

УДК 621.373.8

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ CuBr-ЛАЗЕРА С ТРАНЗИСТОРНЫМ КОММУТАТОРОМ

В.Б. Суханов^{1,2}, В.В. Татур³¹Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск²Томский политехнический университет³Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

E-mail: tatur@imces.ru

Приводятся результаты практических исследований эксплуатационных характеристик CuBr-лазера с коммутатором на биполярных транзисторах с изолированным затвором. Показана возможность работы источника накачки на различные типы CuBr-газоразрядных трубок.

Ранее для работы CuBr-газоразрядных трубок (ГРТ) с тиратронным источником накачки использовалась частота 15...20 кГц. Для источников накачки на тиратронах это была предельная частота. Предполагается, что оптимальная частота по мощности излучения для CuBr-ГРТ значительно выше 20 кГц. Поэтому при разработке первого образца источника накачки с транзисторным коммутатором было принято решение разработать генератор с частотой 50 кГц.

В 2000 г. нами была опубликована статья [1], в которой рассматривался CuBr-лазер с транзисторным коммутатором. К настоящему времени опубликован ряд работ [2-4], в которых предложены генераторы высоковольтных импульсов, выполненных на транзисторах. Эти публикации, а также интенсивное развитие биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT-транзисторов) и модулей на их основе подтверждают перспективность развития этого направления.

В экспериментах в качестве активного элемента использована CuBr-газоразрядная трубка с диаметром разрядного канала 15 мм и длиной активной зоны 300 мм. Заряд накопительных конденсаторов осуществляется от постоянного напряжения 500 В по схеме резонансного заряда до 1000 В. Для питания генератора высоковольтных импульсов был разработан преобразователь сетевого напряжения 220±22 В, 50 Гц в постоянное напряжение 500±5 В с мощностью, выдаваемой в нагрузку, до 1 кВт и КПД около 96 %.

Введение этого стабилизатора напряжения в состав источника накачки позволило значительно улучшить эксплуатационные характеристики CuBr-лазера, особенно средней мощности излучения. Напряжение 1000 В хорошо согласуется с максимальным напряжением коллектор-эмиттер силовых транзисторов 1200 В, используемых в генераторе высоковольтных импульсов.

Основным элементом источника накачки является генератор высоковольтных импульсов, рис. 1.

На микросхеме D1 типа KP1561ГГ1 выполнен задающий генератор с возможностью регулировки частоты. На транзисторе VT1 типа КТ3142А выпол-

нен формирователь импульсов, определяющий время открытого состояния силовых транзисторов. Усилители согласования с силовыми транзисторами VT2-VT11, выполнены на микросхемах D2-D6 типа МС34151Р.

Основными элементами генератора высоковольтных импульсов являются десять параллельно включенных силовых биполярных транзисторов с изолированным затвором IRG4PH50U. Конденсаторы С14-С23 типа К73-17, 4,7 нФ, 1600 В, являются накопительными. Через индуктивность L1 4 мГн в результате резонансного заряда эти конденсаторы заряжаются до 1000 В. Разделительные диоды типа HFA08BT120, удерживают это напряжение на накопительных конденсаторах до момента отпирания силовых транзисторов. Каждый из накопительных конденсаторов через соответствующий силовой транзистор разряжается на первичную обмотку своего импульсного трансформатора T1-T10.

Импульсные трансформаторы выполнены на ферритовых кольцах типа 2000 НМ с типоразмерами K45?28?12. Каждый из трансформаторов имеет по четыре витка в первичной и по четыре витка во вторичной обмотках. Вторичные обмотки этих трансформаторов соединены последовательно и подключены к электродам ГРТ. Это позволило иметь на электродах ГРТ импульсное напряжение до 10 кВ. Параллельно ГРТ подключен экспериментально подобранный обостряющий конденсатор С24 типа КВИ-3, 16 кВ, 330 пФ±20 %. Обостряющий конденсатор позволил увеличить выходную мощность излучения на 20 %.

Диод VD2 типа HFA08BT120 предназначен для защиты силовых транзисторов при отрицательных выбросах напряжения. Защитные диоды VD3-VD6 типа 1,5KE250, 1,5KE300 предназначены для защиты силовых транзисторов от превышения напряжения в режиме холостого хода (разрыв в цепи высокой напряжения).

