

мальном падении ЭМВ  $k_{z0} = k \sin \alpha = 0$ , т.е.  $\gamma^{(m)} = \gamma^{(0)} = 0$ . Отметим, что  $\gamma^{(0)}$  совпадает с инкрементом, полученным в [6].

Амплитуды поля в (3) и (4) связаны между собой

$$|E(0)| = |E(a)| \exp(-\alpha_0 a), \quad (5)$$

где  $\alpha_0^{-1}$  — глубина скинирования внешней ЭМВ в плазме.

Для плазменного слоя толщиной  $a = 5$  см плотности электронов  $n_0 = 10^{12}$  см $^{-3}$ , температуры электронов  $T_e = 10$  эВ при частоте падающей ЭМВ  $\omega_0 = 0.1 \Omega_e$  и угле падения  $\alpha = 5^\circ$   $\frac{\gamma^{(m)}}{\gamma^{(0)}} \approx 10^2$ .

Таким образом, несмотря на существенное ослабление поля волны накачки ( $\sim \exp(-\alpha_0 a)$ ,  $\alpha_0 a \gg 1$ ), более эффективно возбуждаются ПВ на границе плазма-металл.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Кондратенко А.Н. Поверхностные и объемные волны в ограниченной плазме. М.: Энергоатомиздат, 1985. 208 с.
- [2] Азаренков Н.А., Кондратенко А.Н. — УФЖ, 1985, т. 30, в. 5, с. 718–725.
- [3] Азаренков Н.А., Костенко В.В. — УФЖ, 1986, т. 31, в. 4, с. 457–458.
- [4] Кондратенко А.Н. Плазменные волноводы. М.: Атомиздат, 1976. 232 с.
- [5] Азаренков Н.А., Костенко В.В. — РЭ, 1986, т. 31, в. 4, с. 831–832.
- [6] Азаренков Н.А., Кондратенко А.Н., Куклин В.М., Пенева Й.Х. — Болг. физ. журн., 1980, т. 7, в. 2, с. 214–223.

Поступило в Редакцию  
26 ноября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 6

26 марта 1988 г.

**ХеСЛ** ЛАЗЕР С ЭНЕРГИЕЙ ГЕНЕРАЦИИ 150 Дж

Ю.И. Бычков, Н.Г. Иванов,  
В.Ф. Лосев, Г.А. Месяц

Лазеры на галогенидах инертных газов являются в настоящее время наиболее мощными источниками когерентного ультрафиолетового излучения [1–4]. Наибольшая энергия генерации 10 кДж достигнута на молекуле  $KrF^*$  [4]. Данные лазеры рассматриваются как наиболее перспективные источники в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу. Как правило, во всех мощных лазе-

рах этого класса для возбуждения рабочей смеси используется пучок ускоренных электронов. Проведенные исследования по возбуждению пучком  $XeCl$  лазера с одной стороны перпендикулярно оптической оси показали большие сложности, существующие при реализации оптимальных условий его работы [5]. Главным недостатком возбуждения лазера с одной стороны является неоднородность возбуждения активного объема в направлении распространения электронного пучка. Существенно улучшить однородность возбуждения можно при использовании двух встречных электронных пучков.

В настоящей работе сообщается о создании  $XeCl$  лазера с энергией генерации 150 Дж, возбуждение которого осуществляется двумя встречными электронными пучками перпендикулярно оптической оси. Лазер состоит из газовой камеры, двух вакуумных диодов и шести генераторов импульсного напряжения (ГИН). Питание одного диода осуществлялось от трех десятиступенчатых ГИН Аркадьева-Маркса, включенных параллельно. Емкость ступени каждого ГИН составляла 0,1 мкФ, волновое сопротивление 20 Ом. Разброс времени включения всех генераторов был не более  $\pm 20$  нс. В вакуумном диоде использовался взрывоэмиссионный катод, выполненный из графитовых стержней. Расстояние от катода до экстрактора составляло 55 мм. Электронный пучок от каждого диода инжектировался в лазерную кювету через окна размером  $150 \times 13$  см<sup>2</sup>, закрытые титановой фольгой толщиной 50 мкм. Лазерная камера, выполненная из нержавеющей стали, имела объем 60 литров. Расстояние между фольгами двух диодов было 13 см. Окна камеры диаметром 200 мм выполняли функцию резонатора, который был образован плоскопараллельной кварцевой пластиной и зеркалом с алюминиевым напылением. Рабочая смесь  $Ar-Xe-HCl$  ( $CCl_4$ ) давлением 4 атм готовилась непосредственно в лазерной камере. Энергия генерации измерялась с помощью измерителей энергии ИКТ-1Н и ИМО-2Н. Форма импульса излучения регистрировалась с помощью фотодиода ФК-19 и осциллографа С8-14.

