

4. Савицкий С.С. Методы и средства неразрушающего контроля//электрон. учебно-методическое пособие. – Минск. – 2012г. – 54с

5. В.Г. Бадалян, Е.Г. Базулин, А.Х. Вовилкин, Д.А. Кононов, П.Ф. Самарин, Д.С. Тихонов. Ультразвуковая дефектметрия металлов с применением голографических методов. Москва, 2008г., 153 С.

## РАБОТА CuBr-ЛАЗЕРА В ЖДУЩЕМ РЕЖИМЕ

*Васнев Н.А., Тригуб М.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Тригуб М.В., н.с. ИОА СО РАН,*

*доцент каф. ВЭСЭ высоковольтной электрофизики и сильноточной электроники*

Одним из перспективных направлений развития неразрушающего контроля является оптические методы визуализации быстротекущих процессов с мощной фоновой засветкой. Для решения подобного рода задач активно используют лазеры на парах атома меди. В данной работе приведены результаты исследований работы CuBr-лазера при введении цугового режима накачки его активной среды.

Активные оптические системы с усилителями яркости широко применяются для наблюдения процессов в условиях мощной фоновой засветки. Для визуализации таких процессов, используют лазеры на самоограниченных переходах металлов, в частности на переходах атомов меди [1, 2]. Самоограниченность лазерных переходов обуславливает импульсно-периодический режим работы усилителя яркости. Типичная длительность импульса генерации CuBr-лазера варьируется от 30 до 50 нс. Межимпульсный период характеризуется восстановлением температуры активной среды, концентрации электронов, населенности метастабильного и резонансного уровней [3]. Высокая частота следования импульсов препятствует полному восстановлению перечисленных параметров в межимпульсную паузу. Оптимальный подбор таких параметров как рабочая температура, частота повторения импульсов и подходящий на один импульс энергозатрат позволит оказывать влияние на спектральные и временные характеристики сверхизлучения, что представляет большой научный и практический интерес.

В Институте оптики атмосферы имени Зуева СОА РАН была разработана система, позволяющая организовать ждущий режим

работы лазера. Программное обеспечение позволяет переводить лазер в цуговой режим работы с возможностью регулировки количества цугов, времени паузы между цугами и времени длительности цуга. Реализация ждущего режима позволит существенно повысить интерес к подобным лазерам. Такой режим, фактически, уменьшает потребляемую энергию в течение работы. А синхронизация такого лазера с процессом (визуализации, микрообработки и др.) повысит экономическую эффективность систем на основе CuBr-лазеров.

Был проведен ряд исследований поведения активной среды лазера после намеренного ввода паузы ее накачки. Схема эксперимента приведена на рис.1. Усилитель яркости (1) работает в режиме сверхсветимости. Оптическая система (2, 3, 4) используется для согласования параметров лазерного пучка с измерительным фотоэлементом ФЭК-22СПУ-М (5). Прибор (5) измеряет мощность излучения и преобразует оптический сигнал в электрический, который регистрируется с помощью осциллографа (6).

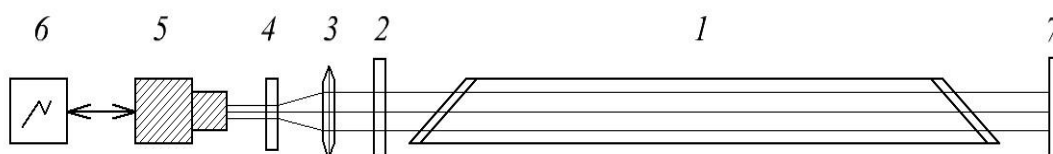


Рис.1. Схема эксперимента: 1 – лазерный усилитель яркости, 2 – полосовой фильтр, 3 – собирающая линза (объектив), 4 – полосовой фильтр, 5 – ФЭК, 6 – осциллограф, 7 – оптический резонатор.

Первая серия экспериментов была проведена для времени паузы в диапазоне от 1 мс до 1000 мс. Накачка лазера осуществляется путем разряда на газоразрядную трубку накопительного конденсатора, емкостью 1100 пФ, с ЧПИ от 10 до 20 кГц. В большинстве случаев можно выделить два характерных времени  $t_1$  и  $t_2$  выхода на режим (рис 2).