Частотные возможности генератора высоковольтных импульсов ограничены частотными характеристиками выбранных транзисторов. Для транзистора типа IRG4PH50U время задержки импульса – 35 нс, время нарастания фронта импульса

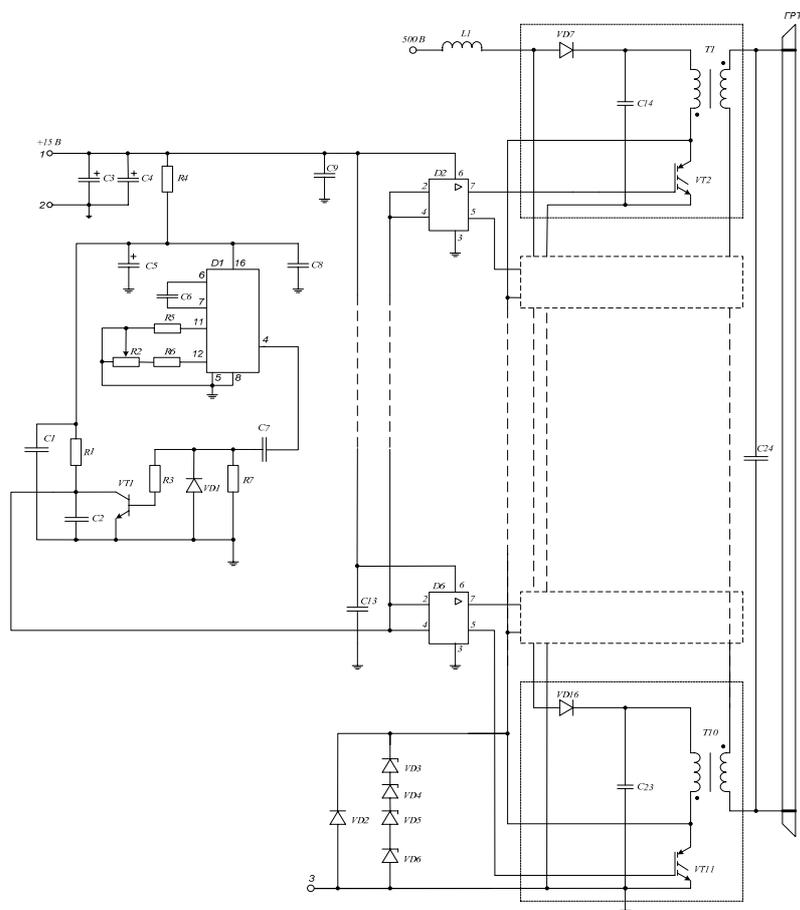


Рис. 1. Генератор высоковольтных импульсов

– 18 нс, а время полного запираения транзистора во всем диапазоне рабочих температур составляет 0,5...1 мкс. Необходимо также учитывать время для заряда накопительных конденсаторов, которое превышает 1 мкс. Необходимо учитывать и потери на силовых транзисторах, возрастающие с повышением частоты. С учетом выше сказанного максимальная частота для предложенного схемного решения не превышает 250 кГц.

Результаты испытаний первого образца CuVg-лазера приведены в работе [5]. Через 50 ч работы трубка прекратила генерировать, после понижения рабочей частоты до 35 кГц генерация возобновилась с мощностью излучения около 0,8 от первоначальной. Еще через 50 ч работы трубка вновь прекратила генерировать. После понижения рабочей частоты до 20 кГц генерация возобновилась с мощностью излучения около 0,5 от первоначальной. Зависимость мощности излучения CuVg-лазера от времени наработки при различной частоте генерации представлена на рис. 2.

Это явление мы связываем с изменением газового состава внутри трубки по мере ее эксплуатации, которое проявляется в ухудшении эффективности возбуждения активной среды на более высоких частотах, т. е. при меньших энерговкладах за импульс накачки.

Было изготовлено несколько образцов CuVg-лазера [6], при этом источник накачки с транзисторным коммутатором значительно превосходил по надежности источник накачки с тиратронным коммутатором. Срок службы ГРТ составлял около 1000 ч. Критерием выхода ГРТ из строя считалось уменьшение мощности излучения в два раза.

