

**В.И. Воронов, В.Ф. Елаев, А.И. Иванов, А.Е. Кирилов,
Ю.П. Полунин, А.Н. Солдатов, А.С. Шумейко**

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ ЛАЗЕРОВ НА ПАРАХ БРОМИДА МЕДИ С ОТПАЯННЫМ АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Представлены результаты исследования отпаянного активного элемента лазера на парах бромида меди с активной зоной диаметром 60 мм и длиной 100 см без ограничивающих диафрагм. После 300 часов работы лазера падение мощности генерации составило 25% вследствие уменьшения пропускания выходных окон.

Описана работа лазера на парах бромида меди со средней мощностью генерации 50 Вт и приводятся его технические характеристики.

По генерационным характеристикам лазер на парах бромида меди (ЛПБМ) сравним с лазером на парах меди (ЛПМ) [1], но широкое применение ЛПБМ в настоящее время сдерживается малым сроком службы его активного элемента. Активный элемент ЛПБМ, представляющий собой кварцевую газоразрядную трубку (ГРТ) с двумя электродами, очень прост и экономически дешев в изготовлении. Стоимость ГРТ ЛПБМ на порядок меньше стоимости активного элемента ЛПМ, описанного в [2], а практический кпд ЛПБМ, как правило, в два раза превышает соответствующий кпд ЛПМ.

Систематические и наиболее полные исследования ЛПБМ, в особенности по сроку службы ГРТ, проведены авторами [3]. Ими исследовались ГРТ с диаметром разрядного канала до 20 мм и длиной до 75 см. В разрядном канале применялись диафрагмы для устойчивости и стабильности разряда. Была получена средняя мощность генерации около 20 Вт при кпд ~ 1%. (Приводимые кпд определены по мощности, отбираемой от выпрямителя).

В [4] проведены исследования ЛПБМ с диаметром разрядного канала 20÷80 мм и длиной $l = 55\div 150$ см. При $\varnothing 50\div 80$ мм диафрагмы не использовались и в данном случае указываются внутренние диаметры ГРТ. Была получена средняя мощность генерации 112 Вт при кпд = 1,7% (ГРТ с $\varnothing 60$ мм и $l = 150$ см). Максимальный кпд = 1,8% был получен при средней мощности генерации 85 Вт. Диаметр лазерного пучка при максимальной мощности излучения достигал 35÷40 мм.

Авторы [3] указали на следующие основные причины, ограничивающие срок службы ГРТ ЛПБМ, которые подтверждаются и нашими экспериментами:

- 1) уменьшение пропускания выходных окон вследствие осаждения на них рабочего вещества и продуктов его распада;
- 2) увеличение до критических значений концентрации свободного брома в объеме лазерной трубки;
- 3) осаждение чистой меди на стенках ГРТ и диафрагмах;
- 4) разрушение электродов;
- 5) вынос рабочего вещества и продуктов его распада из активной зоны лазера. Последняя причина, главным образом, и определяет все остальные и обусловлена действием конвекционной диффузии.

В [3] был применен метод последовательного устранения или ослабления негативных факторов, влияющих на срок службы ГРТ ЛПБМ. Такой подход не всегда был успешен, но в целом он привел к весьма существенному увеличению срока службы. Суть подхода заключалась в использовании полностью нагреваемой ГРТ, включая выходные окна.

Однако практическое применение полностью нагреваемой ГРТ имеет свои недостатки и сложности. Например, на прогреваемых окнах осаждение чистой меди не уменьшилось, а, наоборот, увеличилось, что являлось основной причиной падения мощности генерации в первые 300 часов работы ЛПБМ. Применение внешних печей для нагрева концевых зон ГРТ, помимо понятного неудобства, увеличивает энергопотребление лазера и ведет к снижению его общего КПД.

В данной статье мы отказались от использования полностью нагреваемых ГРТ и держали концевые зоны, несущие выходные окна, по возможности при более низкой температуре, используя принудительное воздушное охлаждение от вентиляторов, снимающих тепло с лазерной головки в целом. Кроме того, были увеличены, насколько это было возможно, длины концевых зон, в которых устанавливались системы кольцевых диафрагм, представляющие собой систему диффузионных ловушек. В этих устройствах основная часть осевого потока вещества из активной зоны преобразуется в радиальный поток. Эти меры позволили резко снизить вынос рабочего вещества и продуктов его распада из активной зоны и, соответственно, уменьшить их осаждение в концевых зонах, особенно в области выходных окон.

В работе [5] указано, что ослабить или вообще прекратить вынос вещества из активной зоны лазера возможно за счет усиления процесса термодиффузии. В условиях ЛПБМ термодиффузионный поток вещества направлен из <холодных> зон (концевые зоны) в <горячую>, т.е. в активную зону лазера. Создав необходимый градиент температуры между указанными зонами, можно полностью или частично повернуть диффузионные потоки и тем самым резко ослабить негативные факторы, уменьшающие срок службы ГРТ.

