

В.Д. Бочков <sup>1</sup>, М. Гошева-Маразова <sup>2</sup>, И.И. Климовский <sup>3</sup>

## Излучатели лазеров на парах металлов, снабженные генератором водорода с большим сроком службы

<sup>1</sup> ООО «Импульсные технологии», г. Рязань, Россия

<sup>2</sup> «Spektronika Ltd», г. София, Болгария

<sup>3</sup> Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

Поступила в редакцию 7.10.2001 г.

Основной причиной, ограничивающей срок службы излучателей лазеров на парах бромида меди с внутренним источником водорода, является отравление генератора водорода различными газами, содержащимися в излучателе. На основе селективных мембран, проницаемых только для водорода, разработана и изготовлена конструкция, исключающая возможность отравления генератора и обеспечивающая поддержание оптимального давления водорода в течение всего срока службы излучателя.

Давно известно [1], что добавка водорода в излучатель лазера на парах меди улучшает его характеристики. В связи с этим водород входит в состав газовой смеси мощных лазеров на парах CuBr с отпаянным активным элементом [2]. В излучателях [1, 2] давление водорода определяется тем его количеством, которое напускается в оболочку перед ее герметизацией. Из-за постоянной деградации водорода его давление в излучателе непрерывно падает и за время, меньше чем ресурс работы излучателя, определяемый его конструкцией и технологией изготовления, опускается ниже минимально допустимой величины, в результате чего мощность генерации лазера сильно снижается.

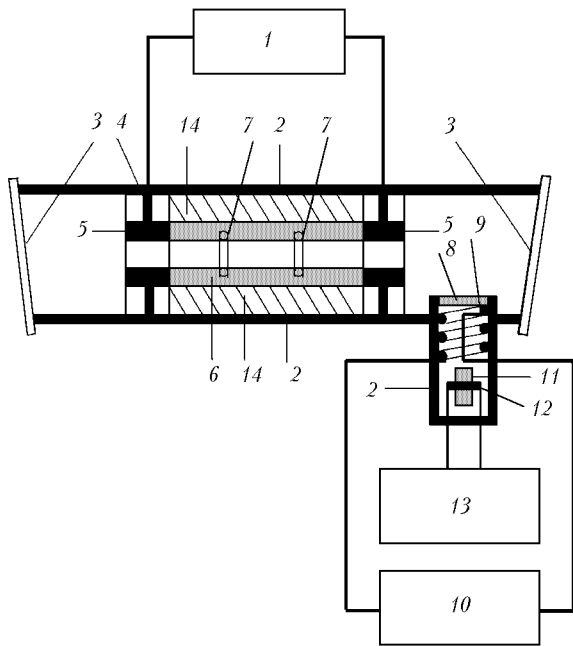
Для восстановления давления до первоначального уровня требуются разгерметизация оболочки и наполнение излучателя дозированным количеством водорода от внешних источников. В [3] водород подавался в излучатель CuBr-лазера с помощью подогреваемого генератора водорода (ГВ). Активный элемент такого генератора изготавливается из титана (иногда циркония) и во время вакуумной обработки насыщается водородом. Водород в титане при температуре ниже 150–200 °С находится в виде гидрида, который при нагреве до больших температур обратимо разлагается.

На фирме «Spektronika Ltd» (Болгария) были изучены особенности работы ГВ, расположенного внутри излучателя CuBr-лазера, описанного в [4]. Увеличение мощности генерации достигало 1,5 раза. Однако, как показали исследования, излучателю лазера на парах бромида меди, снабженному генератором водорода, присущи и недостатки. Так, во время работы лазера титан вступает в химические реакции с галогенами и галогенидами металлов, а также с газами, выделяющимися из электродов и других элементов излучателя, что существенно снижает его срок службы и, как следствие, снижает срок службы излу-

чателя. Кроме того, при выключении подогревателя ГВ (после выключения лазера) давление водорода в излучателе уменьшается и при значительных временах отключения весь водород адсорбируется в ГВ. В связи с инерционностью нагрева генератора, дополнительным нагревом его энергией, выделяющейся из газового разряда и конечной скоростью диффузии водорода в газовой смеси, давление водорода в излучателе устанавливается постепенно и достигает значения, необходимого для установления стабильных выходных параметров лазера, через определенный, достаточно большой интервал времени.

