

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 2022

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: - современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров; - методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники. уметь: - определять перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров; - использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров; - проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик 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. <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.
2.2	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	-	<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"
2.4	Оптические элементы твердотельных лазеров. Управление пространственными и спектральными параметрами лазеров	34	6	8	6	-	-	-	-	-	14	-	<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. Оптические источники и схемы накачки твердотельных лазеров;
2. Расчет энергетических, пространственно-энергетических и поляризационных характеристик излучения газовых лазеров;
3. Управление спектральными и пространственными параметрами лазеров;
4. Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред;
5. Режимы работы твердотельных лазеров. Методы модуляции добротности;
6. Оптимизация режима генерации гелий-неонового, аргонового и молекулярного лазеров. Расчет их КПД;
7. Порог инверсии и порог генерации. Количественная характеристика накачки газовой среды – коэффициент превышения. Расчет коэффициента превышения через порог инверсии и порог генерации;
8. Стабилизация и воспроизведение частоты лазерного излучения одночастотных лазеров. Расчет частоты продольной моды одночастотного лазера;
9. Основные типы резонаторов. Расчет обобщенных параметров резонаторов.

3.4. Темы лабораторных работ

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

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:				
методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники	ИД-бПК-1	+		Тестирование/Тест 1
современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров	ИД-бПК-1		+	Тестирование/Тест 2
Уметь:				
выбирать круг задач в рамках диагностики излучения газовых лазеров	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Определение характеристик и параметров газовых лазеров
проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик твердотельных лазеров	ИД-бПК-1		+	Контрольная работа/Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров
использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров	ИД-бПК-1	+	+	Дискуссия/Защита первого цикла лабораторных работ
определять перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров	ИД-бПК-1	+	+	Дискуссия/Защита второго цикла лабораторных работ

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