

Лазер на парах бромида меди, возбуждаемый емкостным разрядом

В.Б.Суханов, В.Ф.Федоров, Ф.А.Губарев, В.О.Троицкий, Г.С.Евтушенко

Сообщается о создании лазера на парах бромида меди, возбуждаемого высокочастотным емкостным разрядом. Показано, что применение емкостного разряда позволяет реализовать простую конструкцию отпаянного лазера на парах галогенидов металлов с возможностью использования активных добавок в рабочую среду.

Ключевые слова: лазер на парах бромида меди, емкостной разряд, возбуждение.

Лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов и их галогенидов являются эффективными источниками когерентного излучения в видимом диапазоне спектра. В данной работе, насколько нам известно, впервые сообщается о создании лазера на самоограниченном переходе в парах галогенида металла (бромида меди), возбуждаемого высокочастотным емкостным разрядом. Реализованный нами тип разряда мы называем высокочастотным емкостным разрядом по аналогии с работами [1, 2], где рассматриваются особенности различных типов разрядов (телющего, емкостного, барьерного) применительно к возбуждению эксилламп.

Схема газоразрядной трубки (ГРТ) CuBr–Ne- лазера с емкостной ВЧ накачкой приведена на рис.1. Вакуумная оболочка ГРТ изготовлена из кварца. Длина ГРТ составляла 68 см, диаметр рабочего канала был равен 1.2 см. Электроды выполнены из танталовой фольги шириной 10 см и расположены на внешней стенке ГРТ на расстоянии 28 см друг от друга. Используемое давление p буферного газа неона было типичным для таких лазеров и составляло 20 кПа. ГРТ работала в режиме саморазогрева. Накачка активной среды осуществлялась по схеме прямого разряда накопительного конденсатора с шунтирующей индуктивностью. В качестве коммутатора использовался водородный тиратрон ТГИ1-1000/25. Емкость C накопительного конденсатора изменялась от 70 до 330 пФ. Регистрация импульсов тока, напряжения и генерации проводилась с помощью пояса Роговского, пробника напряжения Tektronix P6015A и коаксиального фотоэлемента ФК-22 соответственно. Регистрируемые датчиками сигналы подавались на осциллограф Tektronix TDS 3032. Мощность излучения контролировалась измерителем мощности ИМО-2, а температура стенки ГРТ – хромель-алюмелевой термопарой. Амплитуда напряжения на электродах изменялась от 4 до 9 кВ. Максимальная амплитуда тока через ГРТ составляла 20 А.

В.Б.Суханов, В.Ф.Федоров, В.О.Троицкий. Институт оптики атмосферы СО РАН, Россия, 634055 Томск, просп. Академический, 1
Ф.А.Губарев, Г.С.Евтушенко. Институт оптики атмосферы СО РАН, Россия, 634055 Томск, просп. Академический, 1; Томский политехнический университет, Россия, 634050 Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: qel@asd.iao.ru, gfdadd@mail.ru

Поступило в редакцию 19 апреля 2007 г.

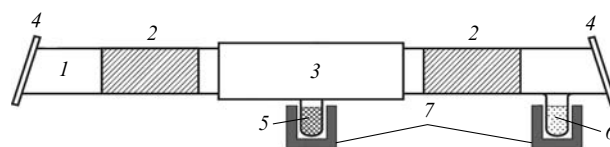


Рис.1. Схема ГРТ:

1 – кварцевая трубка; 2 – электроды; 3 – теплоизолятор; 4 – окна; 5 – порошок бромида меди; 6 – генератор НВЧ; 7 – нагревательные элементы.

Основные результаты, полученные в работе, сводятся к следующим. Объемный ВЧ разряд в смеси CuBr–Ne относительно просто реализуется при давлениях буферного газа до 100 кПа. При этом обеспечиваются условия для создания импульсной инверсии на основных самоограниченных переходах в атоме меди с длинами волн 510.6 и 578.2 нм. Частота f следования импульсов генерации составляла 30–100 кГц. Такие частоты трудно реализовать в тиратронной схеме при работе с традиционной газоразрядной накачкой. Типичные осциллограммы напряжения и тока разряда, а также импульса генерации приведены на рис.2. Видно, что генерация реализуется только в первом (основном) максимуме накачки сразу после достижения максимума напряжения (в максимуме тока). Это качественно согласуется с результатами, полученными ранее при использовании импульсно-перио-

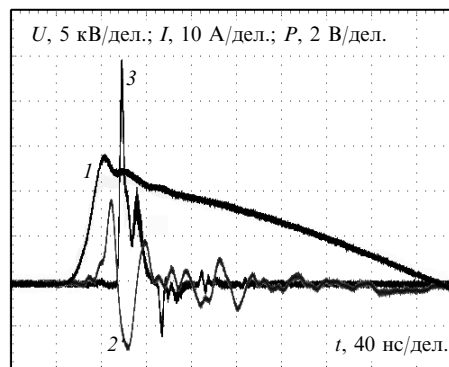


Рис.2. Типичные осциллограммы напряжения U (1) и тока через ГРТ I (2), а также импульса генерации P (3) при $f = 35$ кГц, $C = 200$ пФ, $p = 20$ кПа.

