	1	
9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Динамическая голография и обращение волнового фронта. Способы обращения волнового фронта и применения. Лазеры на динамических решетках. Оптическая бистабильность. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо.	1	ПК-3
	Итого	1	
10 Устройства и системы нелинейной фотоники, квантовой электроники и динамической голографии	Использование эффектов параметрического усиления, генерации и вынужденного комбинационного рассеяние света в спектроскопии и квантовой фотонике. Голографические системы оптической памяти и распознавания образов. Адаптивные голографические корреляторы и интерферометры на основе динамических голограмм в фоторефрактив-	1	ПК-3

Согласована на портале № 42392

	ных кристаллах.		
	Итого	1	
Итого за семестр		10	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Иностранный язык	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика и астрономия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины										
1 Оптика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 42392

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии. Качественное описание основных эффектов оптической и динамической голографии. Интерференция световых пучков. Условия синхронизма при взаимодействии и дифракции световых пучков на фоторефрактивных голограммах.	1	ПК-3
	Итого	1	
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация.	1	ПК-3
	Итого	1	
5 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Линейная дифракция света на периодических доменных структурах. Генерация второй гармоники на периодических доменных структурах. Параметрическая генерация света в периодических доменных структурах.	1	ПК-3
	Итого	1	
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник и параметрическая генерация на периодических доменных структурах в оптических волноводах.	1	ПК-3
	Итого	1	
7 Фоторефрактивный эффект и оптическая голография	Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локаль-	1	ПК-3

Согласована на портале № 42392

	ном и нелокальном типах нелинейного отклика.		
	Итого	1	
8 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Распространение световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и оптических волноводах.	1	ПК-3
	Итого	1	
Итого за семестр		6	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	9	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	10		
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	17		
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	19		
4 Вынужденное рассеяние света	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест

Согласована на портале № 42392

	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	13		
5 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	14		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	21		
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Выполнение контрольных работ	12	ПК-3	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	27		
7 Фоторефрактивный эффект и оптическая голография	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	11		
8 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	11		
9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Выполнение контрольных работ	12	ПК-3	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2		

Согласована на портале № 42392

	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	15		
10 Устройства и системы нелинейной фотоники, квантовой электроники и динамической голографии	Выполнение контрольных работ	12	ПК-3	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	16		
Итого за семестр		160		
Итого		160		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 244 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1553 (дата обращения: 08.08.2018).

2. Оптические волны в кристаллах : Пер. с англ. / А. Ярив, П. Юх ; пер. С. Г. Кривошлыков, пер. Н. И. Петров, ред. пер. И. Н. Сисакян. - М. : Мир, 1987. - 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Информационная оптика : Учебное пособие для вузов / Николай Николаевич Евтихиев, Ольга Анатольевна Евтихиева, Игорь Николаевич Компанец ; ред. Н. Н. Евтихиев ; Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы". - М. : Издательство МЭИ, 2000. - 612 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

2. Оптическая и квантовая электроника : Учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Высшая школа, 2001. - 574[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 147 экз.)

3. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники). (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. (Используется для практических занятий). - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750 (дата обращения: 08.08.2018).

2. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 41 с. (Используется для практических занятий) - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059 (дата обращения: 08.08.2018).

3. Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Е. М. Покровская - 2018. 13 с. (Используется для практических занятий). - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7289 (дата обращения: 08.08.2018).

4. Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики [Электронный

Согласована на портале № 42392

ресурс]: Сборник статей / В. М. Шандаров, С. М. Шандаров, В. В. Шепелевич - 2013. 275 с. (Используется для практических занятий). - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3012 (дата обращения: 08.08.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

12.5. Периодические издания

1. Квантовая электроника : научно-технический журнал. - М. : Радио и связь . - Журнал выходит с 1971 г.
2. Оптика и спектроскопия. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1956 г.
3. Физика твердого тела. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1959 г.
4. Физика и техника полупроводников. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1967 г.
5. Журнал технической физики. - М. : Наука . - Журнал выходит с 1931 г.
6. Физика : научный журнал : Известия ВУЗов. - Томск : СФТИ . - Журнал выходит с 1958 г.
7. Журнал экспериментальной и теоретической физики . - М. : Наука . - Журнал выходит с 1873 г
8. Письма в ЖТФ [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: (дата обращения 07.08.2018). - Режим доступа: https://journals.ioffe.ru/journals/4 (дата обращения: 08.08.2018).
9. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: (дата обращения 07.08.2018). - Режим доступа: https://journal.tusur.ru/ (дата обращения: 08.08.2018).
10. Успехи физических наук [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: (дата обращения 07.08.2018). - Режим доступа: https://ufn.ru/ (дата обращения: 08.08.2018).
11. Письма в ЖЭТФ [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: (дата обращения 07.08.2018). - Режим доступа: http://www.jetpletters.ac.ru/ru/jetpl.shtml (дата обращения: 08.08.2018).