Время выхода на режим прямо пропорционально длительности вводимой паузы примерно до середины указанного временного диапазона. Такой характер поведения кривой связан, прежде всего, с тем, что за большее время паузы в активной среде лазера повышается концентрация молекул CuBr, диссоциация которых также требует время и является обязательным условием для возбуждения атомов меди и создания инверсной населенности [4]. Определение количества необходимой энергии для осуществления процесса диссоциации является одним из важнейших научных вопросов.

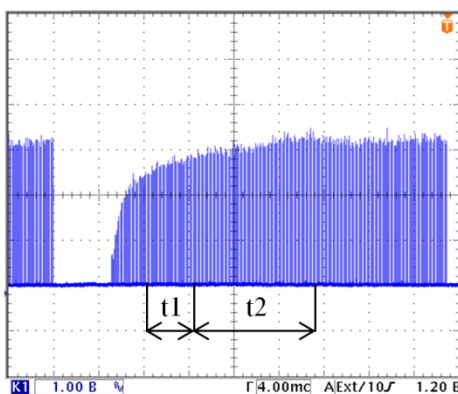


Рис.2. Осциллограмма изменения мощности генерации при выходе лазера на режим с выделенными характерными интервалами времени  $t_1$  и  $t_2$ .

При достижении времени паузы в 500 мс большинство кривых начинает монотонно уменьшаться. С ростом частоты повторения импульсов характерное время  $t_2$  становится менее выраженным, и при существенном увеличении времени паузы выделить его практически не представляется возможным. В остальном экспериментальные данные показали, что зависимость указанных временных интервалов от частоты носит скорее стохастический, чем закономерный характер.

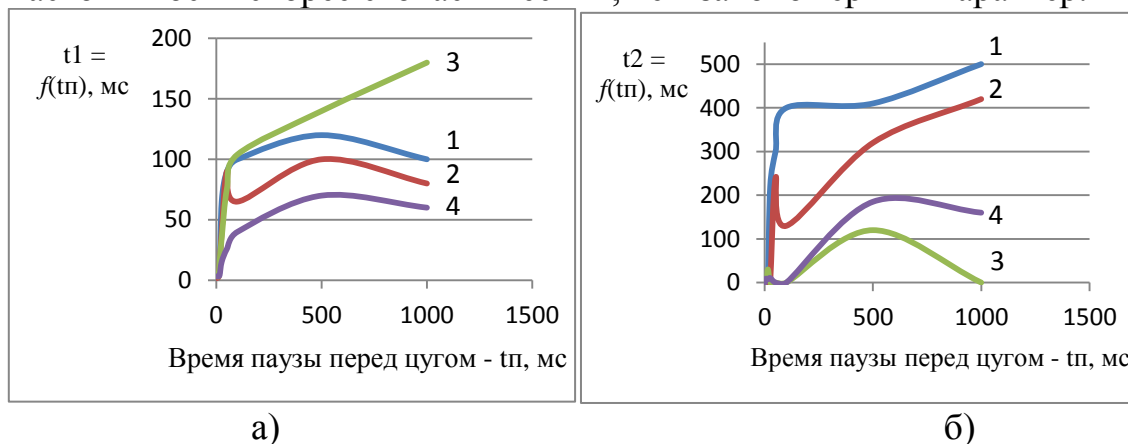


Рис.3 а,б: зависимости  $t_1 = f(t_p)$  и  $t_2 = f(t_p)$  при различных значениях частоты повторения импульсов: 1 –  $f=10$  кГц, 2 –  $f=11$  кГц, 3 –  $f=14$  кГц, 4 –  $f=16$  кГц.

Также было исследовано, как изменяется мощность генерации при выходе лазера на режим работы после длительных пауз. С увеличением времени паузы процесс выхода на режим требует больше времени, однако, в конечном счете, мощность генерации достигает своего исходного значения. Использование плоскопараллельного резонатора обеспечивает положительную обратную связь, которая позволяет

достичь 90 % от исходной мощности за существенно меньшее время, которое составляет единицы секунд.

Были проведены серии экспериментов с использованием плоскопараллельного и неустойчивого оптического резонатора. Первый вид резонатора существенно снижает время выхода лазера на режим по сравнению с неустойчивым резонатором (рис.4).

