

### СУЖЕНИЕ ЛИНИИ И ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ИЗЛУЧЕНИЯ ХеС1 ЛАЗЕРА

С.С. Алимшиев, В.С. Букреев, С.К. Вартапетов,  
И.А. Веселовский, В.С. Нерсисян, А.З. Обидин, А.М. Прохоров

*В системе генератор – усилитель с обращением волнового фронта при вынужденном рассеянии Мандельштама – Бриллюэна в гексане получено узкополосное лазерное излучение ( $\Delta\nu = 0,03 \text{ см}^{-1}$ ) на длине волны 308 нм с расходимостью, близкой к дифракционной, и энергией в импульсе  $\cong 10 \text{ мДж}$ .*

Широкий круг задач, связанных с применением лазеров УФ диапазона в микротехнологии, фотолитографии, спектроскопии, делает весьма актуальным получение узкополосного с высоким качеством пучка лазерного излучения в ультрафиолетовой области спектра. Наибольший интерес представляют в этой связи эксимерные лазеры как наиболее мощные источники ультрафиолетового излучения. Основным их недостатком является относительно низкое качество излучения, связанное с большой шириной линии генерации и расходимостью пучка. В последние годы в литературе появилось значительное количество работ, направленных на сужение линии генерации эксимерных лазеров /1/ и улучшение качества лазерного пучка с использованием обращения волнового фронта при вынужденном рассеянии Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ) в прозрачных жидкостях /2,3/.

Целью данной работы являлось получение узкополосного, обладающего дифракционной расходимостью излучения с длиной волны  $\lambda = 308 \text{ нм}$  на основе ХеС1 лазеров модели 1701, разработанных СКБ ИОФАН /4/.

В экспериментах использовано два синхронизированных по времени запуска лазерных модуля  $L_1$ ,  $L_2$  (модель 1701) с длиной разрядного промежутка 60 см и апертурой  $1 \times 2 \text{ см}$ , работающих на газовой смеси  $\text{HCl}:\text{Xe}:\text{Ne} = 4:80:1400 \text{ торр}$  в схеме задающий генератор – усилитель (рис.1). Сужение линии задающего генератора осуществлялось с помощью дифракционной решетки Р (2400 шт/мм), установленной в авто-

