

на полезную модель, светодиодный источник узконаправленного светового пучка [2].

Модернизация и совершенствование трассовых газоанализаторов, на основе метода ДООС, открывает ряд перспективных направлений:

- Возможность измерения концентраций ранее не измерявшихся газов и исследования процессов их трансформации (ранее не измеряемые газы (полициклические ароматические углеводороды, акролеин, кетоны и др., димеры O<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>)).
- Томографические возможности (2D и 3D карты, пересекающиеся пучки, несколько приборов).
- Измерения с пространственным разрешением (DOAS LIDAR) [3].

### Список литературы:

1. Ulrich Platt, Jochen Stutz. Differential optical absorption spectroscopy. Springer, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008. 593 с.
2. Лукаш В.С., Симонова Г. В., Самохвалов И. В., Сорокин В. Т., Фомин Г. Г.. Патент на полезную модель №123110. Светодиодный источник узконаправленного светового пучка. Дата публикации 20 Декабря 2012г.
3. П.П. Гейко, В.Е. Привалов, О.А. Романовский, О.В. Харченко // Письма в ЖТФ, 2009, том 35, вып. 15, с.97-104.

## ТЕА СО<sub>2</sub> ЛАЗЕР С МАЛОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ГЕНЕРАЦИИ

*Ю.Н. Панченко, к.т.н., доц., О.П.Усик, студент гр. 4НМ21  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.89138661968  
E-mail:Usloading@mail.ru*

### Введение

В настоящее время СО<sub>2</sub> лазеры с малой длительностью импульса излучения находят широкое применение в различных научных и практических приложениях: зондирование атмосферы, накачка активных сред генерирующих в дальнем ИК-диапазоне, нелинейное преобразование излучения в терагерцовый волновой диапазон, лазерное разделение изотопов, нелинейная спектроскопия.

Известно, что ТЕА СО<sub>2</sub> лазеры имеют высокую эффективность и генерирует излучение с длительностью импульса десятки микросекунд. На данный момент, разработаны и используются ряд физических методов позволяющих формировать импульсы наносекундной длительности. Среди которых, можно выделить активную и пассивную синхронизацию мод в резонаторе, электрооптические или плазменные затворы [1], повышение давление рабочего газа и уменьшение обратной связи в резонаторе[2], подбор оптимального состава газовой среды в лазере [3], использование накачки с высокой удельной мощностью и малой длительностью [4].

В данной работе нами приводятся результаты исследований формирования короткого лазерного импульса в ТЕА CO<sub>2</sub> лазере при изменении состава газовой смеси.

### Экспериментальная установка и методики измерений

Исследования формирования коротких импульсов излучения проводились на электроразрядном CO<sub>2</sub>-лазере серии ИЛ-1-10, разработанном в ИСЭ СО РАН г. Томска. Данный лазер обеспечивал энергию излучения в импульсе до 1 Дж и работал с частотой повторения импульсов до 10 Гц. Принципиальная электрическая схема накачки CO<sub>2</sub>-лазера приведена на рис.2. Выбор двухконтурной схемы накачки определялся простотой и надежностью ее работы. Автоматическая предыонизация разрядного промежутка осуществлялась УФ – излучением, которое возникало при срабатывании искровых промежутков установленных в электрической цепи при зарядке конденсаторов  $C_2 = 2.16$  нФ. Конденсатор  $C_3 = 46$  нФ (состоял из конденсаторов TDK UHV-6A, 2700 pF & 30 kV) заряжался от источника постоянного напряжения до  $U_0 = 24$ кВ. В качестве коммутатора использовался тиратрон ТПИЗ-10к/25. Конденсатор во втором контуре  $C_1 = 4,6$  нФ обеспечивал эффективное формирование разрядной плазмы, за счет малой индуктивности разрядного контура  $L_2 = 4$  нГн. Электроды имели длину 55 см с

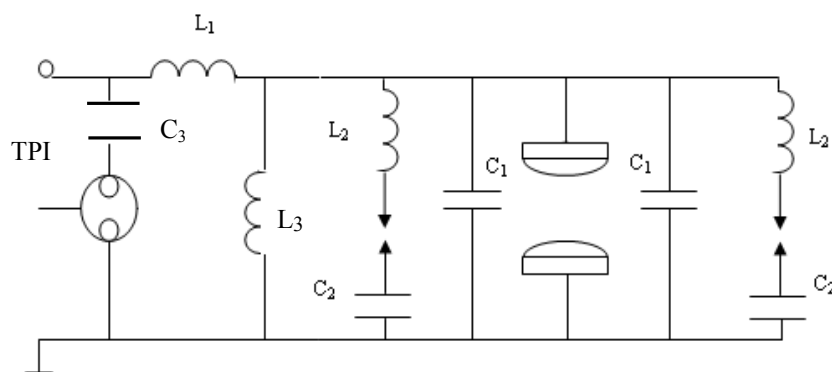


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема накачки лазера.  $C_1 = 2.3$  нФ;  $C_2 = 1.08$  нФ;  $C_3 = 46$  нФ;  $L_1 = 150$  нГн;  $L_2 = 4$  нГн;  $L_3 = 100$  мкГн.

