

07;12

## ПЕРВЫЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ЛАЗЕР С ЯДЕРНОЙ НАКАЧКОЙ

© Н.М.Барышева, А.В.Бочков, Н.В.Бочкова, К.Ф.Гребенкин,  
Э.В.Зайцев, А.В.Луценко, В.А.Крыжановский, Э.П.Магда,  
В.М.Мурзин, А.Э.Незнатина

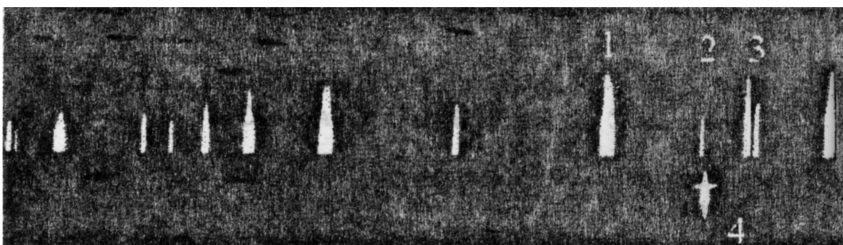
Еще в 1980 г. плотная He-N<sub>2</sub> плазма рассматривалась как одна из наиболее перспективных активных лазерных сред для условий ядерной накачки [1], в первую очередь благодаря интенсивному образованию в ней N<sub>2</sub><sup>+</sup>(В)-состояний в результате перезарядки молекулярных ионов гелия на молекуле азота [2].

Однако получение квазинепрерывной генерации на В-Х переходах иона N<sub>2</sub><sup>+</sup> невозможно без эффективного расселения нижнего лазерного уровня (N<sub>2</sub><sup>+</sup>(X)). Селективное девозбуждение N<sub>2</sub><sup>+</sup>(X)-состояния в условиях электронного пучка (например, [3,4]) привело к получению мощной квазинепрерывной генерации (к.п.д.  $\sum \sim 1-2\%$ ) на 0 — 0 ( $\lambda = 391$  нм) и 0 — 1 ( $\lambda = 428$  нм) полосах первой отрицательной системы азота при мощности накачки порядка нескольких киловатт.

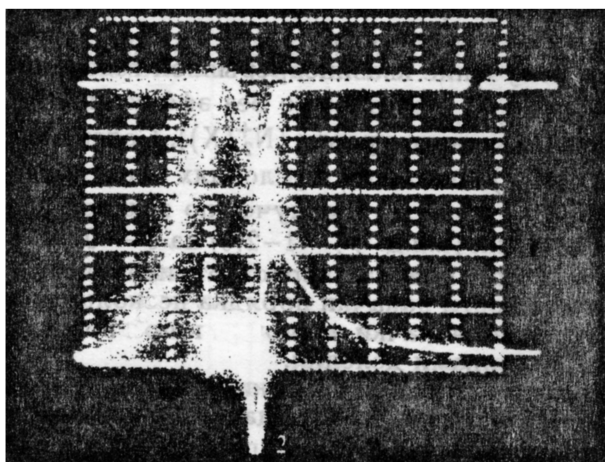
Такой уровень накачки возможен и при возбуждении газовых сред осколками деления.

При помощи созданной нами кинетической модели плотной He-N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> плазмы, возбуждаемой жестким ионизатором [5] (правильность которой проверена численным моделированием, использующим экспериментальные данные, полученные при накачке рассматриваемой среды электронным пучком) были проведены подробные расчетно-теоретические исследования данной активной среды, которые показали, что в условиях ядерной накачки коэффициент усиления на переходе с  $\lambda = 391$  нм может составить  $\sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  при к.п.д.  $\sim 1\%$ . Такая величина расчетного коэффициента усиления позволяет надеяться на успешное получение лазерной генерации при мощностях накачки  $\sim 1-2 \text{ кВт/см}^3$  и длительности импульса  $\sim 200$  мкс, несмотря на возможность существенного влияния на лазерные характеристики нагрева газа в течение импульса накачки ( $\sim 100^\circ\text{C}$ ).

Цель нашей работы состояла в экспериментальной проверке вышевысказанного предположения.



**Рис. 1.** Спектрограмма излучения лазера и ртутной лампы: 1 — длина волны 365 нм (Hg), 2 — длина волны 390 нм (Hg), 3 — длина волны 404 нм (Hg), 4 — 391.4 нм (В-Х переход  $N_2^+$ ).