На рис. 1 приведены типичные осциллограммы ускоряющего напряжения, тока диода, плотности тока пучка за фольгой одного диода и импульса генерации для зарядного напряжения 80 кВ. Видно, что при ускоряющем напряжении  $\sim 400$  кВ ток в диоде составлял 46 кА. Плотность тока электронов за фольгой, измеренная в центральной области фольги, была  $\sim 20$  А/см<sup>2</sup>. Импульс излучения запаздывал относительно импульса тока за фольгой на 70 нс и заканчивался практически одновременно с ним. Длительность импульса генерации на полувысоте составляла  $\sim 220$  нс, пиковая мощность 0,45 ГВт. Для данного режима возбуждения оптимальный состав смеси был следующим:  $Ar : Xe : HCl = 1400 : 10 : 1$ ,  $Ar : Xe : CCl_4 = 2000 : 10 : 1$ . Уровень энергии генерации в смеси с  $HCl$  был на 15% выше, чем в смеси с  $CCl_4$ . Изменяя состав смеси, можно было изменять как плотность распределения излучения по сечению лазерного луча, так и его размеры. На рис. 2 приведено распределение энергии генерации на выходном окне лазера во взаимно перпендикулярных направлениях для двух режимов возбуждения. Видно,

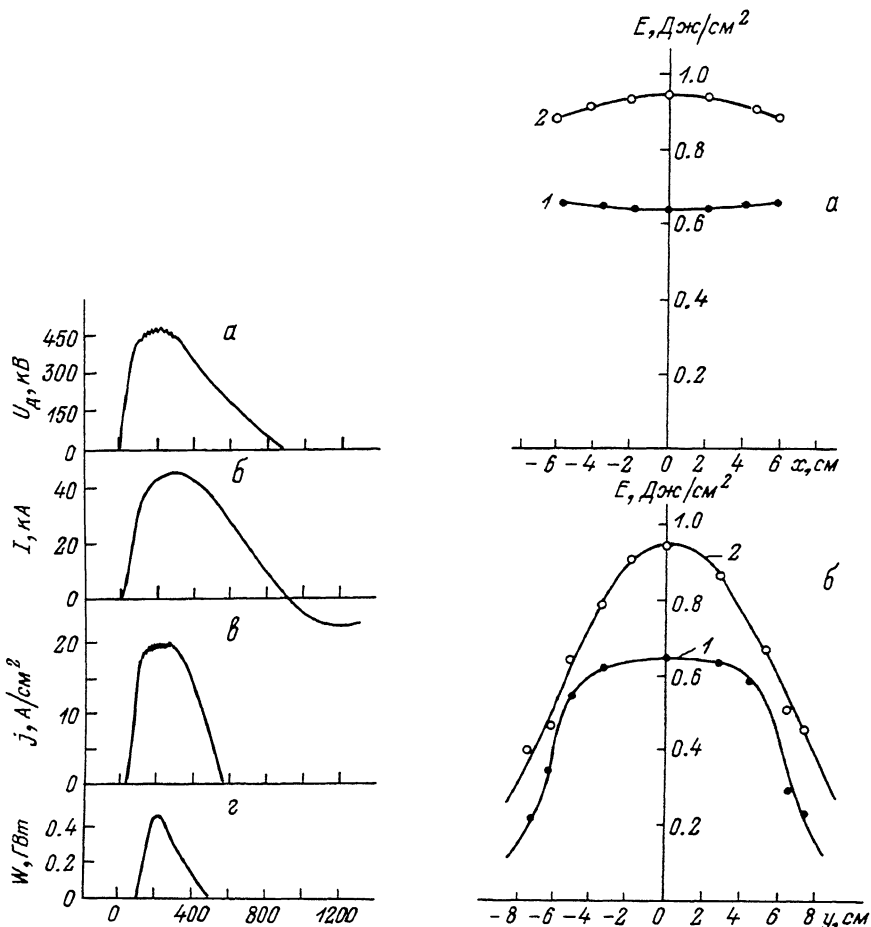


Рис. 1. Осциллограммы импульсов ускоряющего напряжения (а), тока в диоде (б), плотности электронного тока за фольгой (в) и лазерного излучения (г) при зарядном напряжении 80 кВ.

Рис. 2. Распределение плотности выходной энергии по сечению лазерного луча для двух режимов возбуждения между фольгами (а) и в перпендикулярном направлении (б). 1 – зарядное напряжение 80 кВ, смесь  $Ar: Xe: HCl = 1600:10:1$ ; 2 – зарядное напряжение 100 кВ, смесь  $Ar: Xe: HCl = 1000:10:1$ .

что при зарядном напряжении 80 кВ на оптимальной смеси получена достаточно хорошая однородность энергии по сечению луча, по крайней мере можно выделить площадь  $12 \times 12$  см<sup>2</sup> с плотностью энергии 0,65 Дж/см<sup>2</sup>. При напряжении 100 кВ смесь не оптимизировалась, поэтому однородное распределение наблюдалось только