расстоянием между ними 1,4 см. Использовалась газовая смесь CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>, где концентрации N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> изменялись в ходе экспериментов, при полном давлении 0,6 атм. Лазерный пучок на выходе имел размеры 10x14 мм<sup>2</sup>.

Резонатор лазера, длиной 80 см состоял из двух плоскопараллельных

зеркал – глухого медного зеркала с  $R = 95\%$  и полупрозрачного – ZnSe с  $R = 32\%$ , установленных непосредственно на лазерной кювете. Для управления поперечной модовой структурой лазерного пучка, внутрь резонатора вводились две диафрагмы диаметром от 6 до 10 мм.

В качестве высоковольтного источника питания использовался последовательный резонансный инвертор с транзисторами в качестве ключей. Упрощенная схема силовой части инвертора приведена на рис. 2. Резонансный контур включает в себя емкость  $C$ , индуктивность  $L$  и повышающий трансформатор  $T$ , через который энергия передается в нагрузку. Вторичная обмотка трансформатора нагружена на высоковольтный выпрямитель (на схеме не показан).

Выбранная электрическая схема позволяла эффективно использовать открытие и закрытие транзисторов при прохождении и прекращении тока контура. Устранение динамических потерь в транзисторах, а также обеспечение компактной изоляции вторичной обмотки высоковольтного трансформатора позволило минимизировать вес и габариты источника, при сохранении выдаваемых параметров зарядного напряжения. После окончания заряда лазерной емкости  $C_3$  источник поддерживает заданное напряжение с точностью менее 0.5 %. Данное время заряда соответствует средней выходной мощности источника 500 Вт.

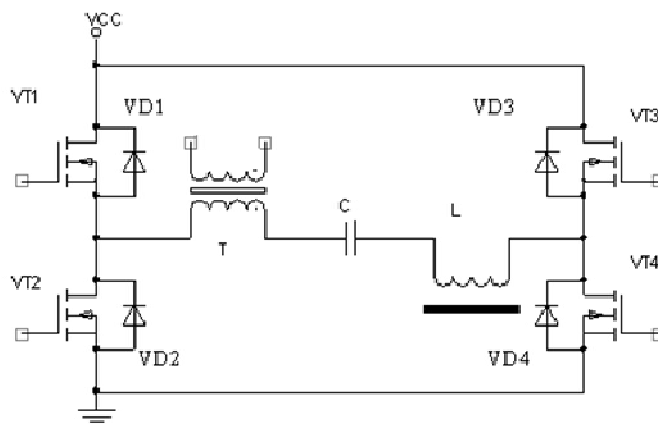


Рис.2. Мостовой резонансный преобразователь напряжения с последовательным резонансным контуром.

Измерение временной формы лазерного пучка проводилось высокочастотным полупроводниковым Ge- детектором с помощью осциллографа TDS-3032. Энергия импульсов определялась измерителем мощности и энергии лазерного излучения Gentec-E. Расходимость излучения, измерялась с помощью длиннофокусной линзы, в фокусе которой устанавливались калиброванные диафрагмы.

### Экспериментальные результаты

В ходе предварительных экспериментов было выявлено, что при использовании в рабочей смеси: гелия, гелия с малыми добавками водорода или двух компонентной смеси без присутствия азота, приводит к существенному снижению эффективности работы лазера в режиме получения генерации с малой длительностью. Данный эффект объясняется тем, что скорость дезактивации нижнего лазерного уровня  $\text{CO}_2$  молекулы существенно выше при наличии в смеси водорода, чем гелия [5]. Поэтому дальнейшие исследования по формированию короткого импульса проводились для трехкомпонентной смеси включающей в себя  $\text{H}_2$ .

