МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Волоконные лазеры

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	16	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	34	34	часов
4	Самостоятельная работа	38	38	часов
5	Всего (без экзамена)	72	72	часов
6	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Зачет: 8 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 41002

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) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 03.09.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

заведующий кафедрой электронных приборов (ЭП) 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:

Профессор кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	Л. Н. Орликов
Доцент кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	А. И. Аксенов

Согласована на портале № 41002

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов способности к анализу задач по разработке, эксплуатации и исследованию волоконных лазеров на основе изучения студентами базовых физических принципов функционирования основных элементов волоконных лазерных систем, а также готовности студентов к математическому моделированию физических процессов, определяющих работу волоконных лазеров, и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение основных методов и приемов реализации волоконных лазерных систем, рассмотрение конкретных типов волоконных лазеров, методов их расчета, проектирования и применения в технологических и измерительных системах

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Волоконные лазеры» (Б1.В.ДВ.1.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Оптическая физика, Основы фотоники, Физика, Физика конденсированного состояния, Физические основы квантовой и оптической электроники.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Приборы квантовой электроники и фотоники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

– ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; модели процессов и объектов фотоники и оптоинформатики; стандартные пакеты автоматизированного проектирования

– **уметь** анализировать поставленную задачу исследований в области фотоники и оптоинформатики; моделировать процессы и объекты фотоники и оптоинформатики, исследовать их на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов

– **владеть** способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	34	34
Лекции	16	16
Практические занятия	18	18

Согласована на портале № 41002

Самостоятельная работа (всего)	38	38
Подготовка к контрольным работам	16	16
Проработка лекционного материала	14	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	8
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

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
8 семестр					
1 Введение	1	0	2	3	ПК-1, ПК-2
2 Волоконные световоды	3	4	9	16	ПК-1, ПК-2
3 Элементы волоконного лазера	4	4	9	17	ПК-1, ПК-2
4 Характеристики волоконных лазеров	4	5	9	18	ПК-1, ПК-2
5 Волоконные промышленные лазеры и их применение	4	5	9	18	ПК-1, ПК-2
Итого за семестр	16	18	38	72	
Итого	16	18	38	72	

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
8 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Связь дисциплины с другими разделами физики и фотоники. История развития волоконных лазеров.	1	ПК-1, ПК-2
	Итого	1	
2 Волоконные световоды	Волоконные световоды для систем оптической связи и волоконных лазеров. Профили показателя преломления. Геометрическая оптика волоконных световодов. Электромагнитная теория волоконных световодов круглого сечения. Моды волоконных световодов.	3	ПК-1, ПК-2

Согласована на портале № 41002

	Итого	3	
3 Элементы волоконного лазера	Активирующие примеси для волоконных световодов. Фотоиндуцированные брэгговские решетки показателя преломления в световодах. Активные волоконные световоды. Схемы накачки активных световодов. Особенности волоконных световодов как усилительной среды.	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Характеристики волоконных лазеров	Лазеры на основе световодов, легированных Nd3+. Лазеры на основе световодов, легированных Yb3+. Лазеры на основе световодов, легированных Er3+. Лазеры на основе световодов, легированных Tm3+. Лазеры на основе световодов, легированных Ho3+	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
5 Волоконные промышленные лазеры и их применение	Продукция отечественных и зарубежных компаний, производящих волоконные лазеры. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная маркировка и гравировка. Лазерная микрообработка. Лазерная интерферометрия.	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

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
Предшествующие дисциплины					
1 Оптическая физика	+	+	+	+	+
2 Основы фотоники	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+
4 Физика конденсированного состояния	+	+	+	+	+
5 Физические основы квантовой и оптической электроники	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты		+	+	+	+
2 Приборы квантовой электроники и фотоники		+	+	+	+

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Согласована на портале № 41002

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-1	+	+	+	Контрольная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-2	+	+	+	Контрольная работа, Тест, Отчет по практическому занятию