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

Согласована на портале № 42392

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/пере-

Согласована на портале № 42392

дачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Зависимость нелинейной поляризации среды от электрической напряженности светового поля при мгновенном отклике принято представлять в виде разложения …

а) в ряд Тейлора;

б) в ряд Фурье;

в) в интеграл Фурье;

г) в ряд Стирлинга.

2. Нелинейность второго порядка в разложении нелинейной поляризации среды в ряд по степеням напряженности светового поля характеризует эффекты …

а) генерации третьей гармоники;

б) генерации второй гармоники, суммарных и разностных частот; параметрического усиления и параметрической генерации света;

в) комбинационного рассеяния света и рассеяния Мандельштама-Бриллюэна;

г) самофокусировки и обращения волнового фронта.

3. Нелинейность третьего порядка в разложении нелинейной поляризации среды в ряд по степеням напряженности светового поля характеризует эффекты …

а) генерации второй гармоники;

б) генерации суммарных и разностных частот;

в) генерации третьей гармоники, комбинационного рассеяние света и рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, самофокусировки и обращения волнового фронта;

г) параметрического усиления и параметрической генерации света.

4. Нелинейная оптическая восприимчивость второго порядка является …

а) скалярной величиной;

б) вектором;

в) тензором третьего ранга;

г) тензором второго ранга.

5. Нелинейная оптическая восприимчивость третьего порядка является …

а) тензором третьего ранга;

б) тензором второго ранга;

в) вектором;

г) скалярной величиной.

6. При нелинейном взаимодействии двух световых волн электрическая поляризация на суммарной частоте пропорциональна …

а) сумме напряженностей светового поля этих волн;

б) произведению напряженностей светового поля этих волн;

в) разности напряженностей светового поля этих волн;

г) квадрату модуля произведения напряженностей светового поля этих волн.

7. При нелинейном взаимодействии двух световых волн электрическая поляризация на разностной частоте пропорциональна …

а) разности напряженностей светового поля этих волн;

б) сумме напряженностей светового поля этих волн;

в) произведению напряженностей светового поля этих волн;

г) квадрату модуля произведения напряженностей светового поля этих волн.

8. При генерации в нелинейной среде волны с суммарной частотой её волновой вектор должен быть равен …

а) волновому вектору волны с максимальной частотой;

Согласована на портале № 42392

б) разности волновых векторов порождающих волн;

в) волновому вектору волны с минимальной частотой;

г) сумме волновых векторов порождающих волн.

9. В приближении неистощимой накачки интенсивность второй гармоники в нелинейной среде …

а) пропорциональна квадрату интенсивности волны накачки;

б) пропорциональна интенсивности волны накачки;

в) пропорциональна корню квадратному из интенсивности волны накачки;

г) обратно пропорциональна интенсивности волны накачки.

10. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники реализуется в оптически отрицательном одноосном кристалле при условии …

а) наличия у его кристаллической решетки центра симметрии, для взаимодействия типа ооо-е;

б) отсутствия у его кристаллической решетки центра симметрии, для взаимодействия типа оо-е;

в) наличия у его кристаллической решетки центра симметрии, для взаимодействии типа ее-о;

г) отсутствия у его кристаллической решетки центра симметрии, для взаимодействия типа ее-о.

11. При параметрической генерации света:

а) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с суммарной частотой;

б) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с разностной частотой;

в) один фотон накачки порождает два фотона, сумма частот которых равна частоте накачки;

г) один фотон накачки порождает два фотона, разность частот которых равна частоте накачки.

12. Приложение постоянного однородного электрического поля к периодической доменной структуре приводит к периодическим изменениям показателя преломления …

а) вследствие различий в статической диэлектрической проницаемости в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации;

б) вследствие различий в статической магнитной проницаемости в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации;

в) вследствие различий в знаках линейного электрооптического коэффициента r в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации;

г) вследствие различий в знаках квадратичного электрооптического коэффициента R в доменах с противоположными направлениями вектора спонтанной поляризации.

13. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором:

а) мощность данной гармоники увеличивается линейно;

б) мощность данной гармоники увеличивается квадратично;

в) мощность данной гармоники достигает первого минимума;

г) мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения.

14. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет фотоионизации:

а) пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров;

б) обратно пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров;

в) пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и обратно пропорциональна концентрации нейтральных доноров;

г) обратно пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и прямо пропорциональна концентрации нейтральных доноров.

15. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет рекомбинации:

а) положительна и пропорциональна концентрации как электронов в зоне проводимости, так и ловушечных центров;

б) отрицательна и пропорциональна как концентрации электронов в зоне проводимости, так

Согласована на портале № 42392

и концентрации ловушечных центров;

в) отрицательна, прямо пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров;

г) положительна, пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров.

16. Амплитуда поля пространственного заряда фоторефрактивной решетки при диффузионном механизме её формирования достигает максимума:

а) при диффузионном поле, в два раза превосходящем поле насыщения ловушек;

б) при поле насыщения ловушек, в два раза превосходящем диффузионное поле;

в) при диффузионном поле, равном полю насыщения ловушек;

г) при нулевом значении поля насыщения ловушек.