В последнем образце CuVg-лазера использована ГРТ со встроенным генератором НВг, что позволило контролировать газовый состав внутри трубки [7]. Исследования работы лазера проведены на рабочей частоте 20 кГц. Мощность излучения в этом образце CuVg-лазера увеличилась в два раза по сравнению с предыдущими образцами. По характеру высоковольтного импульса можно предполо-

жить, что оптимальная частота (по средней мощности излучения) для данной ГРТ выше, чем для аналогичной ГРТ без добавки НВг.

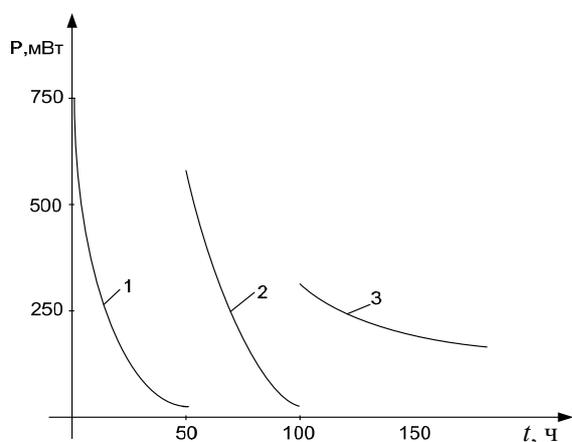


Рис. 2. Зависимость мощности излучения CuBr-лазера от времени наработки при различной частоте генерации, кГц: 1) 50, 2) 35, 3) 20

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтушенко Г.С., Паршина Н.В., Татур В.В. и др. CuBr-лазер с транзисторным коммутатором // Оптика атмосферы и океана. — 2000. — Т. 13. — № 3. — С. 265–266.
2. Свид. на ПМ 14752 РФ. МКИ H01S 3/09. Схема возбуждения лазеров на парах металлов / В.В. Татур. Заявлено 02.03.2000; Опубл. 20.08.2000, Бюл. № 23. — С. 464.
3. Визирь В.А., Иванов С.В., Ковальчук Б.М. и др. Транзисторный модулятор сверхвысокочастотного магнетрона // Приборы и техника эксперимента. — 2004. — № 4. — С. 53–56.
4. Иванов Е.В., Мошкунов С.И., Хомич В.Ю. Магнитотранзисторный генератор для питания лазера на парах меди // Приборы и техника эксперимента. — 2006. — № 1. — С. 88–90.

Практические исследования частотного диапазона CuBr-лазера с целью определения максимальной мощности излучения и максимального срока службы на данном этапе не проведены, так как достаточно трудоемки.

Ниже приведены технические характеристики CuBr-лазера на ГРТ со встроенным генератором НВг:

длина волны излучения	510,5 нм; 578,2 нм
мощность излучения средняя	1 Вт
частота повторения импульсов	20 кГц
потребляемая мощность	600 Вт
диаметр луча	8 мм
расходимость луча	1 мрд
охлаждение	воздушное
источник питания	полупроводниковый
габаритные размеры	830×280×170 мм
масса	18 кг

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: проект: РНП.2.1.1.5450.

Работа доложена на VIII Международной конференции «Atomic and Molecular Pulsed Lasers», Tomsk, 10–14 September, 2007.

5. Evtushenko G.S., Kashaev V.Yu., Sukhanov V.B., Tatur V.V. Frequency characteristics of sealed-off CuBr-laser // Proc. of SPIE. Intern. Conf. on Atomic and Molecular Pulsed Lasers. — 2002. — V. 4747. — P. 198–201.
6. Евтушенко Г.С., Суханов В.Б., Татур В.В. и др. Лазер на парах бромида меди с транзисторным источником накачки // Приборы и техника эксперимента. — 2002. — № 4. — С. 165.
7. Шиянов Д.В., Суханов В.Б., Евтушенко Г.С., Андриенко О.С. Экспериментальное исследование влияния добавок НВг на генерационные характеристики CuBr-лазера // Квантовая электроника. — 2004. — Т. 34. — № 7. — С. 625–629.

Поступила 07.12.2006 г.