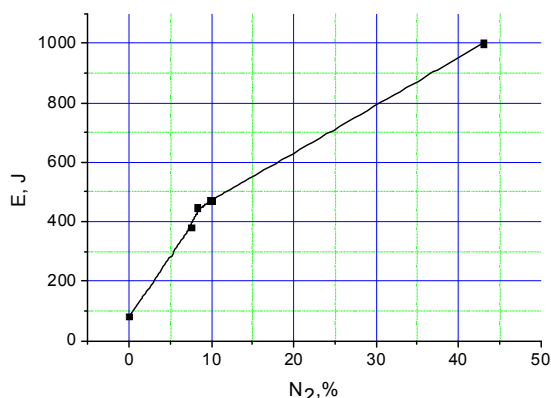


Рис.3. Зависимость энергии излучения от процентного содержания  $N_2$  в газовой смеси  $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{H}_2$ , для  $\text{CO}_2:\text{H}_2$ - 6:1, при  $P = 0.6$  атм.

На рис.3. показана зависимость выходной энергии излучения от процентного содержания  $N_2$  в газовой смеси  $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{H}_2$ , при постоянном соотношении  $\text{CO}_2 : \text{H}_2$  – 6 : 1 и общем давлении  $P = 0.6$  атм.

Диапазон содержания  $N_2$  в смеси изменялся от 0 до 43%. С увеличением относительного содержания азота в смеси от 0 до 8%, пиковая мощность импульсов излучения лазера возрастала. За счет роста энергии в импульсе при сохранении его длительности. При дальнейшем повышении концентрации  $N_2$  наблюдалось появление малоинтенсивной составляющей на заднем фронте импульса. Регистрировался рост энергии излучения, но без существенного повышения пиковой мощности импульса. В данном случае концентрация водорода в смеси составляла 8 – 16% от общего давления.

• На рис.4. представлены осциллограммы напряжения на емкости  $C_1$  и форма лазерного импульса, для различных условий формирования лазерного пучка.

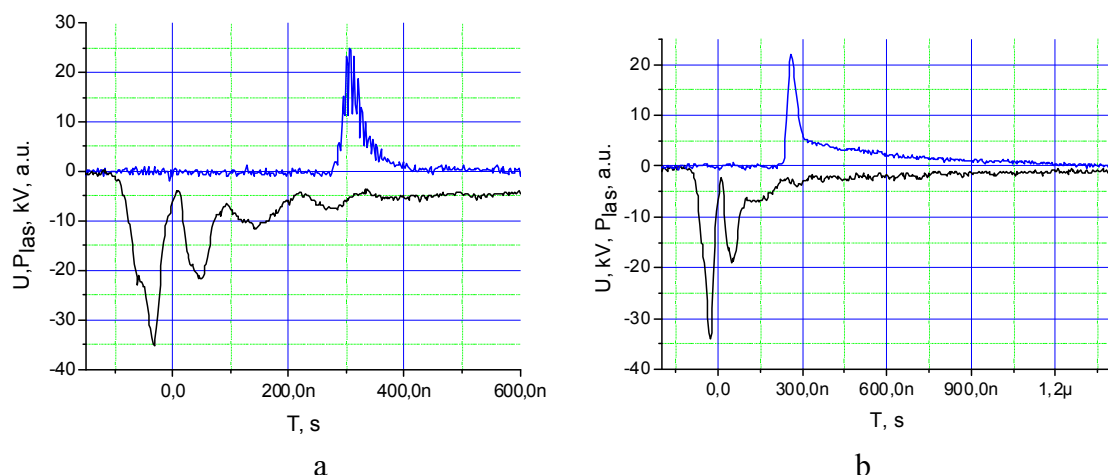


Рис. 4. Временные формы импульса напряжения на емкости  $C_1$  и лазерного импульса, при  $P = 0.66$  bar,  $U_0 = 24$  kV, для смеси:

a –  $CO_2: N_2:H_2 - 515:40:105$  mbar,  $E = 0.37$  J; b -  $CO_2: N_2:H_2 - 280:280:100$  mbar,  $E =$

В условиях работы лазера в смеси  $CO_2: N_2:H_2 - 515:40:105$  mbar, при  $P = 0.66$  bar и  $U_0 = 24$  kV, энергия в выходном пучке составила 0.37 Дж, с КПД лазера 2.8%. Длительность импульса на полувысоте интенсивности составила 30 нс (FWHM). Наблюдаются биения интенсивности в профиле импульса, обусловленные

