

НАБЛЮДЕНИЕ СЖАТИЯ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ МИКРОСФЕР, ОБЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРОМ

*Н.Г.Басов, А.А.Ерохин, Ю.А.Захаренков,
Н.Н.Зорев, А.А.Кологривов, О.Н.Крохин,
А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов*

Приводятся результаты экспериментальных исследований взаимодействия излучения девятиканальной лазерной установки "Кальмар" со сферическими оболочками из SiO_2 , наполненными дейтерием. С помощью камер обскур зарегистрировано тысячекратное сжатие мишени.

В отличие от экспериментов по сжатию оболочечных мишеней, выполненных при плотностях потока $q \sim 10^{15} \div 10^{16}$ *вт/см²* и длительности импульса $\sim 10^{-10}$ *сек* [1, 2], в данной работе, как и в [3], длительность импульса ($\tau \sim 1$ *нсек*) была сравнима с временем сжатия оболочки. Как показано в [4], такой режим сжатия приводит к большим конечным плотностям газа.

Излучение лазерной установки "Кальмар" фокусировалось с девяти сторон на оболочечную мишень из стекла SiO_2 ($2R \sim 70 \div 140$ *мкм*). При диаметре световых пучков в области мишени ~ 150 *мкм* и энергии $E_{\text{пад}} \sim 60 \div 100$ *дж* плотность потока составляла $q \sim 10^{14}$ *вт/см²* [5]. Лазерный импульс имел длительность ~ 1 *нсек*, по половине интенсивности при длительности переднего фронта $\sim 0,5$ *нсек*.

На рис. 1,а представлена обскурограмма плазмы в собственном рентгеновском ($h\nu > 2$ *кэв*) излучении. Оболочка с $2R = 140$ *мкм*, $\Delta R \approx 2,2$ *мкм* была наполнена дейтерием под давлением ≈ 35 *атм*. Отчетливо видны два концентрических светящихся кольца. Внешнее соответствует разлетающейся короне мишени, а внутреннее – слою стекла, прилегающего к находящемуся внутри мишени сжатому D_2 – газу. Отсюда можно определить его объемное сжатие δ . Величина δ , как правило, возрастает с увеличением диаметра мишени и при $2R \sim 120 \div 140$ *мкм* и $\Delta R \sim 2 \div 3$ *мкм* составляет $\approx 10^3$, как, например, в случае, приведенном на рис. 1,а. Плотность сжатого дейтерия в этом случае достигает $6 \div 8$ *г/см³*, а значение параметра $\rho R \approx 10^{-2}$ *г/см²*.

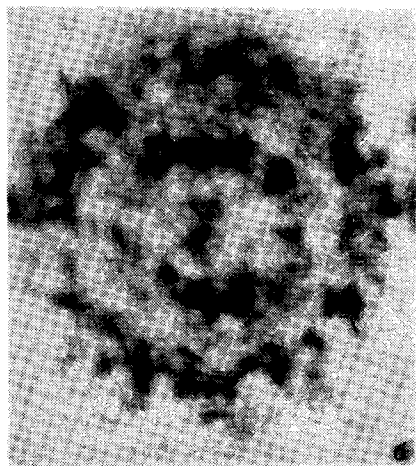


Рис. 1. Обскурограммы лазерной плазмы. *а* — Мишень SiO_2 : $2R = 140$ мкм, $\Delta R \approx 2,2$ мкм; $p_{\text{D}_2} \approx 35$ атм; *б* — двойной импульс; мишень SiO_2 : $2R = 80$ мкм, $\Delta R \approx 1,5$ мкм, $p_{\text{D}_2} = 0$ атм

Регистрация нейтронного излучения осуществлялась как с помощью времяпролетной методики, состоящей из трех сцинтилляционных детекторов с умножителями, располагавшимися на различных расстояниях от плазмы, так и интегральным активационным счетчиком. Нейтронный выход достигал $10^3 \div 10^4$ нейтронов за вспышку при $2R \lesssim 100$ мкм (подавляющее большинство опытов с газонаполненными мишенями было проведено для оболочек с малым диаметром). Максимальный выход $(3 \div 5) \cdot 10^6$ нейтронов был зарегистрирован для оболочки с $2R = 140$ мкм и $\Delta R = 2,2$ мкм.

