

В.Б. Суханов, Г.С. Евтушенко, Д.В. Шиянов, А.И. Чернышев

Саморазогревный CuBr-лазер

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 28.08.2000 г.

Представлены результаты экспериментального исследования лазера на бромиде меди. Отличительной чертой данного лазера является то, что разработанная конструкция газоразрядной трубки позволяет реализовать устойчивый «саморазогревный» режим работы. Эксперименты, проведенные с трубками различного объема, показали, что данная конструкция легко масштабируется на выходные мощности излучения от 1 до 50 Вт. Реализован отпаянный режим работы активных элементов.

Введение

В отличие от лазеров на парах металлов лазеры, использующие в качестве активного вещества галогениды металлов, способны обеспечивать те же уровни мощностей излучения и КПД, но при более низких температурах активного тела [1]. Развитие лазеров данного типа началось после того, как были получены генерации в парах галогенидов меди, свинца, марганца в режиме сдвоенных импульсов [2–5].

Дальнейшие исследования генерации в парах соединений металлов позволили реализовать режим работы в регулярных импульсах, следующих с частотой единицы – десятки килогерц [1, 6–9]. В этом случае обеспечивался режим саморазогрева. Рабочее вещество располагалось, как правило, равномерно по длине активной зоны ГРТ. К сожалению, неконтролируемые изменения давления паров галогенидов металлов в этом случае весьма существенны, что приводит к появлению неустойчивостей в разряде, снижению выходных параметров лазера, вплоть до срыва режима генерации.

Для преодоления этого недостатка и получения неконтрагированного разряда в ГРТ вводились специальные ограничивающие диафрагмы. Так, в работах [5, 7] такими диафрагмами служили кварцевые и керамические кольца, а в работе [8] – кольца из шамота. Однако и такие модернизированные саморазогревные конструкции лазеров на галогенидах паров металлов не получили широкого практического применения. Распространение в исследовательской практике получили ГРТ, в которых рабочее вещество размещалось в специально подогреваемых контейнерах [6, 10]. Такой способ введения паров галогенидов позволяет контролировать их давление и достигать предельных значений мощности и КПД генерации на короткие моменты времени. Для долговременной же работы активного элемента требуется высокая точность поддержания разности температур (ΔT) канала ГРТ и контейнеров, так как небольшое отклонение ΔT может приводить к интенсивному поступлению паров галогенида в холодные приэлектродные зоны и запылению выходных окон ГРТ. Это замечание особенно существенно для трубок малого объема. Следует также отметить, что при высоких напряжениях, необходимых для эффективной накачки смеси атомов металлов с парами гало-

генидов, становятся существенными токи через контейнеры, что приводит к неконтролируемому дополнительному подогреву их, а в отдельных случаях и к пробоем кварца.

Проанализировав имеющиеся в литературе данные, мы поставили перед собой задачу – разработать, изготовить и испытать конструкцию отпаянной «саморазогревной» ГРТ, способную обеспечить длительную (500 ч и более) работу лазеров на галогенидах паров металлов. Наиболее перспективным из этой группы лазеров для практических приложений является лазер на бромиде меди [11–13]. Поэтому приведенные ниже результаты касаются этого лазера.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Основу конструкции отпаянного активного элемента составляет кварцевая труба с рядом кольцевых полостей, расположенных вдоль образующей. В часть из них, расположенных над активной зоной, засыпается порошок бромида меди, пары которого поступают в разряд через специальные отверстия, по мере «саморазогрева» ГРТ. Требуемые рабочие температуры в активной зоне и полостях с бромидом меди поддерживаются соответствующими слоями теплоизолятора. Для устранения попадания рабочего вещества на электроды и окна ГРТ перед ними устанавливаются специальные ловушки (в виде демпферных колец). В качестве электродов использованы специальные стаканы, заполненные медной стружкой. Токоввод к ним осуществляется посредством электродов от ламп типа ИФП-2000 (1200). Такая конструкция CuBr-лазера по сравнению с известными ранее технически проста и удобна в работе. В ней автоматически поддерживается требуемая ΔT (при условии сохранения теплоизоляционных свойств внешнего теплоизолятора). Снимается задача электрической развязки между разрядным каналом и нагреваемыми контейнерами с бромидом меди, поскольку таковые отсутствуют.

Нами было изготовлено и испытано несколько отпаянных ГРТ данной конструкции. Их габаритные параметры и результаты первых испытаний приведены в таблице.

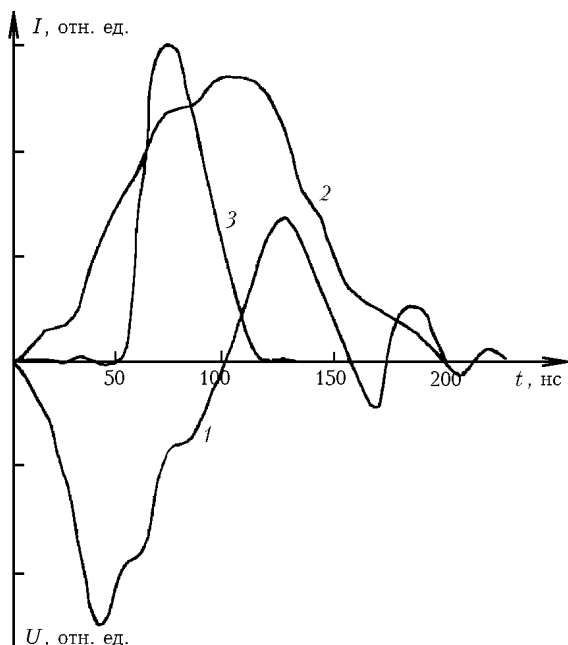
Типичные осциллограммы тока, напряжения и генерации даны на рисунке. Давление буферного газа (неона, без добавок водорода) – 25 мм рт. ст., напряжение на выпрямите-

ле 8,8 кВ, ток разряда – 0,5 А, частота следования импульсов – 10 кГц, средняя мощность генерации – 20 Вт, t – время. Здесь потребляемая мощность дана относительно выпрямителя, а мощность излучения – суммарная по обеим линиям при установке плоскопараллельного резонатора.

