

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ГАЗОВЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 7;
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	5 семестр - 48 часа;
Практические занятия	5 семестр - 48 часа;
Лабораторные работы	5 семестр - 32 часа;
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 121,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Дискуссия	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Близнюк В.В.
	Идентификатор	R87b84c87-BlizniukVV-6369d50b

(подпись)

В.В. Близнюк

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ лазерной техники, изучение основных принципов работы и характеристик газовых и твердотельных лазеров.

Задачи дисциплины

- изучение роли газовых и твердотельных лазеров в современной науке и технике;
- освоение физических основ работы газовых и твердотельных лазеров;
- приобретение навыков постановки научных проблем, возникающих при исследованиях газовых и твердотельных лазеров.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	ИД-1 _{ПК-1} Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	уметь: - выбирать круг задач в рамках диагностики излучения газовых лазеров.
ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	ИД-6 _{ПК-1} Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов	знать: - методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники; - современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров. уметь: - проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик твердотельных лазеров; - использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров; - определять перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Принципы взаимодействия света с веществом
- знать Физические модели оптического излучения
- уметь Рассчитывать параметры оптического излучения сложной структуры

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Газовые лазеры	110	5	24	16	24	-	-	-	-	-	46	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Газовые лазеры". Подготовка к КМ-1,3,5,6</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Газовые лазеры" материалу.</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Газовые лазеры" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение лекционного и изучение дополнительного материала по разделу "Газовые лазеры"</p>
1.1	Общая классификация газовых лазеров. Создание активной среды. Резонаторы. Спектр излучения и режимы генерации.	34		6	8	6	-	-	-	-	-	14	-	
1.2	Газоразрядные лазеры на атомных переходах	34		6	8	6	-	-	-	-	-	14	-	
1.3	Газоразрядные лазеры на ионных переходах	21		6	-	6	-	-	-	-	-	9	-	
1.4	Лазеры на колебательно-вращательных переходах молекул	21		6	-	6	-	-	-	-	-	9	-	

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 85-93, 98-126 [4], 5-13 [5], 11-36, 134-157
2	Твердотельные лазеры	106	24	16	24	-	-	-	-	-	42	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>
2.1	Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред. Трехуровневые и четырехуровневые среды	34	6	8	6	-	-	-	-	-	14	-	Повторение материала по разделу "Твердотельные лазеры". Подготовка к КМ-2,4,5,6 <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Твердотельные лазеры" материалу.
2.2	Режимы работы твердотельных лазеров. Способы активной и пассивной модуляции добротности	19	6	-	6	-	-	-	-	-	7	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Твердотельные лазеры" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
2.3	Оптические источники накачки. Газоразрядные лампы накачки. Диодные системы накачки	19	6	-	6	-	-	-	-	-	7	-	профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Твердотельные лазеры" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
2.4	Оптические элементы твердотельных лазеров. Управление пространственными и спектральными параметрами лазеров	34	6	8	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Твердотельные лазеры" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение лекционного и изучение дополнительного материала по разделу "Твердотельные лазеры" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>

														[1], 62-73 [2], 21-34 [3], 152-180, 281-294; 306-313, 319-322 [4], 27-41 [5], 217-225
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	252.0	48	32	48	-	2	-	-	0.5	88	33.5		
	Итого за семестр	252.0	48	32	48		2	-		0.5		121.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Газовые лазеры

1.1. Общая классификация газовых лазеров. Создание активной среды. Резонаторы. Спектр излучения и режимы генерации.

История развития газовых лазеров. Их значение в науке и технике. Блок-схема лазера и принцип его работы. Виды накачки в газовых лазерах. Условия создания инверсной среды. Состояние активной среды в газоразрядных лазерах (ГРЛ) и основные параметры, характеризующие его. Резонаторы, используемые в ГРЛ. Основные параметры резонаторов. Формирование спектра излучения ГРЛ. Основное условие самовозбуждения ГРЛ. Дополнительное условие генерации. Явление линейного и нелинейного затягивания частоты генерации. Многомодовый режим генерации. Одномодовый режим генерации. Условия его реализации. Одночастотный режим генерации и способы его реализации..