Невысокий нейтронный выход не позволил с достаточной точностью определить ионную температуру сжатого газа по времяпролетным измерениям. В некоторых опытах удавалось, однако, определить электронную температуру сжатой области с помощью обскурограмм.

На рис. 2 показаны денситограммы диаметральных сечений обскурограмм, полученных при различных толщинах бериллиевых фильтров, за-

крывавших камеру obscure. Видно, что при утолщении фильтра (при переходе в более жесткую область спектра) интенсивность свечения сжатой области падает существенно медленнее, чем короны, т. е. величина T_e в центре заметно выше, чем в короне. Обработка обскурограмм показала, что значение T_e в сжатой области доходит до $\sim 1,5$ кэв.

Для измерения поглощенной энергии использовались две калориметрические системы, одна из которых регистрировала прошедшее сквозь мишень и рефрагированное по различным углам излучение. Кроме этого применялась система калориметров открытого типа, регистрировавших по нескольким направлениям полный поток энергии от мишени (частицы и излучение). Значение поглощенной энергии, например, для вспышки рис. 1, а составляла $E_{\text{погл}} \approx 20$ Дж.

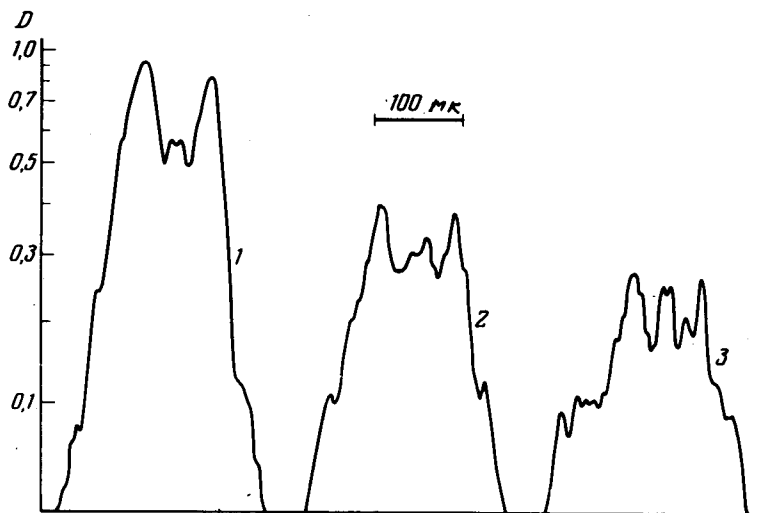


Рис. 2. Денситограммы диаметральных сечений обскурограмм, соответствующие Ве-фильтрам с толщинами 200 (1), 300 (2) и 400 мкм (3). Мишень SiO_2 ; $2R = 98$ мкм, $\Delta R \approx 1,4$ мкм, $p_{\text{D}_2} = 6$ атм

Средняя скорость схлопывания к центру "неиспаренной" части оболочки определялась двумя методами. В первом, специально сформированный лазерный импульс имел два максимума интенсивности с интервалом $\sim 0,7 \div 0,8$ нсек и минимумом $I_{\text{макс}}/3$ между ними. На обскурограмме в этом случае (рис. 1, б) появлялось два внешних концентрических кольца и центральная область. Сопоставляя диаметры внешних колец с максимумами лазерного импульса, можно определить среднюю скорость движения к центру области с плотностью, близкой к критической, где светимость плазмы максимальна. Другой метод определения скорости движения области с критической плотностью связан с исследованием поведения в пространстве и во времени области генерации в плазме гармоники $2\omega_0$ [6], которая показана на фэрограмме рис. 3. Видно, что в первый момент времени область с критической плотностью движется по направлению от поверхности мишени, а затем, вследствие движения оболочки к центру, возвращается назад. После сжатия и начала расширения критическая область снова удаляется от центра. Отметим, что оба этих метода дают лишь нижнее значение сред-

ней скорости схлопывания оболочки (так как регистрируют движение области с критической плотностью, а не области сжатого стекла), которая для опытов рис. 1, б и 3 составляет $v_{\text{ср}} \sim 5 \cdot 10^6 \div 10^7$ см/сек.