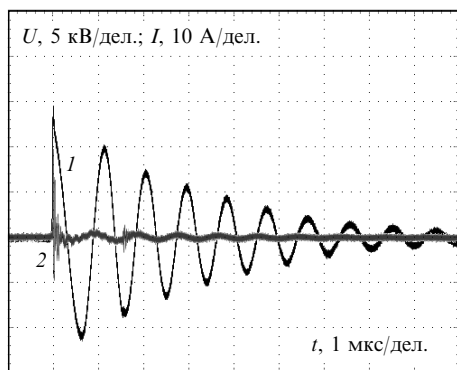


Рис.3. Осциллограммы напряжения U (1) и тока через ГРТ I (2) при $f = 35$ кГц, $C = 200$ пФ, $p = 20$ кПа.

дического тлеющего разряда [3]. Длительность импульса генерации (суммарная по обеим линиям) составляет 20–30 нс по уровню 0.1 от амплитуды. Вслед за основным максимумом накачки следует фаза колебаний напряжения (и тока) с частотой ~ 1 МГц (рис.3), обусловленная реактивными параметрами разрядного контура и ГРТ. Полная продолжительность колебаний достигает 8–10 мкс. Очевидно, что наличие колебаний приводит к снижению эффективности накачки. Однако возможно, что эта фаза разряда и обеспечивает, преимущественно, диссоциацию молекул бромида меди, создавая тем самым требуемые для появления генерации (в следующем импульсе) условия. Выяснение природы возникновения колебаний и их роли требует проведения дополнительных исследований. Основными преимуществами емкостной ВЧ накачки рабочей смеси CuBr–Ne-лазера являются простая конструкция ГРТ, исключая необходимость контакта рабочей смеси с электродами, и возможность относительно простого получения генерации с частотой более 100 кГц. Так, уже в первых контрольных экспериментах, проведенных с накачкой от лампового коммутатора (на базе модуляторной лампы ГМИ-42Б), достигнута частота следования импульсов излучения 300 кГц.

Следует отметить, что в настоящее время основное внимание при исследовании и разработке лазеров на парах металлов и их галогенидов приковано к лазерам, активная среда которых модифицирована добавлением малых примесей, таких как H_2 , HCl , HBr и др. [4, 5], к основному буферному газу. Это так называемые лазеры на парах металлов с модифицированной кинетикой. Указанная модификация дает возможность в два и более раз повысить энергетические и частотные характеристики ла-

зеров, а также существенно улучшить качество пучка излучения [3, 6, 7]. Вместе с тем взаимодействие активных добавок (и их производных) с рабочими электродами, расположенными внутри ГРТ, сильно усложняет задачу создания отпаянных лазеров такого типа. Предложенная нами конструкция ГРТ позволяет работать не только с парами CuBr в чистом буферном газе Ne, но и с добавкой HBr в активную среду. Как показано на рис.1, ГРТ имеет встроенный реверсивный генератор HBr, функциональное назначение которого заключается не только в поставке HBr в активную среду лазера, но и в откачке HBr обратно в генератор [3, 8]. Исследование влияния добавки HBr на характеристики разряда и генерации планируется провести в дальнейшем.

В заключение отметим, что нами впервые создан лазер на парах бромида меди с накачкой емкостным ВЧ разрядом. Получена средняя мощность излучения ~ 1 Вт при потребляемой мощности от высоковольтного выпрямителя ~ 1 кВт ($C = 100$ пФ, $f = 100$ кГц, $p = 20$ кПа). Разрядная трубка лазера имеет простую конструкцию с внешними электродами, что обеспечивает продолжительное время работы в отпаянном режиме. Это принципиально важно для создания эффективных лазеров на парах металлов с модифицированной кинетикой, в которых используются активные, зачастую химически агрессивные, примеси. Ресурсных испытаний разработанной отпаянной конструкции ГРТ пока не проводилось. Однако первые эксперименты позволяют предположить, что ресурс работы превысит значения, типичные для лазеров подобного типа (сотни часов).

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (проект РНП.2.1.1.5450).

1. Ломаев М.И., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф. и др. *Письма в ЖТФ*, **25**, 27 (1999).
2. Ломаев М.И., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф. и др. *УФН*, **173**, 201 (2003).
3. Шиянов Д.В., Суханов В.Б., Евтушенко Г.С., Андриенко О.С. *Квантовая электроника*, **34**, 625 (2004).
4. Little С.Е. *Metal Vapor Lasers. Physics, Engineering & Applications* (Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1998).
5. 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).
6. Withford M.J., Brown D.J.W., Mildren R.P., Carman R.J., Marshall G.D., Piper J.A. *Progr. Quantum Electron.*, **28**, 165 (2004).
7. Andrienko O.S., Dimaki V.A., Evtushenko G.S., Sukhanov V.B., Troitskiy V.O., Shiyano D.V. *Opt. Eng.*, **44**, 071204 (2005).
8. Андриенко О.С., Суханов В.Б., Троицкий В.О., Шестаков Д.Ю., Шиянов Д.В. Патент РФ № 2295811. Приоритет от 09.11.04; *Бюллетень изобретений и полезных моделей*, № 8 (2007).