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.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Волоконные световоды	Распространение световых волн в волоконных световодах	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
3 Элементы волоконного лазера	Элементы волоконного лазера	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Характеристики волоконных лазеров	Энергетические и временные характеристики волоконных лазеров	5	ПК-1, ПК-2
	Итого	5	
5 Волоконные промышленные лазеры и их применение	Измерительные и интерферометрические системы на основе волоконных лазеров	5	ПК-1, ПК-2
	Итого	5	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

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

Согласована на портале № 41002

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПК-2	Тест
	Итого	2		
2 Волоконные световоды	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	9		
3 Элементы волоконного лазера	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	9		
4 Характеристики волоконных лазеров	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	9		
5 Волоконные промышленные лазеры и их применение	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	9		
Итого за семестр		38		
Итого		38		

Согласована на портале № 41002

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Контрольная работа	20		20	40
Отчет по практическому занятию	15	15	15	45
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	40	20	40	100
Нарастающим итогом	40	60	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Богданов А.В., Голубенко Ю.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс]: Учебное пособие. 2 е изд., испр. и доп. – СПб. Издательство «Лань», 2018.

Согласована на портале № 41002

– 236 с. ил. ISBN 978-5-8114-2027-8 - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/101825#book_name (дата обращения: 30.07.2018).

2. Айхлер, Юрген. Лазеры. Исполнение, управление, применение : научно-популярное издание. - М. : Техносфера , 2012. - 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

3. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – СПб. Издательство «Лань», 2011. — 544 с. ил. ISBN 978 5 8114 1136 8 - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95150#book_name (дата обращения: 30.07.2018).

4. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1578 (дата обращения: 30.07.2018).

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

12.2. Дополнительная литература

1. Ярив, Амнон. Оптические волны в кристаллах : Пер. с англ.. - М. : Мир , 1987. - 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

2. Звелто, Орацио. Принципы лазеров : Пер. с англ.. - М. : Мир , 1990. - 558 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

3. Хакен, Герман. Лазерная светодинамика : Пер. с англ.. - М. : Мир , 1988. - 350, [2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Волоконные лазеры [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2018. 29 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8301 (дата обращения: 30.07.2018).

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. Курков А.С., Дианов Е.М. Непрерывные волоконные лазеры средней мощности // Квантовая электроника. – 2004. – Т. 34. – № 10. – С. 881–900.

2. Васильев С.А., Медведков О.И., Королев И.Г., Божков А.С., Курков А.С., Дианов Е.М. Волоконные решетки показателя преломления и их применения // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – № 12. – С. 1085–1103.

3. Дианов Е.М. Волоконные лазеры // УФН. – 2004. – Т. 174. – № 10. – С. 1139–1142.

Согласована на портале № 41002

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.

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.

Согласована на портале № 41002

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/передачи 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

При полном внутреннем отражении:

а) отраженная волна в оптически более плотной среде отсутствует;

б) отраженная волна в оптически менее плотной среде отсутствует;

в) преломленная волна в оптически более плотной среде отсутствует;

г) преломленная волна в оптически менее плотной среде отсутствует.

В волоконном световоде показатель преломления сердцевины:

а) должен быть равен показателю преломления внутренней оболочки;

б) должен быть меньше показателя преломления внутренней оболочки;

в) должен быть больше показателя преломления внутренней оболочки;

г) должен быть меньше показателя преломления внешней оболочки.

В градиентном волоконном световоде показатель преломления:

а) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;

б) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;

г) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям;

д) плавно изменяется вдоль оси световода.

Основная мода волоконного световода HE11:

а) характеризуется нулевым значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;

б) максимальным значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;

в) постоянным значением напряженности электрического поля в сердцевине;

г) постоянным значением напряженности магнитного поля в сердцевине.

В цилиндрическом волоконном световоде не имеют отсечки:

а) моды TM01 и TE01;

б) моды HE21 и EH21;

в) мода HE11;

г) мода EH11.

Волноводная дисперсия в волоконных световодах заключается:

а) в зависимости магнитной проницаемости сердцевины от длины волны излучения;

б) в зависимости показателя преломления сердцевины от длины волны излучения;

в) в зависимости показателя преломления внутренней оболочки от длины волны излучения;

г) в зависимости постоянной распространения моды от длины волны излучения.