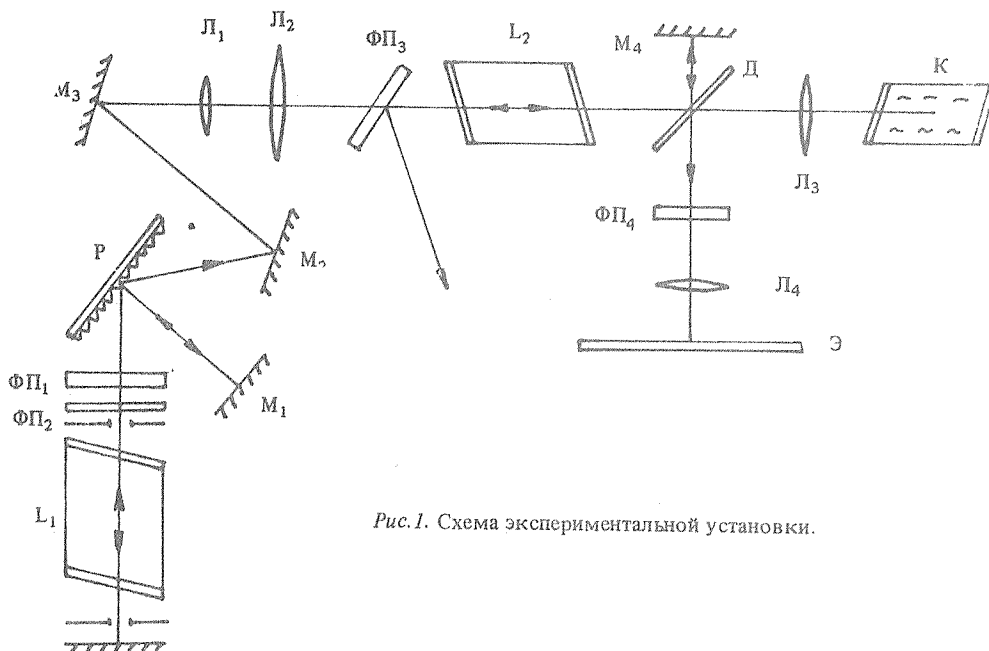


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

коллимационном режиме во втором порядке дифракции, и двух твердотельных эталонов  $\Phi\Pi_1$ ,  $\Phi\Pi_2$  с базой 1 и 10 мм и резкостью 10. Для дополнительного сужения линии применена схема многопроходного решеточного интерферометра [5], образованного дифракционной решеткой Р в первом порядке дифракции и зеркалом  $M_1$ . В резонаторе задающего генератора установлены две диафрагмы диаметром 2 мм. Используемая схема обеспечивала сужение линии генерации до  $3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$  при энергии 30 мДж в импульсе длительностью 20 нс по полувысоте (рис.2 а). Наблюдаемые на рисунке осцилляции связаны с биениями нескольких продольных мод.

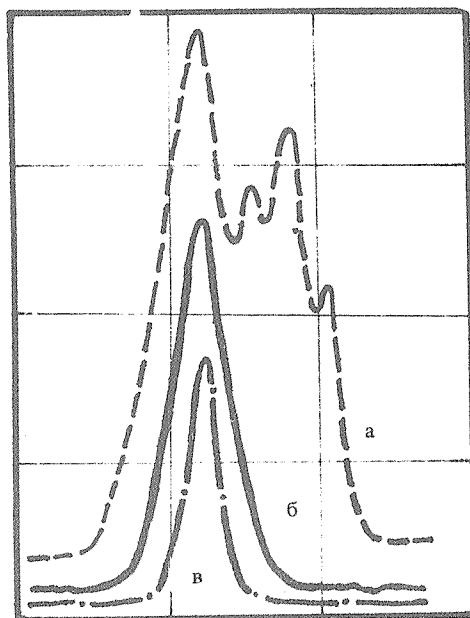


Рис.2. Осциллограммы импульса излучения задающего генератора (а), импульса накачки после одного прохода усиления (б) и импульса рассеянного назад, усиленного ВРМБ излучения (в). Временной масштаб 20 нс/дел.

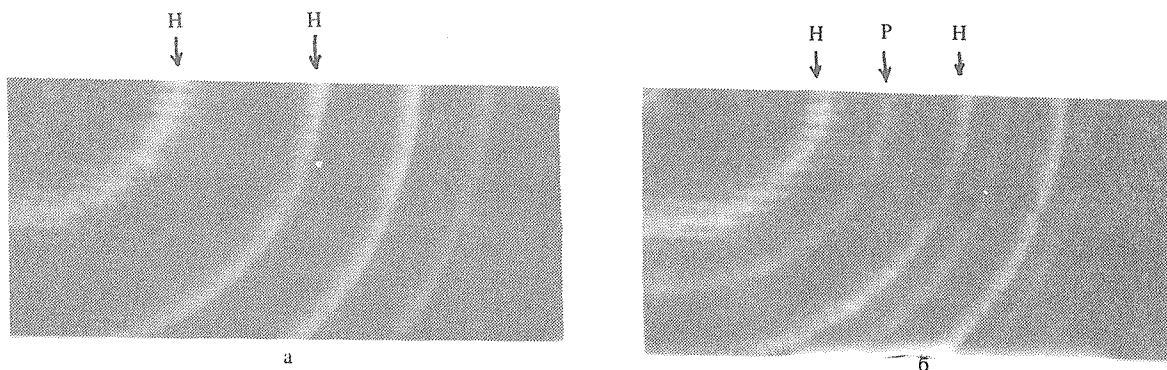


Рис.3. Интерферограммы лазерного излучения на входе (а) и выходе (б) ВРМБ ячейки. Н – линии накачки, Р – линии рассеянной компоненты. Дисперсия интерферометра  $0,6 \text{ см}^{-1}$ .

