

НАБЛЮДЕНИЕ СЖАТИЯ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР, ОБЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРОМ

*Н.Г.Басов, А.А.Кологривов, О.Н.Крохин,
А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов*

Приводятся результаты исследования взаимодействия излучения девятиканальной лазерной установки "Кальмар" с полыми оболочечными мишенями. Зарегистрирован эффект сжатия микросферы.

К настоящему времени проведено несколько экспериментов по сжатию сплошных [1, 2], и полых [3 - 5] микросфер мощными импульсами лазерного излучения.

В отличие от исследований с лазерами с длительностью импульса в несколько сотен пикосекунд [3 - 5] в этой работе использовался лазер с длительностью импульса излучения наносекундного диапазона.

Излучение девятиканальной лазерной установки [1] на неодимовом стекле фокусировалось с девяти сторон на сферическую мишень, помещенную в центре вакуумной камеры при давлении в ней дейтериевого газа порядка нескольких миллиметров ртутного столба. Фокальная плоскость каждой из систем сведения располагалась несколько дальше поверхности мишени, так что диаметр светового луча в плоскости мишени составлял $\sim 400 + 450$ мк. В отличие от наших предыдущих экспериментов [7] в качестве активного элемента задающего генератора использовался иттрий-алюминиевый гранат; в результате полуширина линии генерации ($\lambda \approx 10640 \text{ \AA}$) была не больше $\Delta\lambda \sim 10 \text{ \AA}$. Энергия лазера составляла ~ 150 дж при длительности импульса $\tau \approx 1$ нсек по уровню половины мощности. Из-за френелевских потерь на системе сведения и элементах диагностической аппаратуры световая энергия в области мишени не превышала $E_{\text{д}} \sim 100$ дж. Плотность потока доходила в этой серии экспериментов до значения $q \lesssim 10^{13}$ вт/см². Вследствие малого угла схода лазерного луча ($\alpha \sim 10^\circ$) после последней компоненты фокусирующей системы пространственное распределение q практически не зависело от динамики движения плазменной короны.

В качестве мишеней использовались полые микросферы из стекла (SiO_2), Al_2O_3 и полистирола с радиусом $R \sim 50 + 200$ мк и толщиной стенки $\Delta R \sim 1,5 + 7$ мк, причем фокусировка излучения на мишень была одинаковой для различных типов мишеней. Остаточное давление внутри микросферы составляло $p \sim 0,5$ атм.

С помощью камер-обскур с пространственным разрешением исследовалось рентгеновское излучение для мишеней с различной степенью однородности стенки. На рис. 1, а показана обскурграмма для неоднородной по толщине оболочечной мишени из стекла с $R = 70$ мк, толщина стенки которой менялась по сфере от 3 до 7 мк. На рис. 1, б представлена обскурграмма для вспышки со стеклянной оболочкой такого же радиуса, однако с более высокой степенью однородности (средняя толщина стенки в этом случае составляла $\Delta R \approx 3,5$ мк, а максимальное отклонение от этой величины не превышало $\pm 0,5$ мк). В этом случае, в отличие от вспышки рис. 1, а,

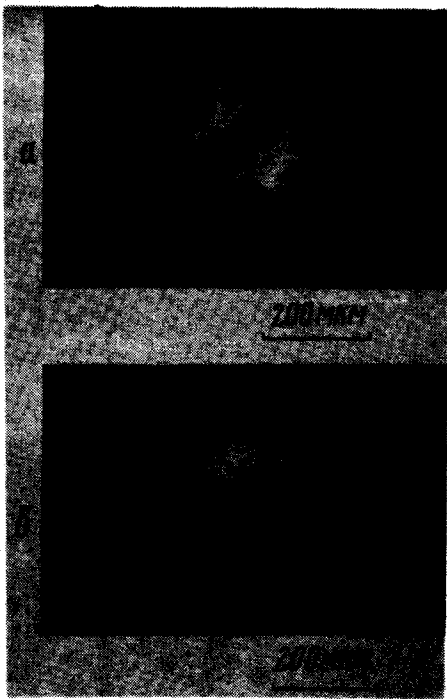


Рис. 1

появляется внешняя светящаяся область, принимающая, однако, конфигурацию спирали. И, наконец, на рис. 2 представлена обскурограмма и денситограмма ее диаметрального сечения для мишени с $R = 70 \text{ мкм}$, $\Delta R \approx 4 \text{ мкм}$. Неоднородности толщины стенки были меньше $\pm 0,3 \text{ мкм}$. В этом случае внешняя область светимости плазмы имеет хорошо выраженную сферическую форму, а в центре мишени появляется светящееся ядро с размером порядка величины пространственного разрешения ($\sim 25 \text{ мкм}$). Увеличение светимости в центре мишени является следствием увеличения температуры и плотности при торможении движущейся к центру и оставшейся "неиспаренной" части полой микросферы [7]. Появление внешнего светящегося кольца естественно связать с излучением короны разлетающейся плазмы, причем наибольшая светимость соответствует области вблизи критической плотности, где электронная температура T_e максимальна, хотя и в зоне четверти критической плотности при плотностях потока данного эксперимента может происходить эффективное поглощение лазерного излучения (экспериментальное обнаружение генерации гармоники $3/2 \omega$ [8, 9] свидетельствует о развитии в этой зоне параметрической неустойчивости типа распада на два плазмона).

