

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ  
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.373.826.038.823

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ ЛАЗЕР НА ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ  
С УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

© 2019 г. В. В. Осипов<sup>а</sup>, А. Н. Орлов<sup>а</sup>, С. М. Бельков<sup>а</sup>, И. И. Беляков<sup>а</sup>,  
А. В. Бочков<sup>б</sup>, Л. Э. Магда<sup>б</sup>, И. В. Касьянов<sup>б</sup>

Поступила в редакцию 21.03.2019 г.

После доработки 31.05.2019 г.

Принята к публикации 01.06.2019 г.

DOI: 10.1134/S0032816219060120

Импульсно-периодические электроразрядные CO<sub>2</sub>-лазеры высокого давления работают на газовых смесях, содержащих молекулярный азот, углекислый газ и гелий. Перспективным представляется создание лазера, генерирующего на смеси CO<sub>2</sub> и воздуха, который забирается извне и очищается на входе. В дальнейшем эта смесь поступает в активную зону, накачивается и генерирует излучение. Очевидно, что такой лазер способен работать как в отпаянном режиме, так и при непрерывной замене смеси газов.

Подобный импульсно-периодический электроразрядный CO<sub>2</sub>-лазер намного проще и дешевле в эксплуатации, так как для работы необходим лишь маломощный компрессор и баллон с углекислым газом. Но, к большому сожалению, при этих условиях необходимо преодолеть достаточно серьезную проблему, связанную с трудностью зажигания в атмосферном воздухе объемного разряда с высоким уровнем вложенной удельной энергии. К тому же отсутствие гелия в газовой смеси более чем на порядок уменьшает скорость релаксации уровня CO<sub>2</sub> (010), что в конечном счете приводит к увеличению населенности нижнего лазерного уровня и уменьшению эффективности CO<sub>2</sub>-лазера.

К настоящему времени, как показал анализ существующих публикаций, нами не обнаружены работы, где бы описывались высокоэффективные CO<sub>2</sub>-лазеры атмосферного давления, генерирующие в смесях атмосферного воздуха и углекислого газа с применением простой электродной системы [1–5].

Авторами разработан и изготовлен импульсно-периодический газоразрядный лазер ЛВС-1,

работающий на атмосферном воздухе с добавлением углекислого газа (рис. 1).

В состав лазера ЛВС-1 входят следующие блоки:

- 1) разрядная камера с высоковольтным генератором наносекундных импульсов, резонатором и системой прокачки газовой смеси;
- 2) высоковольтный источник питания ВИП-35 с диапазоном регулируемого выходного напряжения положительной полярности 0–35 кВ;
- 3) высоковольтный генератор микросекундных импульсов;
- 4) газовакуумная система.



Рис. 1. Внешний вид газоразрядного лазера ЛВС-1.

<sup>а</sup>Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>б</sup>РФЯЦ – ВНИИТФ, Снежинск, Челябинской обл., Россия

Разрядная камера с высоковольтным генератором наносекундных импульсов, резонатором и системой прокачки газовой смеси предназначена для получения импульсов излучения и является основной частью лазера ЛВС-1. Высоковольтный генератор собран по схеме с удвоением напряжения, что позволило получить почти двукратное перенапряжение на разрядном промежутке. В лазере применен резонатор с глухим зеркалом из молибдена с  $R = 99.3\%$  и выходным многослойным диэлектрическим зеркалом с  $R = 70\%$ , где  $R$  – коэффициент отражения зеркал. Радиус кривизны зеркала из молибдена равен 10 м. Специально профилированные электроды газоразрядного промежутка изготовлены из латуни и имеют длину 30 см. Длина, ширина и высота разрядного промежутка соответственно составили  $25 \times 1.0 \times 0.7$  см.

Малогабаритный высоковольтный источник питания ВИП-35 использован для питания высоковольтного генератора лазера ЛВС-1.

Высоковольтный импульсный генератор предназначен для запуска газовых разрядников.

Газовая смесь готовится как в проточном, так и в отпаянном режимах в разрядной камере с помощью газовакуумной системы, которая состоит из газовой камеры лазера, баллона с углекислым газом, ротаметров (2 шт.), электромагнитных клапанов (3 шт.), мини-насоса-компрессора (1 шт.), вакуумметра (1 шт.) и соединительных труб с разъемами. Мембранный насос-компрессор позволяет откачивать газовакуумную систему до 0.24 атм. При непрерывной работе лазера в открытом режиме воздушная смесь непрерывно поступает за счет небольшого разрежения (0.8–0.9 атм) в разрядной камере, создаваемого насосом-компрессором.

**Характеристики газоразрядного лазера ЛВС-1.** Длина волны излучения 10.6 мкм; энергия импульса излучения до 400 мДж; частота следования

импульсов 1–30 Гц; минимальная длительность импульса излучения 50 нс; состав газовой смеси – атмосферный воздух + углекислый газ; максимальное давление рабочей смеси 0.9 атм; потребляемая мощность  $\leq 500$  Вт. Режимы работы лазера: 1) отпаянный, 2) открытый, с непрерывной заменой газовой смеси. Комплектация прибора – моноблок. Габаритные размеры  $460 \times 460 \times 270$  мм; масса 27 кг.

Поскольку добротность оптического резонатора не оптимизирована, то предположительно эффективность лазера можно увеличить до 5–6%. В качестве перспективы развития данной разработки авторы предлагают доведение рабочего давления до 1 атм и подготовку газовой смеси в газовом эжекторе. Это позволит полностью избавиться от вакуумного контура и откачивающего насоса, тем самым повысить надежность лазера с одновременным уменьшением его массы и габаритов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов А.В., Егоров Ю.А., Кажидуб А.В., Кацура Н.И., Лебедев Ф.В., Сидоренко Е.М., Сумерин В.В., Фролов В.М. // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 4. С. 920.
  2. Блохин В.И., Герасимов В.Ф., Голубев В.С., Дмитриев К.И., Дремин В.Е., Пашкин С.В., Шулаков В.Н. // Квантовая электроника. 1983. Т. 10. № 8. С. 1686.
  3. Артамонов А.В., Веденов А.А., Витиас А.Ф., Наумов В.Г. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 1. С. 184.
  4. Баранов В.Ю., Борисов В.М., Кирюхин Ю.Б., Кочетов И.В., Певгов В.Г., Степанов Ю.Ю. // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 5. С. 1141.
  5. Beaupere D., Helias G., Bettinger A. // Rev. Sci. Instrum. 1985. V. 56. № 12. P. 2251.
- Адрес для справок: Россия, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106; Институт электрофизики УрО РАН. E-mail: orlov@iep.uran.ru (А.Н. Орлов).