В активирующих примесях волоконных световодов для получения лазерной генерации используются:

Согласована на портале № 41002

а) электронные переходы между уровнями незаполненной внутренней f-оболочки ионов редкоземельных элементов;

б) колебательно-вращательные переходы;

в) только безызлучательные переходы;

г) только спонтанные переходы.

Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера используются:

а) столкновения 1-го рода;

б) накачка электронным пучком;

в) оптическая накачка;

г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры.

Брэгговские зеркала в волоконных световодах реализуются:

а) за счет отражения от атомных плоскостей кристаллов;

б) за счет сколов торцов волокон, ортогональных их оси;

в) за счет периодических возмущений магнитной проницаемости волокна;

г) за счет фотоиндуцированных решеток показателя преломления в волоконном световоде.

В схемах накачки активных световодов используется:

а) точечное облучение сфокусированным излучением через цилиндрическую боковую поверхность;

б) сканирование пучка накачки по боковой поверхности световода;

в) принцип распределения вводимого излучения накачки по длине активного световода с использованием набора V-образных канавок или двойного волоконного световода с общим полимерным покрытием;

г) генерация излучения накачки в световоде за счет катодолюминесценции.

Пространственный период брэгговской решетки, обеспечивающей селективное отражение:

а) пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды;

б) прямо пропорционален половине длины волны генерируемого излучения и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной моды;

в) прямо пропорционален половине длины волны излучения накачки и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной моды;

г) обратно пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды.

Использование брэгговских зеркал в волоконных лазерах обеспечивает:

а) многомодовую генерацию в широкой области спектра;

б) эффективное использование излучения накачки;

в) одномодовую генерацию излучения с высокой степенью монохроматичности и большой длиной когерентности;

г) импульсный режим генерации.

Волоконные лазеры на основе световодов, легированных Nd^{3+}, Yb^{3+}, Er^{3+}, Tm^{3+}и Ho^{3+} генерируют излучение:

а) в видимой области спектра;

б) в ближней инфракрасной области;

в) в ближней ультрафиолетовой области;

г) в дальней инфракрасной области.

Типичные выходные мощности промышленных волоконных лазеров на основе световодов, легированных Nd^{3+}, Yb^{3+}, Er^{3+}, Tm^{3+}и Ho^{3+} составляют:

а) десятки МВт;

б) единицы мкВт;

в) единицы ГВт;

г) от единиц мВт до единиц кВт.

Достоинством технологических волоконных лазеров является:

а) доставка излучения с использованием коллимирующих устройств;

б) доставки излучения с помощью волоконного кабеля необходимой длины (50 м и более);

Согласована на портале № 41002

в) доставка излучения с использованием фокусирующих устройств;

г) доставка излучения через атмосферный канал.

Использование волоконных лазерных систем резки наиболее целесообразно:

а) для тонких листовых материалов;

б) для толстых листовых материалов;

в) для профилированных материалов;

г) для пищевых продуктов.

Для лазерной маркировки изделий из пластика и металла наиболее целесообразно использование волоконных лазерных систем:

а) с непрерывным режимом генерации и мощностью 1 мВт;

б) с импульсным режимом генерации при пиковой мощности порядка 5 кВт, частоте повторения от 20 до 200 кГц и длительности импульсов от 10 до 100 нс;

в) с непрерывным режимом генерации и мощностью 1 кВт;

г) с моноимпульсным режимом генерации при энергии импульса 1 мкДж и длительности 1 мс.

Для лазерной микрорезки полупроводниковых пластин и электронных компонентов наиболее целесообразно использование волоконных лазерных систем:

а) вследствие их компактности, высокого качества пучка и доставки излучения с помощью волоконного кабеля необходимой длины;

б) вследствие большой длины когерентности излучения;

в) вследствие высокой степени монохроматичности излучения;

г) вследствие большой длины лазерного резонатора.

Для лазерных интерферометрических систем целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:

а) вследствие высокой степени монохроматичности и большой длины когерентности излучения;

б) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;

в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;

г) вследствие большой длины лазерного резонатора.