Подчеркнем, что в отличие от экспериментов [3] с пикосекундными лазерными импульсами, диаметр внешнего светящегося кольца был больше (см. рис. 2) первоначального диаметра мишени. То же наблюдалось для сплошных микросфер, для которых увеличение диаметра светящейся области было еще больше.

"Электронная температура", определяемая по отношению числа рентгеновских квантов прошедших через бериллиевые фильтры различной толщины (в качестве детектора, как и при регистрации обскурограмм использовались высокочувствительные рентгеновские фотопленки) имеет значение $T_e \sim 300 \text{ эв}$ для фильтров толщиной 300 и 500 мк и $T_e \sim \sim 600 + 700 \text{ эв}$ для толщин 300 и 700 мк. Это обстоятельство, не свидетельствует, вообще говоря, что функция распределения электронов плазмы по скоростям отклоняется от максвелловской. Дело в том, что при регистрации рентгеновское излучение суммируется от областей плазмы с различной температурой, которая, кроме того, изменяется во времени. Это должно приводить к тому, что измеряемая таким образом функция распределения отличается от максвелловской, хотя в каждый момент времени плазма может находиться в состоянии локального термодинамического равновесия.

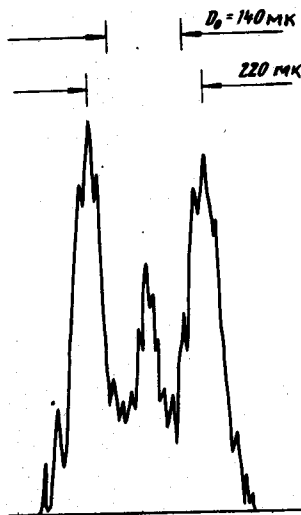


Рис. 2

Энергия рентгеновского излучения, прошедшего через бериллиевый фильтр толщиной 300 мк в пересчете на 4π стерадиан, составляла (например, для эксперимента рис. 1, б и рис. 2) от 10^{-6} до 10^{-5} дж.

Вложенная в плазму энергия определялась по движению ударной волны [1, 2], распространяющейся в окружающем мишень остаточном газе. Доля поглощенной плазмой энергии, составляла $\sim 8\%$ от E_d для рис.2, что соответствует не менее 50% энергии, попадающей на мишень. Калориметрические измерения прошедшего сквозь мишень излучения дали, однако, большую величину поглощенной энергии (до $\sim 25\%$ от E_d). Отметим также, что метод определения поглощенной энергии по скорости движения ударной волны дает лишь нижнюю границу поглощенной энергии из-за неполной трансформации последней в энергию ударной волны. С другой стороны рефракция греющего излучения в короне мишени может приводить к тому, что часть лучей, рассеянных в плазме не попадает в калориметры, стоящие в пучках за мишенью и такой метод дает верхнюю границу поглощенной энергии.

В заключение авторы выражают благодарность Ю.А.Захаренкову, Ю.С.Леонову, Ф.И.Матвеевой, Ю.А.Меркульеву, Л.М.Очкаевой, Е.Р.Рычковой за помощь в изготовлении и отборе мишеней.

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

Поступила в редакцию
30 марта 1976 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, О.Н.Крохин, Г.В.Склизков, С.И.Федотов, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, 62, 203, 1972.
- [2] N.G.Basov, E.G.Gamaly, O.N.Krokhin, Yu. A.Mikhailov, G.V.Sklizkov, S.I.Fedotov. Laser Interaction and Related Plasma Phenomena, Plenum Press, vol 3, 1974.
- [3] P.M.Campbell, G.Charatis, G.R.Montry. Phys. Rev. Lett., 34, 74, 1975.
- [4] G.H.McCall, R.L.Morse. Laser Focus, December 1974, p. 40.
- [5] J.H.Nuckolls, J.L.Emmett, H.G.Ahlstrom, C.D.Hedricks, L.W.Coleman, J.A.Glaze, J.H.Holzrichter, G.H.Dahlbacka. Preprint UCRL-76957, presented at the 7-th European Conference on Controlled Fusion, Lausanne, Switzerland, Sept. 1 - 5, 1975.
- [6] 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; Квантовая электроника, 2, 1816, 1975.
- [7] Ю.А.Захаренков, Н.Н.Зорев, О.Н.Крохин, Ю.А.Михайлов, А.А.Рупасов, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, 70, 577, 1976.
- [8] J.L.Bohin, M.Decroisette, V.Meyer, Y.Vitel Phys. Rev. Lett., 30, 594, 1973.
- [9] Н.Г.Басов, О.Н.Крохин, В.В.Пустовалов, А.А.Рупасов, В.П.Силин, Г.В.Склизков, В.Т.Тихончук, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, 67, 118, 1974.