

В. Ю. ХОМИЧ
В. А. ЯМЩИКОВ

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО
ВОЗБУЖДЕНИЯ МОЩНЫХ
CO₂-, N₂- и F₂-ЛАЗЕРОВ



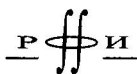
**В. Ю. ХОМИЧ
В. А. ЯМЩИКОВ**

**ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО
ВОЗБУЖДЕНИЯ МОЩНЫХ
СО₂-, N₂- и F₂-ЛАЗЕРОВ**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2014

УДК 621.373.826
ББК 32.86
Х 76



*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 14-08-07002,
не подлежит продаже*

Хомич В. Ю., Ямщиков В. А. **Основы создания систем электроразрядного возбуждения мощных CO_2 -, N_2 - и F_2 -лазеров.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. — ISBN 978-5-9221-1583-4.

Монография посвящена разработке и исследованию систем электроразрядного возбуждения CO_2 -, N_2 - и F_2 -лазеров. Система возбуждения рассматривается как единая электрофизическая установка, состоящая из комплекса устройств возбуждения и работающая на принципе объемного самостоятельного разряда. Описываются механизмы и закономерности электрофизических явлений в самостоятельном разряде в газовых средах лазеров. Приведены результаты оптимизации работы систем возбуждения, а также примеры создания на их основе эффективных CO_2 -, N_2 - и F_2 -лазеров, генерирующих в диапазоне излучений от инфракрасного до вакуумного ультрафиолета.

Книга предназначена специалистам по физике лазеров и газоразрядных процессов, конструкторам, преподавателям, аспирантам и студентам физических и физико-технических специальностей.

ISBN 978-5-9221-1583-4

© ФИЗМАТЛИТ, 2014

© В. Ю. Хомич, В. А. Ямщиков, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Глава I. Описание и анализ работы систем возбуждения электро- разрядных CO₂-, N₂- и F₂-лазеров	13
1. Введение	13
1.1. Газоразрядные технологии (13). 1.2. Лазеры (14). 1.3. Моле- кулярные CO ₂ -, N ₂ - и F ₂ -лазеры (15). 1.4. Способы возбуждения газовых лазеров (15). 1.5. Схема электроразрядного лазера (16). 1.6. Обоснование проблемы исследования (19).	
2. Принципы устройства электроразрядных систем возбуждения и требования, предъявляемые к их работе	21
2.1. Составные части системы электроразрядного возбуж- дения (21). 2.2. Образование объемного самостоятельного разряда путем преионизации (21). 2.3. Источники преионизации и электродные системы (24). 2.4. Квазистационарная стадия горения разряда (27). 2.5. Влияние неоднородности электрического поля на устойчивость ОСР (29). 2.6. Коэффициент полезного действия лазера (29). 2.7. Передача электрической энергии от емкостного накопителя к разряду (30). 2.8. Условие оптимизации оптического резонатора (32). 2.9. Требования к удельным значениям мощности и энергии накачки (33). 2.10. Макронеоднородности в объемном самостоятельном разряде (35). 2.11. Нестабильности объемного самостоятельного разряда (35). 2.12. Электрические схемы генераторов накачки (38).	
3. Выбор общего подхода и методики исследования систем возбужде- ния электроразрядных лазеров	42
Список литературы	45
Глава II. Системы возбуждения УФ-лазера на молекулярном азоте	50
1. Введение	50
2. Электрическая схема системы возбуждения	50
3. Исследование эффективности накачки электроразрядного N ₂ -лазера	52
4. N ₂ -лазер с магнитной схемой сжатия импульса накачки	59
Список литературы	60

Глава III. Система возбуждения N_2-лазера пучком убегающих электронов, получаемых в объемном самостоятельном разряде	62
1. Введение	62
2. Исследование электронного пучка в открытом разряде	63
2.1. Эффект убегающих электронов (63). 2.2. Получение электронного пучка методом открытого разряда (64). 2.3. Экспериментальная установка для получения пучка убегающих электронов в открытом разряде (65). 2.4. Исследование характеристик электронного пучка при аномальном разряде в ускоряющем промежутке (66). 2.5. Метод получения пучка убегающих электронов с режимом дополнительного ускорения УЭ полем плазменного столба аномального самостоятельного разряда (72). 2.6. Другие способы получения убегающих электронов (76).	
3. N_2 -лазер, возбуждаемый разрядом с пучком убегающих электронов	78
4. О потенциальной возможности накачки лазеров пучками убегающих электронов для генерации ВУФ-излучения	81
Список литературы	82
Глава IV. Повышение эффективности генерации ВУФ-излучения F_2-лазера методом оптимизации процесса энерговклада в активную среду	87
1. Введение	87
2. Некоторые сведения о свойствах и особенностях электроразрядного возбуждения F_2 -лазера	89
2.1. Лазерные переходы в молекуле F_2 (89). 2.2. Кинетические процессы, происходящие в F_2 -лазере с накачкой объемным самостоятельным разрядом (89). 2.3. Особенности работы лазера (90). 2.4. Подходы к созданию систем возбуждения F_2 -лазеров (91).	
3. Метод и условия оптимального возбуждения активной среды	92
4. Экспериментальные исследования условий эффективного возбуждения мощного электроразрядного F_2 -лазера	94
4.1. Экспериментальная установка и методика измерений (94). 4.2. Результаты экспериментов (97). 4.3. Влияние буферного газа неона на работу F_2 -лазера (103). 4.4. Обсуждение результатов (105).	
5. Малогабаритный ВУФ-лазер на молекулярном фторе	107
5.1. Влияние концентрации F_2 на работу лазера (107). 5.2. Основные требования к системе возбуждения и условиям накачки лазера (108). 5.3. Экспериментальная установка и результаты экспериментов (111). 5.4. Обсуждение и анализ экспериментов (113). 5.5. Повышение ресурса работы газовой смеси F_2 -лазера (117).	
Список литературы	119
Глава V. Системы электроразрядного возбуждения мощных CO_2-лазеров	124
1. Введение	124
1.1. Механизм искажения электрического поля в разрядном промежутке и его влияние на формирование ОСР (124). 1.2. Режим	

с крутым фронтом напряжения накачки (126). 1.3. Режим с затянутым фронтом напряжения накачки (131).	
2. Система возбуждения мощного CO_2 -лазера с ОСР, инициированным слаботочным электронным пучком	132
2.1. Применения электронного пучка для инициирования самостоятельного разряда в смесях $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ (133). 2.2. Описание экспериментальной установки (135). 2.3. Характеристики плазмы СЭП в смесях $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ (136). 2.4. Особенности ОСР, инициируемого СЭП (140).	
3. Получение предельно однородного объемного самостоятельного разряда с использованием слаботочного пучка ускоренных электронов	142
3.1. Современное состояние проблемы (142). 3.2. Основные виды неоднородностей, образующихся в ОСР (144). 3.3. Критические условия зажигания предельно однородного разряда (148). 3.4. Экспериментальные исследования условий инициирования предельно однородного ОСР в газовых смесях $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ слаботочным электронным пучком (152). 3.5. Выходные характеристики CO_2 -лазеров в условиях предельно однородного разряда (154).	
Список литературы	158