

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

ФОРМИРОВАНИЕ И СЕЛЕКЦИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ МОД В ЛАЗЕРНЫХ РЕЗОНАТОРАХ

Монография

Харьков – 2017

УДК 621.373.826
ББК 32.86-5
Ф 79

Рецензенты:

П. Н. Мележик – член-корреспондент НАН Украины, доктор физико-математических наук, директор Института радиопизики и электроники имени А. Я. Усикова НАН Украины;

С. Л. Просвирнин – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом теоретической радиопизики Радиоастрономического института НАН Украины.

*Утверждено к печати решением Ученого совета
Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина
(протокол № 8 от 24.06.2016 г.)*

Формирование и селекция поперечных мод в лазерных резонаторах : монография / А. В. Дегтярёв, В. А. Маслов, В. А. Свич, А. Н. Топков. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2017. – 212 с.

ISBN 978-966-285-374-2

В монографии обобщены результаты исследований по разработке и реализации методов формирования волновых пучков заданного профиля в открытых и волноводных резонаторах газовых лазеров инфракрасного и субмиллиметрового диапазонов. Описаны методы, позволяющие осуществлять угловую селекцию мод при перестройке лазерных резонаторов, содержащих открытые и волноводные участки.

Монография предназначена для широкого круга научных работников и инженеров, специализирующихся в области лазерной физики и техники. Книга будет полезна также преподавателям, аспирантам и студентам старших курсов радиопизических и физических специальностей, изучающим теорию и практические методы построения оптических систем и вопросы дифракции.

**УДК 621.373.826
ББК 32.86-5**

ISBN 978-966-285-374-2

© Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2017
© Дегтярёв А. В., Маслов В. А., Свич В. А., Топков А. Н., 2017
© Дончик И. Н., макет обложки, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	6
Предисловие	7
Введение	9
Раздел 1. Метод пространственной фурье-фильтрации для формирования мод с заданным профилем выходного излучения в лазерных резонаторах	16
1.1. Формирование фурье-моды в открытых двухзеркальных резонаторах	17
1.1.1. Интегральные уравнения открытых резонаторов в терминах фурье-оптики. Аналитическое обоснование существования фурье-моды для получения выходного пучка с однородным профилем излучения	17
1.1.2. Численное решение интегрального уравнения для двухзеркального резонатора с основным типом колебаний в виде фурье-моды	21
1.2. Интегральные уравнения обобщенных конфокальных резонаторов в терминах фурье-оптики	27
1.2.1. Резонаторы с плоскими зеркалами прямоугольной формы	28
1.2.2. Резонаторы со сферическими зеркалами круговой формы	32
1.3. Численное решение интегрального уравнения для лазерного резонатора	37
1.3.1. Уравнения электромагнитного поля и особенности активных сред газовых лазеров. Критерий устойчивости генерируемых мод	37
1.3.2. Численный алгоритм расчета интегрального уравнения для резонатора с активной средой	42
1.4. Селективное возбуждение гауссовых мод высших типов в обобщенном конфокальном резонаторе	48
Раздел 2. Формирование моды с квазиоднородным профилем выходного излучения в непрерывных CO₂-лазерах с неоднородными зеркалами	54
2.1. Формирование фурье-моды с квазиоднородным профилем выходного излучения в CO ₂ -лазере с амплитудно-ступенчатым зеркалом	55
2.1.1. Расчетные характеристики фурье-моды пассивного резонатора	55

2.1.2. Сравнение экспериментальных и расчетных данных для резонатора с активной средой.....	66
2.2. Получение фурье-моды с квазиоднородным профилем выходного излучения в CO ₂ -лазере с фазоступенчатым зеркалом.....	78
2.2.1. Расчетные характеристики фурье-моды пассивного резонатора.....	78
2.2.2. Сравнение экспериментальных и расчетных данных для резонатора с активной средой	87

Раздел 3. Формирование моды с квазиоднородным профилем

выходного излучения в волноводных лазерах	93
3.1. Получение пучка с квазиравномерным распределением интенсивности в волноводном CO ₂ -лазере с неоднородным зеркалом	94
3.1.1. Неискаженная передача пучков ИК-излучения с неоднородным профилем амплитуды поля вида функций супергаусс и сомбреро в полых диэлектрических волноводах.....	94
3.1.2. Матричная модель пассивного волноводного резонатора с неоднородным зеркалом	103
3.1.3. Влияние геометрии резонатора и параметров неоднородного зеркала на характеристики фурье-моды	109
3.1.4. Экспериментальная установка. Сравнение экспериментальных и численных результатов	117
3.2. Формирование фурье-моды с квазиоднородным профилем выходного излучения в волноводном субмиллиметровом лазере складной конструкции.....	123
3.2.1. Волноводный резонатор складной конструкции.....	123
3.2.2. Теоретическая модель и экспериментальная установка.....	127
3.2.3. Сравнение экспериментальных и расчетных данных для резонатора с активной средой	133
3.3. Получение фурье-моды с квазиоднородным профилем выходного излучения в волноводных резонаторах CO ₂ - и субмиллиметрового лазеров со сферическим и асферическим зеркалами	140
3.3.1. Расчетные модовые характеристики резонаторов	140
3.3.1.1. Резонаторы со сферическим отражателем	140
3.3.1.2. Резонатор с асферическим отражателем	148
3.3.2. Сравнение экспериментальных и численных результатов	151

Раздел 4. Селекция поперечных мод в волноводных квазиоптических резонаторах	156
4.1. Методика расчета волноводных резонаторов с модовыми селекторами.....	158
4.1.1. Селекция низших поперечных типов колебаний	158
4.1.2. Структура поперечных мод высших порядков в дальней зоне ..	164
4.2. Результаты расчета характеристик селектируемых поперечных мод	165
4.2.1. Метод селекции с помощью ирисовой диафрагмы.....	165
4.2.1.1. Резонаторы с отверстиями связи в отражателях	168
4.2.2. Метод селекции участком свободного пространства	171
4.2.3. Селективное возбуждение отдельных высших поперечных типов колебаний	173
4.3. Сравнение экспериментальных и численных результатов	180
Заключение	194
Список литературы	196
Приложение	209