**Рис. 2.** Осциллограмма импульса быстрых нейтронов (1) и импульса генерации (2).

Экспериментальные исследования проводились на импульсном ядерном реакторе ЭБР-Л [6], обеспечивающем поток тепловых нейтронов в зоне размещения кюветы порядка  $10^{17}$  т.н./см<sup>2</sup> при полуширине импульса около 250 мкс. Лазерная кювета, окруженная полиэтиленовым замедлителем, помещалась во внутренний канал реактора. В центральный узел кюветы были установлены тонкостенные алюминиевые трубки с нанесенным на внутреннюю поверхность слоем окиси закиси  $U^{235}$ . Внутренний диаметр трубок — 12 мм, толщина слоя окиси закиси  $U^{235}$   $\sim$  3 мг/см<sup>2</sup>. Общая длина слоя — 60 см.

Определение энерговклада в активную среду лазера проводилось по методике скачка давления [7]. Его величина составила  $0.5 \text{ Дж/см}^3$ . Соответственно удельная мощность накачки при полуширине нейтронного импульса  $250 \text{ мкс}$  составляла  $1.7 \text{ кВт/см}^3$  при давлении гелия  $3 \text{ атм}$ .

Форма импульса быстрых нейтронов регистрировалась коаксиальным фотоэлементом (ФЭК), форма импульса генерации — фотодиодом. Для контроля волны генерации использовался спектрограф ИСП-28 и монохроматор, на выходную щель которого устанавливался фотоумножитель ФЭУ-100.

Резонатор лазера состоял из двух диэлектрических зеркал: плоского и сферического ( $R = 10 \text{ м}$ ) с коэффициентами отражения на длине волны  $391 \text{ нм}$   $99$  и  $99.3\%$  соответственно.

В наших экспериментах была получена генерация на В-Х переходе иона  $\text{N}_2^+$  с длиной волны  $391 \text{ нм}$ . Спектрограмма излучения лазера приведена на рис. 1. Для удобства определения длины волны генерации на этой же фотографии приведен спектр излучения ртути. На рис. 2 приведены типичные осциллограммы импульса быстрых нейтронов (1) и импульса генерации (2).

По оценкам к.п.д. лазера, полученный в экспериментах, составил  $\sim 0.01\%$ . Малая его величина, вероятно, связана с тем, что не проводилась оптимизация состава активной среды и коэффициента пропускания зеркал резонатора. Эти эксперименты планируется провести позднее.

Таким образом, в наших экспериментах впервые была получена генерация в ближней УФ области спектра на переходе иона  $\text{N}_2^+$  с длиной волны  $391 \text{ нм}$  при возбуждении активной среды осколками делений. Отметим, что  $\text{He-N}_2\text{-N}_2$  лазер является на сегодняшний день самым коротковолновым лазером с ядерной накачкой.

Авторы благодарны академику РАН Е.Н. Аврорину за проявленный им интерес к данной работе и постоянную поддержку.

### Список литературы

- [1] *De Young R.J., Weaver W.R.* // J. Opt. Soc. Am. 1980. V. 70. N 5. P. 500–506.
- [2] *Collins C.B., Robertson W.W.* // J. Chem. Phys. 1964. V. 40. P. 701.
- [3] *Басов Н.Г., А.Ю. Александров, Данилычев Ю.А. и др.* // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. С. 1591.
- [4] *Басов Н.Г., Александров А.Ю., Данилычев Ю.А. и др.* // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 42. В. 1. С. 39.

- [5] *Барышева Н.М., Бочкова Н.В., Гребенкин К.Ф.* и др. Труды конференции "Физика ядено-возбуждаемой плазмы и проблемы лазеров с ядерной накачкой". Обнинск. 1992. Т. 1. С. 337-348.
- [6] *Крыжановский В.А., Магда Э.П.* // Труды конференции "Физика ядерно-возбуждаемой плазмы и проблемы лазеров с ядерной накачкой". Обнинск, 1992. Т. 3. С. 136-146.
- [7] *Анучин М.Г., Гребенкин К.Ф., Кандиев Я.З.* и др. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 1. С. 3-7.

Поступило в Редакцию  
12 июня 1996 г.

---