1.2. Газоразрядные лазеры на атомных переходах

Гелий-неоновый лазер (ГНЛ). Механизм создания инверсной среды в ГНЛ. Его конструктивные особенности. Конкуренция лазерных переходов и способы борьбы с ней. Модельный ряд промышленных ГНЛ и их основные параметры..

1.3. Газоразрядные лазеры на ионных переходах

Ионные лазеры непрерывного действия на переходах ионов инертных газов, а также ионов металлов и металлоидов, находящихся в парообразном состоянии. Аргоновый ионный лазер. Механизм создания инверсии. Аргоновые лазеры с кварцевым разрядным каналом, с разрядным каналом из бериллиевой керамики и графитовым разрядным каналом. Модельный ряд промышленных ионных лазеров и их основные параметры. Срок службы ионных лазеров, и пути его увеличения..

1.4. Лазеры на колебательно-вращательных переходах молекул

Газоразрядный молекулярный лазер непрерывного действия на смеси углекислого газа и азота. Механизм создания в нем инверсной среды. Особенности конструкции. Газодинамический лазер (ГДЛ) на смеси углекислого газа и азота. Основные характеристики ГДЛ..

2. Твердотельные лазеры

2.1. Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред. Трехуровневые и четырехуровневые среды

Из истории создания твердотельных лазеров. Спектр поглощения. Оптическая накачка твердотельных лазеров. Пороговая инверсная населенность. Трехуровневые и четырёхуровневые среды. Уравнения для населенности возбужденных состояний. Основные активные среды твердотельных лазеров. Кристалл иттрий-алюминиевого граната с неодимом. Стекло с неодимом. Кристалл иттриевого ванадата с неодимом. Кристалл рубина. Кристалл александрита. Кристалл сапфира с титаном. Щёлочно-галлоидные кристаллы с центрами окраски..

2.2. Режимы работы твердотельных лазеров. Способы активной и пассивной модуляции добротности

Непрерывный, моноимпульсный, импульсно-периодический режим. Модуляция добротности при помощи электрооптического затвора. Модуляция добротности при помощи акустооптического затвора. Пассивная модуляция добротности. Синхронизация мод

твердотельных лазеров. Способы синхронизации мод. Компенсация материальной дисперсии в твердотельных лазерах..

2.3. Оптические источники накачки. Газоразрядные лампы накачки. Диодные системы накачки

Ксеноновые, криптоновые лампы накачки. Диодные системы накачки. Поперечная и продольная схема..

2.4. Оптические элементы твердотельных лазеров. Управление пространственными и спектральными параметрами лазеров

Внутрирезонаторные элементы для управления спектральными и пространственными параметрами лазеров. Нелинейное преобразование частоты излучения твердотельных лазеров..

