

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ОБРАЩЕНИЯ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ВРМБ ДЛЯ ФОКУСИРОВКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИШЕНЬ

*А.А.Илюхин, Г.В.Перегудов, М.Е.Плоткин,
Е.Н.Рагозин, В.А.Чирков*

Эффект ОВФ при ВРМБ использован для острой фокусировки на мишень импульса излучения неодимового лазера длительностью 5 и 10 нсек с энергией до 20 Дж. Оценено распределение интенсивности в фокальном пятне; 50% энергии заключено в кружке с площадью $\sim 2 \cdot 10^{-5}$ см². При облучении плоских мишеней в вакууме зарегистрированы рентгеновские спектры многозарядных ионов Mg и Fe.

В последнее время обсуждается перспектива использования эффекта обращения волнового фронта (ОВФ) [1] для компенсации фазовых искажений светового сигнала в активной среде и компенсации аберра-

ций элементов мощных лазерных систем [2 — 4]. В настоящей работе эффект ОВФ при ВРМБ использован для острой фокусировки на мишень импульса излучения неодимового лазера с энергией 20 Дж длительностью 5 и 10 нсек, причем в число элементов, aberrации которых компенсируются, включена фокусирующая линза.

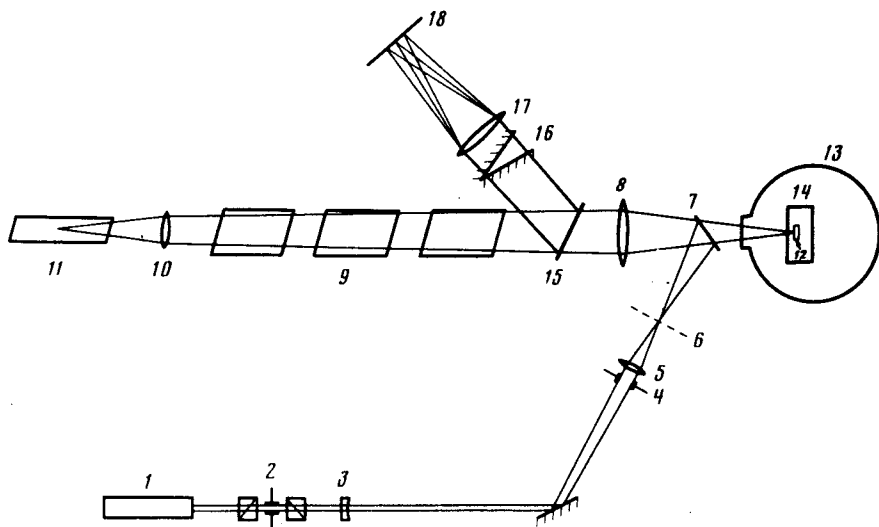


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — задающий генератор, 2 — электрооптический затвор, 3 — отрицательная линза, 4 — диафрагма, 5 — инжекционная линза; 6 — фокальная плоскость линзы 5, сопряженная с поверхностью мишени 12; 7, 15 — делители пучка; 8, 17 — идентичные линзы, 9 — три усилительных каскада ϕ 45 мм, 10 — линза, 11 — кювета с CCl_4 , 13 — вакуумная камера, 14 — рентгеновский спектрограф 16 — зеркальный клин, 18 — фокальная плоскость линзы 17

Схема эксперимента представлена на рис. 1. Импульс излучения от одномодового задающего генератора 1 направлялся на электрооптический затвор 2, выделяющий пикоч длительностью 5 или 10 нсек. Далее пучок расширялся отрицательной линзой 3 и попадал на диафрагму 4, выделявшую центральную часть пучка. В фокальной плоскости 6 инжекционной линзы 5 формировалась дифракционная картина от диафрагмы 4 с диаметром первого темного кольца 30 мкм. Сферическая aberrация линзы 5 составляла 20 мкм. Далее расходящийся пучок с помощью делителя 7 направлялся на рабочую линзу 8. Энергия пучка, инжектируемого в канал усиления, $\lesssim 1$ мДж. После линзы 8 слабо сходящийся пучок проходил через три усилительных каскада 9 с активными элементами ϕ 45 \times 680 мм из стекла ГЛС-1 с общим коэффициентом усиления для слабого сигнала $\sim 10^3$, после чего фокусировался линзой 10 в кювету 11, наполненную четыреххлористым углеродом. Излучение, отраженное из кюветы при ВРМБ, повторно усиливалось в цепочке активных элементов и фокусировалось рабочей линзой на мишень 12 в вакуумной камере 13, вмещавшей рентгеновский спектрограф 14.