17. Какой эффект самодифракции наблюдается в фоторефрактивной среде с чисто нелокальным откликом?

а) перекачка фазы совместно с перекачкой мощности (интенсивности);

б) перекачка фазы;

в) перекачка фазы от пучка накачки к сигнальному пучку;

г) перекачка мощности (интенсивности).

18. Какие свойства фоторефрактивных кристаллов используется в адаптивных голографических интерферометрах?

а) динамический характер фоторефрактивных голограмм в сочетании с конечной инерционностью процесса их формирования;

б) динамический характер фоторефрактивных голограмм исключительно;

в) конечная инерционность процесса формирования фоторефрактивных голограмм исключительно;

г) возможность одновременного формирования фазовых и амплитудных голограмм.

19. Самофокусировки светового пучка происходит в среде, где …

а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света;

б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света;

в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и уменьшаются с интенсивностью света;

г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка.

20. Светлые пространственные солитоны наблюдаются:

а) в самодефокусирующей среде;

б) в среде с нелокальным откликом;

в) в самофокусирующей среде;

г) в среде, одновременно характеризующейся самодефокусирующей и нелокальной нелинейностью.

14.1.2. Темы контрольных работ

Нелинейные явления в оптических волноводах

Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления.

Устройства и системы нелинейной фотоники, квантовой электроники и динамической голографии

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, основная и дополнительная литература. История открытия нелинейно-оптических эффектов, голографии и явления фоторефракции. Современное состояние и научная проблематика фотоники нелинейных структур.

Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике.Общий подход к описанию нелинейных эффектов. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии.Качественное описание основных эффектов оптической и динамической голографии. Интерференция световых пучков, основные физические процессы при формировании динамических фоторефрактивных голограмм, основные эффекты динамической голографии.

Согласована на портале № 42392

Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация.

Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Методы формирования регулярных доменных структур. Линейная дифракция света на периодических доменных структурах. Генерация второй гармоники на периодических доменных структурах. Параметрическая генерация света в периодических доменных структурах.

Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник и параметрическая генерация на периодических доменных структурах в оптических волноводах. Формирование периодических доменных структур электронным пучком. Визуализация периодических доменных структур, записанных электронным пучком.

Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм. Формирование фоторефрактивных голограмм в постоянном и знакопеременном внешних электрических полях. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локальном и нелокальном типах нелинейного отклика.

Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. Временные оптические солитоны. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие.

Динамическая голография и обращение волнового фронта. Способы обращения волнового фронта и применения. Лазеры на динамических решетках. Оптическая бистабильность. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо.

14.1.4. Вопросы дифференцированного зачета

1. Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике.

2. Общий подход к описанию нелинейных эффектов.

3. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка.

4. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии.

5. Качественное описание основных эффектов оптической и динамической голографии. Интерференция световых пучков, основные физические процессы при формировании динамических фоторефрактивных голограмм.

6. Качественное описание основных эффектов оптической и динамической голографии. Основные эффекты динамической голографии.

7. Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития.

8. Генерация второй гармоники.

9. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники.

10. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия.

11. Параметрическое усиление света.

Согласована на портале № 42392

12. Параметрическая генерация света.

13. Вынужденное комбинационное рассеяние.

14. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

15. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах.

16. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках.

17. Методы формирования регулярных доменных структур.

18. Линейная дифракция света на периодических доменных структурах.

19. Генерация второй гармоники на периодических доменных структурах.

20. Параметрическая генерация света в периодических доменных структурах.

21. Волноводная генерация второй гармоники.

22. Генерация гармоник и параметрическая генерация на периодических доменных структурах в оптических волноводах.

23. Формирование периодических доменных структур электронным пучком.

24. Визуализация периодических доменных структур, записанных электронным пучком.

25. Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений.

26.. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины.

27. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм.

28. Формирование фоторефрактивных голограмм в постоянном и знакопеременном внешних электрических полях.

29. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн.

30. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локальном и нелокальном типах нелинейного отклика.

31. Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде.

32. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков.

33. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов.

34. Временные оптические солитоны.

35. Пространственные оптические солитоны.

Согласована на портале № 42392

36. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие.

37. Динамическая голография и обращение волнового фронта.

38. Способы обращения волнового фронта и применения.

39. Лазеры на динамических решетках.

40. Оптическая бистабильность.

41. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо.

42. Использование эффектов параметрического усиления, генерации и вынужденного комбинационного рассеяние света в спектроскопии и квантовой фотонике.

43. Голографические системы оптической памяти и распознавания образов.

44. Адаптивные голографические корреляторы на основе динамических голограмм в фоторефрактивных кристаллах.

45. Адаптивные голографические интерферометры на основе динамических голограмм в фоторефрактивных кристаллах.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;

Согласована на портале № 42392

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 42392