между фольгами. Полная энергия генерации для приведенных распределений составила 100 и 150 Дж соответственно для напряжений 80 и 100 кВ. При работе на одной смеси наблюдалось уменьшение выходной энергии от выстрела к выстрелу. Более сильная деградация энергии генерации наблюдалась в областях с максимальными уровнями накачки. Так, через 10 выстрелов выходная энергия уменьшалась на 25%. Расходимость лазерного излучения составляла 5 мрад. Дальнейшая оптимизация параметров установки позволит улучшить выходные параметры лазера, а анализ полученных результатов позволит получить более полную информацию о возможностях *Хелл* лазера, возбуждаемого электронным пучком.

## Л и т е р а т у р а

- [1] G o l d h a r J. et al. "Conf. OSA/IEEE Lasers and Electro-Opt.", Anaheim, Calif. Dig Techn. Pap, Washington, D.C., 134, 1984.
- [2] E d w a r d s C.B. et al. Excimer Lasers. Meet. OSA. Lake Tahoe, Nev., 1983. New York, 59, 1983.
- [3] Б а р а н о в В.Ю., В е л и х о в Е.П., Г а й д а л е н к о Д.В. и др. - Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, с. 201.
- [4] R o s o s h a L o u i s A. et al. Laser and Part. Beams, 1986, N 1, p. 55.
- [5] Б ы ч к о в Ю.И., И в а н о в Н.Г., Л о с е в В.Ф. и др. - Квантовая электроника, 1987, т. 14, № 5, с. 953.

Институт сильноточной  
электроники СО АН СССР,  
Томск

Поступило в Редакцию  
22 декабря 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 6

26 марта 1988 г.

## ЭФФЕКТ ЗАХВАТА БАЗОВОЙ ЧАСТОТЫ ХАОТИЧЕСКИХ АВТОКОЛЕБАНИЙ СИНХРОНИЗАЦИЯ СТРАННЫХ АТТРАКТОРОВ

В.С. А н и щ е н к о, Д.Э. П о с т н о в

1. Последние годы широко обсуждается интересное явление синхронизации хаотических колебаний [1-4, 6]. При этом, однако, отсутствует единство в определении самой сути эффекта. В [1] синхронизация отождествляется с фактом регуляризации колебаний при действии периодической внешней силы. Авторы [2, 3] трактуют хаотическую синхронизацию как явление стабилизации фрактальной размерности и физических характеристик сложных колебаний. В работе [4] это явление по сути дела отождествляется с увеличением степени симметризации типов автоколебаний в связанных генерато-