№ ГРТ	Диаметр, см	Длина, см	Частота, кГц	Мощность излучения, Вт	Потребляемая мощность, кВт
1	1,4	36	8–10	0,5–1,0	0,5–0,8
2	2,5	100	8–10	5,0–10,0	1,2–1,4
3	5,8	150	16	20*	2,0
			10	20	4,4
4	5,8	2* 120	10	35**	4,8
			9,2	64**	8,0

* Накачка осуществлена ламповым генератором фирмы «Алтек» (г. Москва), совместно с А.И. Мошкуновым.

** При добавке к буферному газу неону (25 мм рт. ст.) 0,2 мм рт. ст. водорода.



Оциллограммы напряжения (1), тока (2) и генерации (3) для ГРТ № 3

Возбуждение ГРТ № 1 и 2 осуществлялось прямым разрядом рабочей емкости через тиратрон ТГИ 1-1000/25. Для накачки ГРТ № 3 и 4 использованы магнитная линия сжатия и коммутатор ТГИ 1-2500/50 по аналогии с работой [14]. Результаты, полученные при накачке ГРТ № 2 источником питания на модуляторных лампах (ГМИ-29), и данные работ [1, 11, 15–18] свидетельствуют, что заданные в наших экспериментах рабочие частоты (~10 кГц) и определяемые коммутатором и линией сжатия значительно ниже

оптимальных значений. Увеличение частоты повторения импульсов накачки должно привести, по крайней мере, к двукратному увеличению выходной мощности излучения. Добавка водорода также приводит к увеличению оптимальной частоты и выходной мощности излучения в 1,5–2 раза. Однако мы еще не научились сохранять водород (в виде малой контролируемой примеси) в отпаянной ГРТ. Эти вопросы будут предметом дальнейших исследований.

Заключение

Основным результатом данной работы является то, что предложенная конструкция ГРТ позволяет реализовать устойчивый режим генерации в течение длительного времени (сотни часов) и масштабировать выходные характеристики CuBr-лазера.

Предварительные испытания CuBr-лазеров в научных экспериментах и системах световой графики показали, что наработка отпаянных активных элементов, изготовленных в лабораторных условиях, достигает 500 ч.

Авторы выражают свою признательность В.М. Климкину за полезные дискуссии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 99-02-17016а) и фирмы «ИЗО», г. Москва.

1. Казарян М.А., Петраш Г.Г., Трофимов А.Н. Лазеры на парах металлов и их галогенидов // Труды ФИАН. 1987. Т. 181. С. 54–121.
2. Chen J.C., Nerheim N.M., Russel G.R. // Appl. Phys. Lett. 1973. V. 23. N 9. P. 514–515.
3. Liberman I., Babcock R.V., Liu C.S. et al. // Appl. Phys. Lett. 1974. V. 25. N 6. P. 334–335.
4. Chen J.C. // Appl. Phys. 1974. V. 45. N 10. P. 4663–4666.
5. Chen J.C. // Appl. Phys. Lett. 1974. V. 24. N 10. P. 499–501.
6. Саботинов Н.В., Калчев С.Д., Телбизов П.К. // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. № 8. С. 1833–1834.
7. Исаяев А.А., Казарян М.А., Леммерман Г.Ю., Петраш Г.Г. // Квантовая электроника. 1976. Т. 3. № 8. С. 1800–1802.
8. Исаков В.К., Калугин М.М., Потанов Е.Е. и др. // Письма в ЖТФ. 1976. Т. 2. № 3. С. 120–124.
9. Казарян М.А., Трофимов А.Н. // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 11. С. 2471–2472.
10. Абас-Оглы Я.Р., Абоян С.А., Абрисимов Г.В. и др. // Квантовая электроника. 1981. Т. 8. № 3. С. 648–650.
11. Sabotinov N.V. // Pulsed Metal Vapour Lasers / Eds. C.E. Little and N.V. Sabotinov. Kluwer Academic Publishers, 1995. NATO ASI Series, 1. Disarmament Technologies. V. 5. P. 113–124.
12. Little C.E. // Metal Vapour Lasers: Physics. Engineering & Applications. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK. 1998. 620 p.
13. Батенин В.М., Бучанов В.В., Казарян М.А., Климовский И.И., Молодых Э.И. // Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. М.: Научная книга, 1998. 612 с.
14. Лябин Н.А. // Оптика атмосферы и океана. 2000. Т. 13. № 3. С. 258–264.
15. Акуртава О.С., Джикия В.Л., Олейник Ю.М. // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. № 8. С. 1831–1832.
16. Елаев В.Ф., Лях Г.Д., Пеленков В.П. // Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 11. С. 1228–1229.
17. Astajov D.N., Dimitrov K.D., Jones D.R. et al. // IEEE J. Quant. Electron. 1997. V. 33. N 5. P. 705–709.
18. Евтушенко Г.С., Петраш Г.Г., Суханов В.Б., Федоров В.Ф. // Квантовая электроника. 1999. Т. 28. № 3. С. 220–222.

V.B. Sukhanov, G.S. Evtushenko, D.V. Shiyonov, A.I. Chernyshev. **Self-terminating heating CuBr-laser.**

Experimental study of self-terminating heating CuBr-laser is presented. Simple design of gas discharge tube allows one to realize a stable sealed-off mode of this laser with average output power from 1 to 50 Watts.