С целью увеличения срока службы ГВ и стабилизации давления водорода в излучателе на уровне, обеспечивающем паспортное значение мощности генерации и КПД на протяжении всего срока службы лазера, разработана и изготовлена конструкция ГВ, исключающая возможность его отравления газами, содержащимися в излучателе, и обеспечивающая поддержание оптимального давления водорода в течение всего срока службы излучателя.

На рисунке показана конструкция саморазогреваемого излучателя лазера на парах металла. Излучатель, подключенный к блоку питания 1, содержит герметичный корпус 2 с выходными окнами 3 и токоподводами 4, электроды 5, газоразрядную трубку 6, генераторы паров металла 7, селективную мембрану 8 с подогревателем 9 и блоком питания подогревателя 10, генератор водорода 11 с подогревателем 12 и блоком питания подогревателя 13, тепловую изоляцию 14. Селективная мембрана выполняется из палладия или никеля – металлов, обладающих проницаемостью при нагреве только для водорода или дейтерия, что исключает возможность попадания в генератор водорода других газов, выделяющихся из электродов и элементов конструкции излучателя, а также галогенов и галогенидов металлов.



Излучатель саморазогревного лазера на парах металлов

Излучатель лазера работает следующим образом. При включении блока питания импульсы напряжения через токоподводы подаются на электроды, в результате чего в газоразрядной трубке возникает импульсно-периодический разряд. Из-за наличия тепловой изоляции энергия, выделяющаяся в разряде, разогревает газоразрядную трубку и генераторы пара металла. По мере разогрева газоразрядной трубки и генераторов пара металла пары металла заполняют газоразрядную трубку и возникает индуцированное излучение, выходящее из излучателя через выходные окна. Одновременно с блоком питания лазера включается блок питания подогревателя генератора водорода. После нагрева генератора водорода до температуры, соответствующей оптимальному давлению водорода, включается блок питания подогревателя селективной мембраны. После достижения рабочей температуры селективной мембраны в случае превышения давления водорода в полости, содержащей ГВ, над парциальным давлением водорода в полости, заполненной смесью инертного газа и водорода и содержащей электроды, газоразрядную трубку и генераторы пара металла, давление водорода во второй из полостей повышается до давления водорода в полости, содержащей генератор водорода, обеспечивая тем самым стабилизацию давления водорода на оптимальном уровне. После достижения рабочей температуры генераторов пара металла лазер переходит в стационарный режим работы, характеризующийся номинальной (паспортной) мощностью генерации. При выключении лазера одновременно выключаются блок питания лазера и блок питания подогревателя селективной мембраны. По истечении времени, за которое селективная мембрана перейдет в состояние, непроницаемое для водорода, выключается блок питания подогревателя генератора водорода. Такая последователь-

ность отключения различных блоков питания обеспечивает сохранение оптимального давления водорода в полости, заполненной инертным газом и водородом и содержащей электроды, газоразрядную трубку и генераторы паров металла.

Технический эффект от использования такой конструкции излучателя заключается в увеличении срока службы излучателя и стабилизации давления водорода в излучателе на уровне, обеспечивающем паспортный уровень мощности генерации и КПД лазера.

Данное техническое решение может быть использовано не только в излучателях, в которых необходимо давление паров металлов или галогенидов металлов достигается за счет саморазогрева, т.е. за счет энергии, выделяющейся в разряде, но и в излучателях лазеров на парах металлов и галогенидов металлов, снабженных внешними нагревателями. Кроме того, это техническое решение может быть использовано в других источниках индуцированного излучения, использующих водород в качестве основного или дополнительного компонента активной среды, например в лазерах на молекулярном водороде [5], на неоне [6], на молекулярном азоте [6], на молекулах  $\text{XeCl}$  и  $\text{KrCl}$  [7, 8], на смеси  $\text{SF}_6\text{-H}_2$  [9], на литийподобных ионах азота [10] и т.д. Более того, это решение может применяться в источниках спонтанного излучения, использующих водород в качестве основного или вспомогательного компонента излучающей среды.

