

А.И. Федоров

АЗОТНЫЙ ЛАЗЕР С ПРОДОЛЬНОМ РАЗРЯДОМ И УФ-ПРЕДЫОНИЗАЦИЕЙ

Исследован N_2 -лазер с продольным разрядом, работающий при низком давлении с УФ-предыонизацией и низких зарядных напряжениях 8–12 кВ. Выходная средняя мощность излучения составляла 0,35 мВт при длительности импульса генерации 2,5 нс и рабочем давлении 40 Торр. На основании проведенных исследований возможно создание отпаянного миниатюрного N_2 -лазера.

В последнее время проявляется интерес к миниатюрным Уф-лазерам [1–5]. Более простые и дешевые в этом отношении N_2 -лазеры. Применение секционированного продольного разряда с УФ-предыонизацией позволило повысить однородность лазерного излучения и снизить зарядное напряжение до 20 кВ [1]. Использование промышленного управляемого разрядника упрощает схему возбуждения и позволяет получать более высокие характеристики излучения по сравнению с тиратроном для N_2 -лазера [6]. А их малые габариты являются существенным моментом для миниатюрных лазеров [4]. Кроме того, появляется возможность создания отпаянного [7] миниатюрного N_2 -лазера, что расширяет спектр их применения.

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований N_2 -лазера низкого давления с продольной секционированной накачкой и автоматической УФ-предыонизацией при низких зарядных напряжениях.

В экспериментах использовалась система возбуждения Блюмляйн, которая успешно была применена для миниатюрного ХеСl-лазера с продольной накачкой. В [4] приведено подробное описание электрической схемы, ее конструктивные особенности и общий вид лазерного блока. В качестве лазерного объема использовались кварцевые трубки с внутренним диаметром 4 и 5 мм. В трубке имелось 4 лазерных промежутка с продольным возбуждением. Длина одного промежутка соответствовала 4 см. В качестве электродов применялось 5 пар стальных стержней диаметром 4 мм заданной конфигурации. Следовательно, разрядный канал имел общую длину 16 см. Активный разрядный объем соответствовал 2 или 3 см³. Резонатор состоял из алюминиевого отражающего зеркала и кварцевой плоскопараллельной пластины. Зарядная емкость линии Блюмляйн равнялась 12 нФ. В каждом разрядном промежутке находилась емкость, которая выполняла роль обострителя и источника предыонизации лазерного промежутка ($C_{об}$). Ее суммарная емкость могла меняться от 0,6 до 1,2 нФ. В качестве коммутатора использовался промышленный управляемый разрядник РУ-62. Характеристики излучения регистрировались с помощью калориметра ИМО-2Н, фотодиода ФЭК-22СПУ и осциллографа С8-14. Были проведены исследования N_2 -лазера в зависимости от параметров системы возбуждения, зарядного напряжения и рабочего давления.

На рис. 1 приведена зависимость средней мощности излучения от суммарной величины обострительной емкости. Максимальная средняя мощность излучения достигала 0,35 мВт при обострительной емкости 0,9 нФ при частоте следования импульсов 10 Гц, зарядном напряжении 12 кВ и давлении 40 Торр. Данная система возбуждения позволяла работать с максимальной частотой следования импульсов 15 Гц, которая в 3 раза выше, чем в работе [1]. Как показали эксперименты, для работы с высокой частотой лучше применять емкостную схему возбуждения [5]. Длительность импульса генерации на полувысоте равнялась 2,5 нс. Были проведены исследования на долговечность работы N_2 -лазера в отпаянном режиме. На одной порции азота лазер довольно стабильно работал до $1 \cdot 10^5$ импульсов излучения. Исследования параметров системы возбуждения и конструктивных особенностей лазерной трубки позволили сформулировать требования, необходимые для создания отпаянного миниатюрного лазера и заложенные в новой лазерной системе.

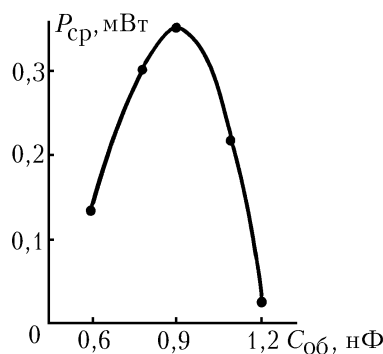


Рис. 1. Зависимость средней мощности от суммарной обострительной емкости при $P = 40$ Торр, $U_0 = 12$ кВ, $C_3 = 12$ нФ и $f = 10$ Гц

На рис. 2,а приведена зависимость средней мощности от зарядного напряжения при давлении 30 Торр и частоте следования 10 Гц. С ростом зарядного напряжения линейно растут выходные параметры лазерного излучения. Особенностью нашей системы возбуждения является то, что используются низкие зарядные напряжения, которые более чем в два раза ниже используемых в [1]. А как известно, для многих практических применений, особенно в медицине, необходимо использовать наиболее низкое высоковольтное напряжение. Кроме того, низкое рабочее напряжение повышает надежность работы лазера в целом.