Часть пучка делителем 7 возвращалась в канал инъекции; возникающий в фокусе 6 пробой воздуха задерживал более 90% излучения и защищал оптические элементы в канале инъекции. Плоскость мишени 12 и плоскость 6 сопрягались между собой с точностью до 50 мкм по глубине с помощью вспомогательной светосильной оптической системы, позволявшей одновременно наблюдать мишень и инжектируемое изображение в лучах непрерывного He – Ne-лазера.

Для регистрации распределения интенсивности в фокальном пятне рабочей линзы использовался автокалибровочный метод, описанный в [5]. Для этого часть пучка (4%) с помощью делителя 15 отводилась на зеркальный клин 16, после которого стояла линза 17, идентичная рабочей линзе 8. На фотопластинке 18 регистрировалась последовательность ожоговых изображений фокального пятна, каждое из которых по экспозиции отличалось от предыдущего вдвое.

Кроме того, проводилась регистрация энергии пучка, инжектируемого в усилители, на входе и на выходе кюветы с CCl_4 и на выходе из цепочки усилителей, а также регистрация формы и длительности импульса.

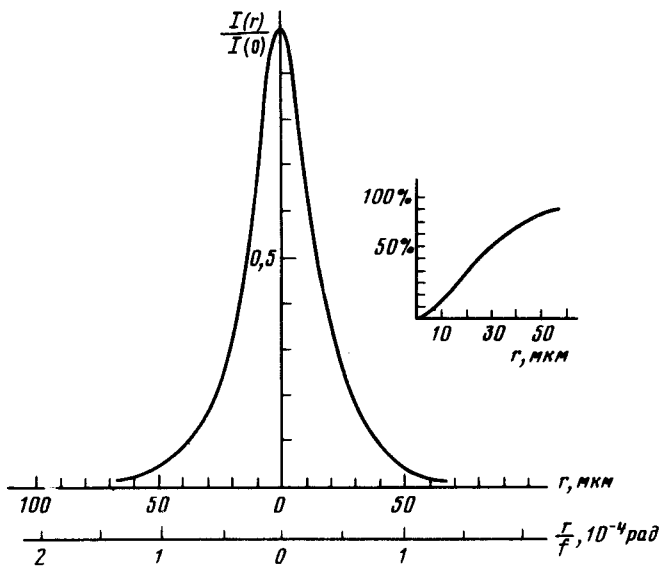


Рис. 2. Распределение интенсивности в фокальном пятне регистрирующей линзы. Справа вверху — доля энергии, содержащаяся в кружке заданного радиуса

На рис. 2 представлено распределение интенсивности в фокальном пятне линзы 17. Распределение интенсивности было одинаковым для $\tau_L = 5$ нсек и $\tau_L = 10$ нсек и характеризовалось спаданием интенсивности вдвое при увеличении расстояния (r) от центра фокального пятна на 10 мкм ($I(r) = I_0 \cdot 2^{-r/10\text{мкм}}$). Распределение практически не за-

висит от энергии пучка вплоть до 20 Дж – рабочего уровня энергий лазерной установки.

На рис. 2 справа сверху представлена зависимость доли полной энергии пучка, заключенной в кружке радиуса r . В кружке радиуса 25 мкм заключалось 50% энергии пучка.