Излучение задающего генератора телескопировалось с помощью линзового телескопа  $L_1$ ,  $L_2$  и направлялось в двухпроходный усилитель, снабженный ВРМБ-зеркалом. Усилитель работал в режиме, близком к насыщению, и обеспечивал усиление слабого сигнала на первом проходе примерно в 200 раз, т.е. до 6 мДж при длительности импульса 10 нс (рис.2 б). Это излучение фокусировалось линзой  $L_3$  ( $F = 15 \text{ см}$ ) в ячейку К с жидким гексаном, в которой в процессе ВРМБ формировалась фазово-сопряженная отражен-

ная волна. Коэффициент отражения ВРМБ-зеркала по интенсивности составлял  $\cong 60\%$ . Рассеянное, смещенное по частоте на  $0,24 \text{ см}^{-1}$  излучение после второго прохода усилителя выводилось с помощью эталона ФП<sub>3</sub>, специально настроенного на отражение смещенной по частоте компоненты ВРМБ. Энергия выходного импульса составляла 10 мДж. При этом наблюдалось уменьшение длительности выходного импульса до 4 нс (рис.2 в), что связано с пороговым характером процесса ВРМБ и, следовательно, укорочением переднего фронта импульса.

Для измерения частотных параметров излучения и коэффициента отражения ВРМБ-зеркала часть пучка отводилась делительной пластинкой Д и анализировалась с помощью интерферометра ФП<sub>4</sub> с областью дисперсии  $0,6 \text{ см}^{-1}$ . На рис.3 приведены интерферограммы излучения на входе (рис.3 а) и выходе (рис.3 б) ВРМБ-ячейки, из которых были определены частотный сдвиг компоненты ВРМБ, ширины спектра накачки и рассеяния.

Расходимость выходного излучения исследовалась с помощью стандартной процедуры измерения размера пятна в фокальной плоскости линзы и сравнения его с предельным дифракционным размером  $d = 2F\lambda/a$ , где  $F$  — фокусное расстояние линзы,  $a$  — диаметр фокусируемого пучка. Эти измерения, выполненные путем сканирования тонкой щели в фокальной плоскости линз с  $F = 15$  и  $25$  см, показали, что в режиме ОВФ расходимость выходного пучка с апертурой 2 см соответствует предельной дифракционной. В то время как замена ВРМБ-зеркала обычным отражающим зеркалом приводит по крайней мере к четырехкратному увеличению расходимости. Следует отметить, что достигнутое качество выходного излучения обеспечивает возможность острой фокусировки пучка и, следовательно, получения высоких интенсивностей излучения. Так например, размер пятна в фокусе линзы  $F = 15$  см составлял 5 мкм и, следовательно, интенсивность излучения в области фокальной перетяжки  $\sim 10^{13} \text{ Вт/см}^2$ . Возможность получения столь высоких интенсивностей лазерного поля представляет несомненный интерес для решения ряда физических задач.

Таким образом, описанная система обеспечивает получение мощного узкополосного лазерного излучения в УФ области  $\lambda = 308 \text{ нм}$  с дифракционно ограниченной расходимостью пучка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Pacala T.J., Mcermid I.S., Laudenslager J.B. Appl. Phys. Lett., 44, 658 (1984).
2. Gower M.C., Caro R.G. Opt. Lett., 7, 162 (1982).
3. Sugii M. et al. IEEE J. Quantum Electron., QE-24, 2264 (1988).
4. Агеев В.Л. и др. ЖТФ, 56, 1387 (1986).
5. Sugii M., Ando M., Sasaki K. IEEE J. Quantum Electron., QE-23, 1458 (1987).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 19 июля 1989 г.