Исследуемая в отпаянном режиме ГРТ имела \varnothing 60 мм и расстояние между электродами $l = 100$ см. Общая длина ГРТ составляла 170 см. Бромид меди в специальных контейнерах помещался в 4-х отрезках ГРТ, которые нагревались печами. Диафрагмы в разрядном канале не применялись. В качестве буферного газа использовался Ne при давлении 20 Торр с добавкой H_2 при давлении 0,3 Торр.

Генератор импульсов возбуждения, аналогичный генератору в [4], был собран на основе двух работающих поочередно тиратронов ТГИ1-1000/25 с водяным охлаждением и повышающего импульсного трансформатора с коэффициентом трансформации 1:2. При необходимости можно работать без повышающего трансформатора.

На рис. 1 приведены зависимости средней мощности генерации от мощности, отбираемой от выпрямителя. Верхняя кривая – с повышающим трансформатором, нижняя – без него. На рис. 2 изображены импульс напряжения на электродах ГРТ и импульс тока (внизу) с использованием повышающего трансформатора.

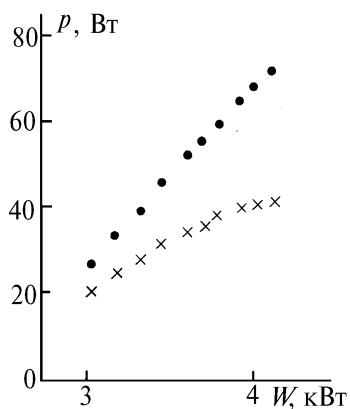


Рис. 1

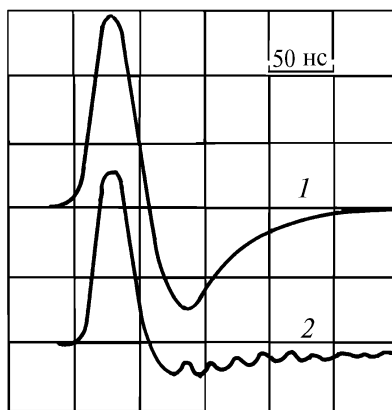


Рис. 2

За 300 часов работы ЛПБМ средняя мощность генерации упала примерно на 25% вследствие соответствующего уменьшения пропускания выходных окон. Заметного осаждения рабочего вещества в концевых зонах не наблюдалось, как и эрозии электродов.

На основе проведенных исследований был создан образец лазера на бромиде меди, основные характеристики которого даны ниже.

Длины волн излучения	510,6 нм, 578,2 нм
Частота следования импульсов излучения	15±20 кГц
Длительность импульса генерации	20±30 нс
Средняя мощность излучения:	
первый режим	30 Вт
второй режим	50 Вт
Мощность источника питания	5 кВт
Размеры:	
лазерной головки	30×48×205 см
источника питания	32×85×130 см

Лазер питается от 3-фазной сети переменного тока. Лазерная головка имеет два отсека – в одном располагается активный элемент, в другом – блок коммутации. При необходимости лазер обеспечивается двумя запасными активными элементами.

Отметим, что лазеры на парах меди (модели Cu 40 и Cu 60 с мощностью генерации 40 и 60 Вт соответственно) фирмы *Oxford Lasers* имеют срок службы 300 часов, работают в прокачке буферного газа. Длина лазерной головки (Cu 60) значительно (60 см) больше нашей. Размеры лазерной головки нашего образца позволяют реализовать ЛПБМ с мощностью генерации 100 Вт.

1. Казарян М.А., Петраш Г.Г., Трофимов А.Н. // Импульсные лазеры на парах галогенидов меди. (Тр. ФИАН. Т. 181). М.: Наука, 1987. С. 54–121.
2. Бурмакин В.А., Евтюнин А.Н., Лесной М.А. // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. N 5. С. 1000–1004.
3. Астаджов Д.Н., Вучков Н.К., Петраш Г.Г., Саботинов Н.В. // Лазеры на парах металлов и их галогенидов. (Тр. ФИАН. Т. 181). М.: Наука, 1987. С. 122.
4. Елаев В.Ф., Лях Г.Д., Пеленков В.П. // Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. N 11. С. 1228–1229.
5. Куров В.С., Солдатов А.Н., Шумейко А.С. // Регулирование скоростей процессов, определяющих срок службы лазеров на парах бромида меди. М., 1991 г. Деп. в ВИНТИ 15.10.91. N 3969–В 91.

Томский государственный университет им. В. В. Куйбышева,
г.Томск

Поступила в редакцию
2 марта 1993 г.

V.I.Voronov, V.F.Elajev, A.I.Ivanov, A.E.Kirilov, Yu.P.Polunin,
A.N. Soldatov, A.S. Shumeiko. **Research and Development of High-Power-Sealed-off CuBr-Lasers.**

Some results of investigations of a sealed-off CuBr-Laser with the diameter of the active zone of 6 cm and the length of 100 cm (without screening diaphragms) are presented. After 300 hours of work the output power of the laser radiation failed off by about 25 % due to a decrease of the discharge tube windows.

An experimental unit of CuBr-Laser capable of delivering 50 W mean output power has been build up. Specifications of this device are given in this paper.