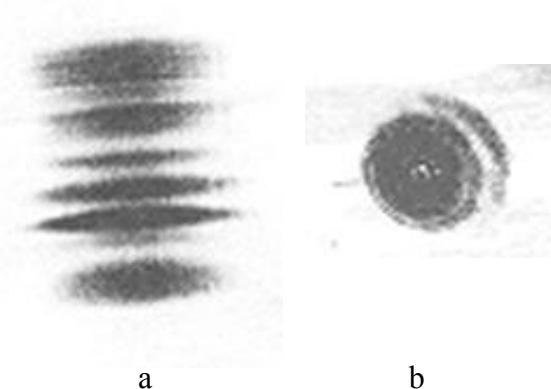


Рис. 5. Автограф выходного излучения из резонатора с длительностью 30 нс; а) без диафрагм, б) с диафрагмами 8 мм

частичной самосинхронизацией мод в резонаторе. Временной интервал между пучками в цуге, составлял  $\sim 6$  нс. Повышение концентрации азота в смеси до соотношения  $CO_2: N_2:H_2 - 280:280:100$  mbar позволило увеличить энергию в импульсе более чем в 2.5 раза. Однако при этом, основная доля энергии пучка содержалась в длинном азотном «хвосте». В этом случае, КПД лазера достигал 8%.

Для формирования пространственной структурой лазерного пучка внутри резонатора устанавливались диафрагмы диаметром от 6 до 10 мм. На рис. 5. представлены автографы выходного излучения для плоскопараллельного

резонатора в свободном режиме и с ограничивающими диафрагмами диаметром 8 мм. Без пространственной фильтрации выходное излучение из резонатора имеет многомодовую структуру. В случае установки диафрагм 8 мм, число Френеля составляет 1.3, в резонаторе Фабри-Перо формируется излучение с нулевой пространственной модой и расходимостью близкой к дифракционной. Выходной пучок имеет гауссовый профиль распределения интенсивности с энергией в импульсе 0.2 Дж. С повышением числа Френеля, в выходном пучке, наблюдается рост доли излучения с более высокими порядками пространственных мод.

#### **Заключение**

В настоящей работе рассмотрена возможность формирования коротких импульсов излучения электроразрядного ТЕА СО<sub>2</sub>-лазера, работающего в импульсно-периодическом режиме с частотой до 10 Гц. Исследовано влияние добавок азота в смесь молекулярных газов СО<sub>2</sub>:Н<sub>2</sub> = 500:50, при общем давлении Р = 0,6 атм и показано, что добавление азота в газовую смесь до 8 % способствует повышению пиковой мощности излучения без азотного «хвоста». Получена, максимальная энергия излучения 0,38Дж для импульса длительностью 30 нс на полувысоте интенсивности. Показано, что дальнейшее повышение концентрации азота от 10 до 45% приводит к росту энергии в низкоинтенсивном хвосте на заднем фронте импульса излучения. При этом максимальная энергия выходного пучка может достигать величины 1 Дж, при КПД лазера 8 %.

#### **Список литературы:**

1. Заярный Д. А., Ишханов Б. С., Каманин А. Н., Пахомов Н. И., Шведунов В. И. СО<sub>2</sub> лазер для исследования дифракционной ускоряющей структуры. Препринт НИИЯФ МГУ – 2006 – 16/815.
2. Бычков Ю.И., Орловский В.М., Осипов В.В. Особенности работы электроионизационного СО<sub>2</sub>-лазера в диапазоне давлений 1-10 атм. // Квантовая электроника.-1977.- Т.4. №11.- с. 2435-2441.
3. Иващенко М. В., Карапузиков А. И., Шерстов И. В. Формирование коротких импульсов излучения ТЕА СО<sub>2</sub> лазера при использовании газовой смеси СО<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-Н<sub>2</sub>. Квантовая электроника, 31, №11 (2001).
4. Yanzhao Lu, Xinbing Wang, Xueling Zhang, Ju Dong. Pulse behavior of a short pulse discharged TEA CO<sub>2</sub> laser. Proc. Of SPIE vol. 7276, 72760T-1
5. Moore C.B., Wood R.E., Hu B., Yardley J.T. J. Chem. Phys., V. 46.- 4222, 1967.

## **ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛЬФРАМАТА ЦИНКА**

*Е.Ф.Полисадова, к.ф.-м.н., доц., Ян Юй, студент гр.154В00  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.(3822)-420-567  
E-mail: jeffrey5815@163.com*

#### **Введение**

Кристаллы вольфрамата цинка – сцинтилляционные материалы для детектирующих и спектрометрических систем, используемых в ядерной физике и атомной энергетике для радиационного мониторинга и цифровой радиографии, а