1. Бохан П.А., Силантьев В.И., Соломонов В.И. О механизме ограничения частоты следования импульсов генерации в лазере на парах меди // Квант. электрон. 1980. Т. 7. № 6. С. 1264–1269.
2. Воронов В.И., Елаев В.Ф., Иванов А.И., Кирилов А.Е., Полушин Ю.П., Солдатов А.Н., Шумейко А.С. Исследование и разработка мощных лазеров на парах бромида меди с отпаянным активным элементом // Оптика атмосф. и океана. 1993. Т. 6. № 6. С. 727–730.
3. Астаджов Д.Н., Вучков Н.К., Исаев А.А., Петраш Г.Г., Пономарев И.В., Сабитов Н.В. Релаксация метастабильных атомов меди в лазере на парах меди в режиме регулярных импульсов // Квант. электрон. 1987. Т. 14. № 2. С. 396–399.
4. Marazov O.R., Manev L.G. Externally heated CuBr laser // Opt. Commun. 1990. V. 78. N 1. P. 63–66.
5. Бажулин П.А., Князев И.Н., Петраш Г.Г. Стимулированное излучение молекул водорода и дейтерия в ближней инфракрасной области спектра // Ж. эксперим. и теор. физ. 1965. Т. 49. Вып. 1. С. 16–23.
6. Александров А.Ю., Долгих В.А., Керимов О.М., Рудой И.Г., Самарин А.Ю., Сорока А.М. Эффективные столкновительные лазеры в видимой и УФ-областях спектра // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1989. Т. 53. № 8. С. 1474–1483.
7. Mckee T.J., James D.J., Nip W.S., Weeks R.W. Lifetime extension of  $\text{XeCl}^*$  and  $\text{KrCl}^*$  lasers with additives // Appl. Phys. Lett. 1980. V. 36. № 4. P. 943–945.
8. Грузинский В.В., Дегтяренко К.М., Шалаев В.К., Котылова Т.Н., Верховский В.С., Тарасенко В.Ф., Мельченко С.В. Генерация излучения бензимидазолами в различных агрегатных состояниях // Ж. прикл. спектроскопии. 1983. Т. 38. Вып. 4. С. 559–564.
9. Абдуллин Э.Н., Ефремов А.М., Ковальчук Б.М., Орлов-

ский В.М., Панченко А.Н., Рыжов В.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Турчановский И.Ю. Лазер на смеси SF<sub>6</sub>-H<sub>2</sub> с накачкой радиально сходящимся пучком электронов // Квант. электрон. 1997. Т. 24. № 9. С. 781–785.

10. Карелин А.В., Широков Р.В., Яковленко С.И. Кинетическая модель N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>-лазера на переходе 3s-2p литийподобного иона азота // Квант. электрон. 1996. Т. 23. № 5. С. 423–427.

*V.D. Bochkov, M. Gosheva-Marazova, I.I. Klimovskii.* **Metal vapour laser tubes supplied with hydrogen reservoirs of increased service time.**

It is known, that a small amount of hydrogen in a bulk of Cu vapours should be used to get improved parameters of laser tube. Hydrogen was used in manufacturing power CuBr vapour lasers with sealed-off laser tube. In [3] hydrogen was delivered into CuBr laser tube from heated hydrogen reservoir (HR). In the given paper, peculiarities of operation of HR placed inside Cu-Br laser tube are studied. The main disadvantage was HR poisoning by gases created in a laser tube during laser operation. On the basis of diaphragms, nontight for hydrogen, construction of HR, eliminating possibility of poisoning by various gases contained in a laser tube was designed and constructed. The above construction is considered to provide for and maintain optimum hydrogen pressure within entire service time of laser head.