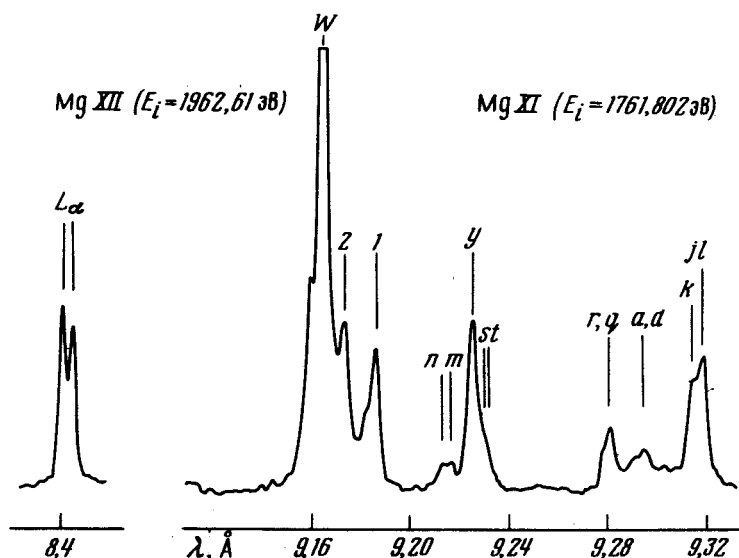


Рис. 3. Участок спектрограммы магния во втором порядке отражения кристалла. W и y – резонансная и интеркомбинационная линия иона $MgXI$; $m, n, s, t, r, q, a, d, k, j, l, 1$ и 2 – сателлиты резонансной линии, начинающиеся с автоионизационных уровней иона MgX ; L_{α} – резонансный дублет иона $MgXII$

Отметим, что эффект ВРМБ, помимо прочего, в данной установке играет роль нелинейной оптической развязки, эффективно подавляя усиленную люминесценцию активной среды и предимпульс задающего генератора. Благодаря этому отсутствовало самовозбуждение системы без применения дополнительных оптических изоляторов (просветляющихся фильтров и т. п.) и одновременно осуществлялось значительное ($10^4 - 10^5$) усиление мощности сигнала.

В данной экспериментальной схеме получены рентгеновские спектры многозарядных ионов магния и железа с пространственным разрешением в направлении нормали к мишени. Регистрация спектров проводилась при помощи кристаллического спектрографа по схеме Иоганна, описанного в работе [6]. На рис. 3 приведены участки спектрограммы магния с указанием спектральных линий. Характерной особенностью спектров является величина отношения интенсивностей компонент тонкой структуры резонансной линии водородоподобного иона.

Наблюдаемое отношение говорит о меньшей оптической толщине плазмы в данных спектральных линиях, чем это обычно наблюдается

при фокусировке линзой (по этому вопросу см., например, [7]). Этот факт косвенно свидетельствует о малом поперечном размере лазерного факела.

Мощный лазер, использующий эффект ОВФ при ВРМБ, является, по нашему мнению, удобным инструментом для проведения различных физических исследований.

Особенностью подобной схемы является то, что она позволяет получать заданный профиль освещенности на мишени при ее облучении импульсом мощного лазера. Такая задача возникает, например, в работах по усилению или генерации света в лазерной плазме при необходимости практически безабберационно сфокусировать излучение в узкую полосу с большим отношением продольного размера к поперечному [8].

Авторы благодарят И.И.Собельмана за стимулирующий интерес к работе; Б.Я.Зельдовича, И.Г.Зубарева, С.И.Михайлова и В.В.Рагульского за полезные обсуждения; А.Д.Крамиду и В.А.Маслянкина за содействие при получении спектрограмм.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
15 февраля 1979 г.

Литература

- [1] Б.Я.Зельдович, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзуллов. Письма в ЖЭТФ, 15, 160, 1972.
- [2] V. Wang, C.R.Giuliano. Opt. Lett., 2, 4, 1978.
- [3] Ю.И.Кружилин. КЭ, 5, 625, 1978.
- [4] Н.Ф.Пилипецкий, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский. Письма в ЖЭТФ, 27, 619, 1978.
- [5] В.В.Рагульский, Ф.С.Файзуллов. Оптика и спектроскопия, 27, 707, 1969.
- [6] Г.В.Перегудов, Е.Н.Рагозин, В.А.Чирков. КЭ, 2, 1844, 1975.
- [7] В.А.Бойко, С.А.Пикуз, А.Я.Фаенов. Препринт №26, ФИ АН СССР, 1977.
- [8] А.А.Илюжин, Г.В.Перегудов, Е.Н.Рагозин, И.И.Собельман, В.А.Чирков. Письма в ЖЭТФ, 25, 569, 1977.