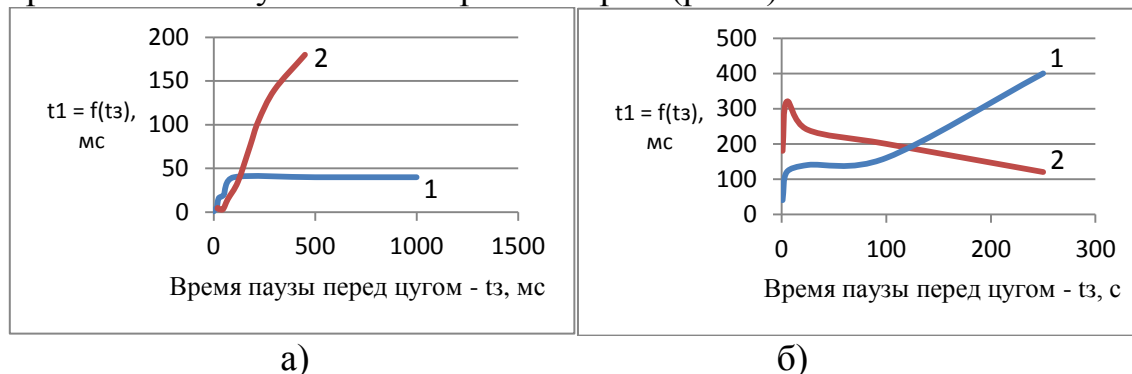


Рис.4. Графики зависимостей времени выхода на режим от длительности паузы: 1 – с плоскопараллельным резонатором, 2 – с неустойчивым резонатором.

Однако, при дальнейшем увеличении длительности паузы до десятков и сотен секунд время выхода на режим для схемы с плоскопараллельным резонатором существенно возрастает. Это также связано с повышением концентрации молекул CuBr. В случае с неустойчивым резонатором характер поведения кривой времени выхода на режим обусловлен искривлением разряда за счет нестационарности активной среды и неустойчивости проходящих в ней процессах.

В результате проведенных исследований можно заключить, что при введении в импульсно-периодический режим работы лазера паузы порядка 1-ой секунды и ниже по ее истечению наблюдается эффективный выход на режим. На практике же требуется вводить паузы порядка нескольких минут. За это время в активной среде лазера начинает преобладать концентрация молекул галогенидов металлов, на диссоциацию которых требуется затратить дополнительную энергию. Следовательно, для отладки оптической схемы возможен вариант реализации цугового режим работы лазера, при котором будет вводиться пауза порядка одной секунды, по истечению которой следует импульс длительностью порядка нескольких миллисекунд, после чего процессы повторяются. Таким образом, вводимые паузы позволяют сократить время, когда лазер работает вхолостую. При этом за время, равное периоду, активной среде сообщается такое количество энергии,

которое требуется для поддержания в ней необходимой концентрации чистой меди, для ее эффективного возбуждения и генерации индуцированного излучения.

### **Список информационных источников**

1. М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко, А.И. Кирдяшкин. Визуализация процесса СВС, с использованием активных сред CuBr-лазеров // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/1. – С. 181-184;

2. Trigub M. V. , Evtushenko G. S. , Gubarev F. A. , Torgaev S. N. High-speed Process Visualization Using CuBr-laser // Proc. Of XIII-th International Conference Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices: proceedings, Altai, July 2-6, 2012. - Novosibirsk: IEEE Russia Siberia Section, 2012 - p. 260-263.

3. Nikolay Vuchkov, Krassimir Temelkov. New High-Power Metal Halide Vapour Lasers: Gas-Discharge Plasma Physics and Lasers' Applications. 2015. – 194 p.

4. В.М. Батенин. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. В.М. Батенин, В.В. Бучанов, М.А. Казарян. – М.: «ФИЗМАТЛИТ», 2011. – 616 с.;

### **СТРУКТУРА НАСТРОЙКИ ПРОГРАММИРУЕМОГО СЛУХОВОГО АППАРАТА**

*Васькина О.В.*

*Соавторы: Молдабеков А.С, Кыров И.В*

*Научный руководитель: Васенькин А.И., старший преподаватель  
кафедры промышленной и медицинской электроники*

Актуальностью темы в том, что один из надежных способов коррекции слуха, на сегодняшний день – коррекция слуха при помощи слухового аппарата. Программируемый слуховой аппарат наиболее подходящий способ для индивидуальных настроек. За последние годы технология слухопротезирования претерпела огромные изменения. Миниатюризация отдельных компонентов привела к появлению косметически привлекательных слуховых аппаратов, обладающих улучшенными акустическими характеристиками. Технологические достижения позволили создать совершенно новые классы аппаратов. К одному из таких новых классов устройств относятся программируемые слуховые аппараты. Основным их