

УДК 621.373.826.038.323  
ББК 32.86-5  
Е27

**Евтушенко Г.С.**

Е27 Лазеры на парах металлов с высокими частотами следования импульсов: монография / Г.С. Евтушенко, Д.В. Шиянов, Ф.А. Губарев; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 276 с.

ISBN 978-5-4387-0188-0

В монографии представлены результаты исследования лазеров на парах металлов и их соединений с высокими частотами следования импульсов генерации. Рассмотрены основные схемы накачки и конструкции активных элементов лазеров на парах металлов. Проводится анализ физических процессов в плазме лазера, ограничивающих его частотные и энергетические характеристики. Большое внимание уделяется влиянию активных примесей на работу лазеров на парах металлов и их выходные характеристики. Рассмотрены некоторые перспективные приложения лазеров на парах металлов с высокими частотами следования импульсов.

Предназначена для специалистов в области физики и техники лазеров, газового разряда, лазерных технологий, а также студентов и аспирантов физико-технических специальностей.

**УДК 621.373.826.038.323  
ББК 32.86-5**

*Рецензенты*

Доктор физико-математических наук, профессор  
заведующий лабораторией оптических излучений  
Института сильноточной электроники СО РАН

*В.Ф. Тарасенко*

Доктор физико-математических наук, профессор  
заведующий кафедрой лазерной и световой техники ТПУ

*В.М. Лисицын*

**ISBN 978-5-4387-0188-0**

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2010  
© Евтушенко Г.С., Шиянов Д.В.,  
Губарев Ф.А., 2010  
© Обложка. Издательство Томского  
политехнического университета, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1</b>	
<b>Физические основы получения импульсно-периодической генерации в парах металлов</b> .....	7
1.1. Принцип создания инверсии в лазерах на самоограниченных переходах в парах металлов. ....	7
1.2. Схемы накачки лазеров на парах металлов с высокой частотой следования импульсов .....	8
1.3. Первые результаты по получению самоограниченной генерации в парах металлов .....	12
1.4. Освоение диапазона частот единицы–десятки килогерц и создание режима «саморазогрева» .....	17
<b>Глава 2</b>	
<b>Режимы работы с высокими частотами следования импульсов генерации в парах чистых металлов</b> .....	20
2.1. Лазеры на парах металлов с высокими частотами следования. Экспериментальные исследования. ....	20
2.1.1. Лазер на парах меди с частотой следования импульсов до 230 кГц .....	20
2.1.2. Лазер на парах золота с частотой повторения импульсов 150 кГц .....	26
2.1.3. Лазер на парах свинца при повышенных частотах следования импульсов .....	29
2.1.4. Достижимые частоты следования импульсов генерации лазера на парах марганца .....	32
2.1.5. Лазер на парах стронция с частотой следования импульсов до 100 кГц .....	34
2.1.6. Частотные характеристики лазера на парах бария .....	41
2.2. Анализ механизмов ограничения оптимальных и максимальных частот следования импульсов лазеров на парах металлов .	44
2.2.1. «Остаточная» заселенность метастабильного состояния и частота повторения импульсов ЛПМет .....	44
2.2.2. Роль предимпульсной концентрации электронов в ограничении частотных и энергетических характеристик ЛПМет .....	50
2.2.3. Критическая плотность электронов и частота повторения импульсов ЛПМет .....	55

2.2.4. Роль различных процессов в ограничении частоты следования импульсов ЛПМет с учетом реальной схемы накачки .....	63
<b>Глава 3</b>	
<b>Лазеры на парах меди и бромида меди с добавками водорода и режим высоких частот повторения импульсов излучения .....</b>	<b>70</b>
3.1. Лазер на парах меди с добавками водорода и других активных примесей .....	70
3.1.1. Первые экспериментальные данные П.А. Бохана по влиянию добавок водорода на мощность излучения и частоту следования импульсов лазера на парах меди .....	70
3.1.2. Современные экспериментальные данные и результаты численного анализа лазера на парах меди с добавками $H_2$ ..	72
3.1.3. Использование других добавок для увеличения частоты следования и энергетика ЛПМ .....	83
3.1.3.1. Добавки металлических примесей .....	84
3.1.3.2. Добавки галогенводородов в активную среду ЛПМ .....	89
3.1.4. Возможности увеличения оптимальных частот следования ЛПМ, в том числе большого объема, за счет конструктивных изменений ГРТ .....	93
3.2. Лазер на парах бромида меди с добавками водорода. Влияние добавок водорода на энергетические и частотные характеристики CuBr-лазера .....	102
3.2.1. Частотно-энергетические характеристики CuBr-лазера с добавками водорода .....	102
3.2.2. Кинетика CuBr-лазера с добавками водорода .....	109
<b>Глава 4</b>	
<b>Гибридный лазер на парах меди и лазер на парах меди с улучшенной кинетикой .....</b>	<b>119</b>
4.1. Принцип работы CuHyDBrID-лазера .....	119
4.2. Кинетика CuHyDBrID-лазера и возможность получения высоких частот следования импульсов .....	123
4.3. Улучшение кинетики ЛПМ за счет введения добавок $H_2 + HBr$ , $H_2 + HCl$ .....	130
4.4. Увеличение частоты следования импульсов и масштабирование лазера на парах меди с улучшенной кинетикой .....	140
<b>Глава 5</b>	
<b>Лазер на парах бромида меди с добавками водорода (бромводорода) с высокой частотой повторения импульсов .....</b>	<b>148</b>
5.1. Сравнительное влияние добавок $H_2$ и $HBr$ на частотно-энергетические характеристики CuBr-лазера .....	148

5.2. CuBr-лазер малого объема с частотой следования импульсов 400 кГц.....	165
5.3. Исследование возможности создания высокочастотного CuBr + Ne + HBr(H <sub>2</sub> )-лазера большого активного объема.....	169
5.4. Возможности дальнейшего увеличения частот повторения импульсов генерации лазера на парах бромида меди.....	174
5.4.1. Эксперименты с модифицированным методом сдвоенных импульсов.....	174
5.4.2. CuBr-лазер с пониженным энерговыделением в разряд.....	180
5.5. Высокочастотные лазеры на парах галогенидов других металлов.....	185
5.6. CuBr-лазер с накачкой емкостным разрядом.....	192
5.6.1. Первые эксперименты по накачке лазеров на самоограниченных переходах в парах металлов емкостным разрядом.....	193
5.6.2. Влияние добавок HBr на генерационные характеристики CuBr-лазера с емкостной накачкой.....	197
5.6.3. CuBr-лазер с емкостной накачкой при использовании схемы на основе лампового коммутатора.....	205
<b>Глава 6</b>	
<b>Некоторые применения высокочастотных лазеров на парах металлов и их соединений.....</b>	<b>212</b>
6.1. Технологические применения.....	212
6.1.1. Лазерная микрообработка материалов.....	212
6.1.2. ЛПМ в задачах разделения изотопов.....	218
6.1.3. Визуализация изображений в режиме реального времени (лазерные мониторы на базе ЛПМ и ЛПГМ).....	222
6.2. Высокочастотные ЛПМ в задачах оптики атмосферы.....	228
6.2.1. ЛПМ в задачах зондирования.....	229
6.2.2. ЛПМ в визуальных навигационных системах.....	231
6.3. Применение лазеров на парах металлов в медицине.....	236
<b>Заключение.....</b>	<b>242</b>
<b>Литература.....</b>	<b>244</b>