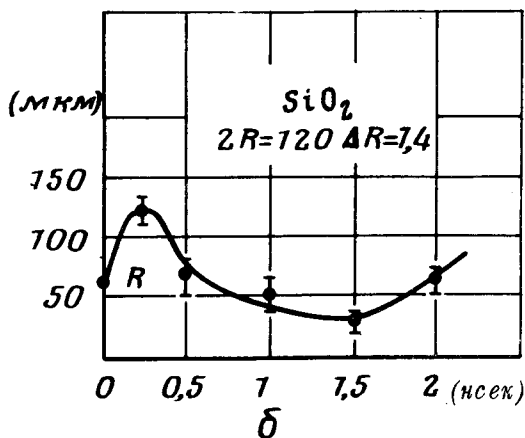
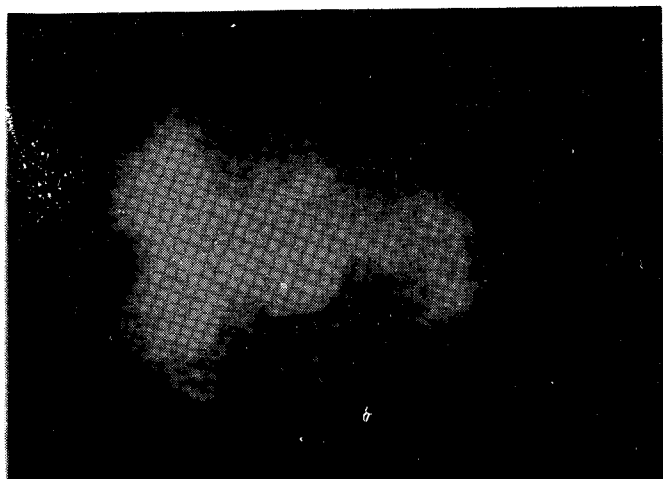
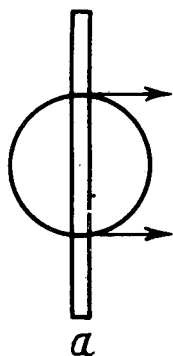


Рис. 3. Развертка свечения плазмы на частоте гармоники $2\omega_0$ (а) и $R-t$ диаграмма движения критической плотности ($N_e = 10^{21}$ см $^{-3}$) (б). Мишень SiO_2 : $2R = 120$ мкм, $\Delta R \approx 1,4$ мкм, $p_{D_2} = 30$ атм

Это значение примерно совпадает с данными [7], полученными при $q < 10^{14}$ вт/см 2 и в несколько раз меньше, чем при $q \sim 10^{15} \div 10^{16}$ вт/см 2 для коротких импульсов ($\tau \sim 10^{-10}$ сек) [3, 8].

Авторы благодарны Е.Г.Гамалию за полезные обсуждения.

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

Поступила в редакцию
16 августа 1977 г.

Литература

- [1] Р.М.Сампелл, Г.Чаратис, Г.Р.Монтри. Phys. Rev. Lett., 34, 74, 1975.
- [2] D.T.Attwood, L.W.Coleman, M.G.Boyle, J.T.Larsen, D.W.Phillion, K.R.Manes. Phys. Rev. Lett., 38, 282, 1977.
- [3] Н.Г.Басов, А.А.Кологривов, О.Н.Крохин, А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов. Письма в ЖЭТФ, 23, 474, 1976.

- [4] Ю.В.Афанасьев, Н.Г.Басов, П.П.Волосевич, Е.Г. Гамалий, О.Н. Крохин, С.П.Курдюмов, Е.И.Леванов, В.Б.Розанов, А.А.Самарский, А.Н.Тихонов. Письма в ЖЭТФ, 21, 150, 1975.
- [5] N.G.Basov, A.A.Kologrivov, O.N.Khrokhin, A.A.Rupasov, A.S.Shikanov, G.V.Sklizkov, Yu. A.Zakharenkov, N.N.Zorev. In: " Laser Interaction and Related Plasma Phenomena" , Plenum Press, v. 4, 1976.
- [6] , Ю.А.Захаренков, Н.Н.Зорев, О.Н.Крохин, Ю.А.Михайлов, А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов. Письма в ЖЭТФ, 21, 557, 1975.
- [7] D.Billon, P.A.Holstein, J.Launspach, C.Patou, J.M.Reisse, D.Schir-
mann. In: " Laser Interaction and Related Plasma Phenomena" , Ple-
num Press, v. 4, 1976.
- [8] F.J.Mayer. IAEA Advisory Group Meeting on the Technology of Inertial
Confinement Exper. Dubna, USSR, 1976, Preprint KMSF-U523.
-