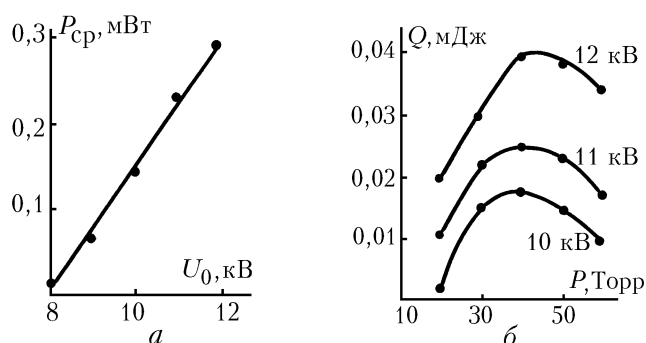


Рис. 2. Зависимость средней мощности от зарядного напряжения при $P = 30$ Торр, $f = 10$ Гц (а) и зависимости энергии излучения от давления и зарядного напряжения при $f = 1$ Гц (б)

На рис. 2, б даны зависимости энергии излучения от рабочего давления и зарядного напряжения. Для данной системы оптимальное давление азота равняется 40 Торр независимо от зарядного напряжения. С ростом зарядного напряжения растет энергия излучения. Максимальная энергия излучения 50 мкДж была зарегистрирована при 13 кВ. Экспериментальные данные указывают на жесткую связь между согласованием волнового сопротивления разрядной плазмы и источником питания с автоматической УФ-предыонизацией. Так, с ростом давления выше оптимального снижается выходная энергия излучения независимо от зарядного напряжения.

Параметры миниатюрных N_2 -лазеров с продольной накачкой и УФ-ионизацией в зависимости от активной длины разряда и зарядного напряжения для трубки с внутренним диаметром 4 мм

P , Торр	L , см	V , см ³	U_0 , кВ	τ_r , нс	Q , мДж	Q , мДж·см ⁻³	P , кВт	P , кВт·см ⁻³	f , Гц	η , %	Литература
60	26	3,3	20	5	0,33	0,1	65	20	5	0,01	[1]
40	16	2	8–12	2,5	0,04	0,02	16	8	10	0,01	Настоящая статья

В таблице приведены для сравнения параметры излучения миниатюрных N_2 -лазеров с продольной накачкой и УФ-предыонизацией низкого давления в зависимости от активной длины разряда и рабочего напряжения для трубки с внутренним диаметром 4 мм. Можно отметить, что наблюдается четкая корреляция результатов. В нашем случае была минимизирована лазерная систе-

ма за счет более низкого рабочего давления, активной длины разряда и зарядного напряжения. Основная особенность данного N₂-лазера заключается в том, что за счет уменьшения индуктивности разрядного контура была уменьшена длительность импульса излучения до 2,5 нс.

1. Furuhashi H., Goto T. // Rev. Sci. Instrum. 1988. V. 59. N 12. P 2552–2556.
2. Furuhashi H., Shimizu M. and Goto T. // Meas. Sci. Technol. 1990. V. 1. P. 401–405. Printed in the UK.
3. Зикрин Б.О., Кузьмин Г.П., Федоров А.И. и др. // Всес. конф. «Оптика лазеров». (Тезисы докл.). Л.: Изд. ГОИ. 1990. С. 414.
4. Федоров А.И. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. № 1. С. 96–101.
5. Федоров А.И. // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. № 11. С. 1664–1668.
6. Головин Ю.Ф., Дымшиц Ю.И., Ершов Л.С. и др. // ОПМ. 1984. № 2. С. 35–38.
7. Горлов А.И., Кюн В.В., Сквоз В.С. и др. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. № 9. С. 1781–1784.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
3 октября 1995 г.

A. I. Fedorov. Longitudinal Discharge Pumped and Ultraviolet Preionization N₂-Laser.

The results of experimental study of the longitudinal discharge pumped and UV preionization N₂ laser are presented. The laser operates at low pressure and low values of the discharge voltage (8–12 kV). At generation pulse duration about 2,5 ns and at working pressure of 40 Torr the output mean power of the laser radiation is 0,35 mW. The obtained results allows one to produce miniature sealed off N₂ laser.