Для систем лазерной спектроскопии целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:

а) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;

б) вследствие высокой степени монохроматичности генерируемого излучения;

в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;

г) вследствие большой длины лазерного резонатора.

14.1.2. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Распространение световых волн в волоконных световодах

Элементы волоконного лазера

Энергетические и временные характеристики волоконных лазеров

Измерительные и интерферометрические системы на основе волоконных лазеров

14.1.3. Темы контрольных работ

Дайте определение понятию «критический угол»

Сформулируйте условия существования направляемых мод в световоде в приближениях геометрической оптики и в рамках электромагнитной теории

Чем отличаются ТЕ- и ТМ-моды?

Чем отличаются световоды со ступенчатым и с градиентным профилями показателя преломления?

Что означает понятие отсечки моды? Все ли моды имеют отсечку?

Какие моды называются меридиональными? Моды каких порядков (в соответствии с электромагнитной теорией) цилиндрического световода являются меридиональными?

Что представляют собой гибридные моды цилиндрического световода?

Какие физические явления обусловлены дисперсией, присущей волоконным световодам?

В чем преимущество использования градиентных волоконных световодов?

Какими физическими факторами обусловлены оптические потери в волоконных светово-

Согласована на портале № 41002

дах?

Какие материалы используются в качестве основы для лазерных волоконных световодов?

Какие химические элементы используются для создания активных волоконных световодов, позволяющих создать в них оптической накачкой состояние инверсии населенностей? Между уровнями какой оболочки примесных ионов необходимо инициировать для этого электронные переходы?

Какие источники оптического излучения используются для накачки волоконных лазеров?

Какова цель использования двойной оболочки в лазерных волоконных световодах? Почему любая некруглая форма поперечного сечения внутренней оболочки предпочтительней, чем круглая?

Как можно реализовать зеркала в волоконных лазерах?

На какой длине волны происходит отражение от волоконных брэгговских решеток?

Как создаются волоконные брэгговские решетки? От каких параметров решетки зависит коэффициент отражения излучения?

Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при трехуровневой схеме накачки.

Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при четырехуровневой схеме накачки.

Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

14.1.4. Зачёт

В каком спектральном диапазоне может генерировать излучение волоконный лазер на основе световодов, легированных Nd3+?

Какое излучение накачки необходимо использовать для волоконного лазера на основе световодов, легированных Nd3+?

В каком спектральном диапазоне может генерировать излучение волоконный лазер на основе световодов, легированных Yb3+?

Какое излучение накачки необходимо использовать для волоконного лазера на основе световодов, легированных Yb3+?

В каком спектральном диапазоне может генерировать излучение волоконный лазер на основе световодов, легированных Er3+?

Какое излучение накачки необходимо использовать для волоконного лазера на основе световодов, легированных Er3+?

В каком спектральном диапазоне может генерировать излучение волоконный лазер на основе световодов, легированных Tm3+?

Какое излучение накачки необходимо использовать для волоконного лазера на основе световодов, легированных Tm3+?

В каком спектральном диапазоне может генерировать излучение волоконный лазер на основе световодов, легированных Ho3+

Какое излучение накачки необходимо использовать для волоконного лазера на основе световодов, легированных Ho3+

Для резки каких листовых материалов, тонких или толстых, использование волоконных лазеров наиболее целесообразно, в сравнении с лазерами на CO2?

Какую мощность должны обеспечивать волоконные лазеры для сварки металлических материалов – мВт или кВт?

Какой режим работы лазера, непрерывный или импульсный, используется для лазерной маркировки изделий?

Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной гравировки.

Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микрообработки.

Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микропайки и микросварки.

Какие особенности конструкции волоконных лазеров обеспечивают большое значение длины когерентности их излучения?

Какой вид когерентности играет наиболее важную роль в лазерных интерферометрических системах?

Согласована на портале № 41002

По каким причинам свойство временной когерентности лазерного излучения очень важно для голографии?

Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

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;
- 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:

Согласована на портале № 41002

- 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 № 41002