3.3. Темы практических занятий

1. Основные типы резонаторов. Расчет обобщенных параметров резонаторов;
2. Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред;
3. Оптические источники и схемы накачки твердотельных лазеров;
4. Расчет энергетических, пространственно-энергетических и поляризационных характеристик излучения газовых лазеров;
5. Управление спектральными и пространственными параметрами лазеров;
6. Стабилизация и воспроизведение частоты лазерного излучения одночастотных лазеров. Расчет частоты продольной моды одночастотного лазера;
7. Режимы работы твердотельных лазеров. Методы модуляции добротности;
8. Оптимизация режима генерации гелий-неонового, аргонового и молекулярного лазеров. Расчет их КПД;
9. Порог инверсии и порог генерации. Количественная характеристика накачки газовой среды – коэффициент превышения. Расчет коэффициента превышения через порог инверсии и порог генерации.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение явления фокусировки лазерного пучка с помощью линзы;
2. Исследование насыщения в газовых лазерах;
3. Исследование поляризационных характеристик излучения газового лазера;
4. Использование спектрофотометра СФ-10 для исследования элементов лазеров;
5. Определение коэффициента распространения пучка M^2 ;
6. Изучение свойств лазерного излучения;
7. Измерение ватт-амперной характеристики He-Ne лазера.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Газовые лазеры"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Твердотельные лазеры"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	
Знать:				
современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров	ИД-бПК-1		+	Тестирование/Тест 2
методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники	ИД-бПК-1	+		Тестирование/Тест 1
Уметь:				
выбирать круг задач в рамках диагностики излучения газовых лазеров	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Определение характеристик и параметров газовых лазеров
определять перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров	ИД-бПК-1	+	+	Дискуссия/Защита второго цикла лабораторных работ
использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров	ИД-бПК-1	+	+	Дискуссия/Защита первого цикла лабораторных работ
проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик твердотельных лазеров	ИД-бПК-1		+	Контрольная работа/Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест 1 (Тестирование)
2. Тест 2 (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение характеристик и параметров газовых лазеров (Контрольная работа)
2. Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита второго цикла лабораторных работ (Дискуссия)
2. Защита первого цикла лабораторных работ (Дискуссия)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ищенко, Е. Ф. Учебное пособие по курсу "Расчет и проектирование лазерных систем": Элементы расчета и проектирования лазерных систем / Е. Ф. Ищенко, Г. С. Рамазанова, Б. Н. Семенов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1988 . – 76 с.;
2. Тарасов, Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. Лазеры, резонаторы, динамика процессов / Л. В. Тарасов . – М. : Радио и связь, 1981 . – 440 с.;
3. Айхлер, Ю. Лазеры. Исполнение, управление, применение : пер. с нем. / Ю. Айхлер, Г. И. Айхлер . – М. : Техносфера, 2012 . – 496 с. – (Мир физики и техники) . - ISBN 978-5-94836-309-7 .;
4. Источники лазерного излучения : задачник по направлению "Электроника и наноэлектроника" / В. В. Близнюк, П. Г. Зверев, О. И. Коваль, В. А. Паршин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 46 с. - ISBN 978-5-7046-1692-4 .
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10312;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10312)

5. Н. В. Карлов- "Лекции по квантовой электронике", Издательство: "Наука", Москва, 1988 - (322 с.)
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45404.](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45404)

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-200, Учебная лаборатория "Квантовые источники излучения"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, колонки, стенд учебный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-204, Учебная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, колонки
Помещения для самостоятельной работы	А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный
Помещения для	А-201/1, Кабинет	стол, стул, шкаф для документов,

консультирования	сотрудников каф. Физики	шкаф для одежды, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Газовые и твердотельные лазеры

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест 1 (Тестирование)
- КМ-2 Тест 2 (Тестирование)
- КМ-3 Определение характеристик и параметров газовых лазеров (Контрольная работа)
- КМ-4 Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров (Контрольная работа)
- КМ-5 Защита первого цикла лабораторных работ (Дискуссия)
- КМ-6 Защита второго цикла лабораторных работ (Дискуссия)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15	15
1	Газовые лазеры							
1.1	Общая классификация газовых лазеров. Создание активной среды. Резонаторы. Спектр излучения и режимы генерации.		+		+		+	+
1.2	Газоразрядные лазеры на атомных переходах		+		+		+	+
1.3	Газоразрядные лазеры на ионных переходах				+			
1.4	Лазеры на колебательно-вращательных переходах молекул				+			
2	Твердотельные лазеры							
2.1	Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред. Трехуровневые и четырехуровневые среды			+		+	+	+
2.2	Режимы работы твердотельных лазеров. Способы активной и пассивной модуляции добротности			+		+		
2.3	Оптические источники накачки. Газоразрядные лампы накачки. Диодные системы накачки			+		+		
2.4	Оптические элементы твердотельных лазеров. Управление пространственными и спектральными параметрами лазеров					+	+	
Вес КМ, %:			10	10	25	25	15	15