

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Ю.С.Касьянов, В.В.Коробкин, П.П.Пашинин,  
А.М.Прохоров, В.К.Чевочкин, М.Я.Щелев

Проведены исследования лазерной плазмы в рентгеновском диапазоне. Показано, что плазма может обладать неустойчивостями.

В связи с перспективной возможностью использования лазерной плазмы для целей управляемого термоядерного синтеза весьма важной задачей является исследование параметров такой плазмы. Поскольку температура лазерной плазмы достигает величины  $\sim 1 + 2 \text{ кэВ}$ , основное излучение лежит в рентгеновской области спектра. Исследование этого излучения в принципе позволяет получить информацию об электронной температуре, распределении электронов по скоростям, возникновении и развитии различных неустойчивостей и т. д.

Целью настоящей работы в основном являлось исследование рентгеновского излучения лазерной плазмы с высоким пространственным и временным разрешением. С этой целью была разработана специальная электронно-оптическая камера, чувствительная к мягкому рентгеновскому излучению. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Использовалась лазерная система на неодимовом стекле, состоящая из задающего генератора и многокаскадного усилителя. Генератор работал в режиме одной аксиальной и одной угловой моды  $TEM_{00q}$ .

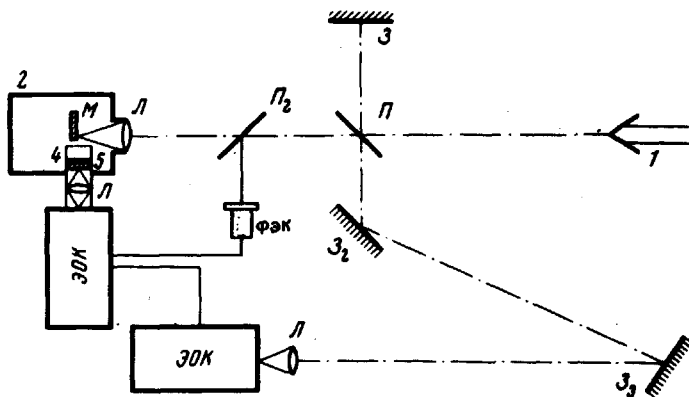


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – направление лазерного луча, 2 – вакуумная камера, 3 – камера обскура, 4 – рентгеновский фильтр, 5 – пластический сцинтиллятор,  $З_{1-3}$  – зеркала, Л – объективы, М – мишень,  $П_{1-2}$  – разделители пучка, ФЭК – фотоэлемент, ЭОК – электронно-оптическая камера

Формировался импульс прямоугольной формы с длительностью, регулируемой в пределах  $2 + 10 \text{ нсек}$  и с фронтами  $\sim 0,5 \text{ нсек}$ . Энергия на выходе всей системы была до  $30 \text{ дж}$  при длительности импульса  $2,0 \text{ нсек}$

и до 60 дж при длительности импульса 10 нсек. Излучение фокусировалось линзой с  $f = 10$  см на мишень, помещенную в вакуумную камеру. Диаметр области фокусировки  $\sim 100$  мкм и плотностью потока на мишени до  $2 \cdot 10^{14}$  вт/см<sup>2</sup>. В эксперименте использовались металлические мишени из титана.

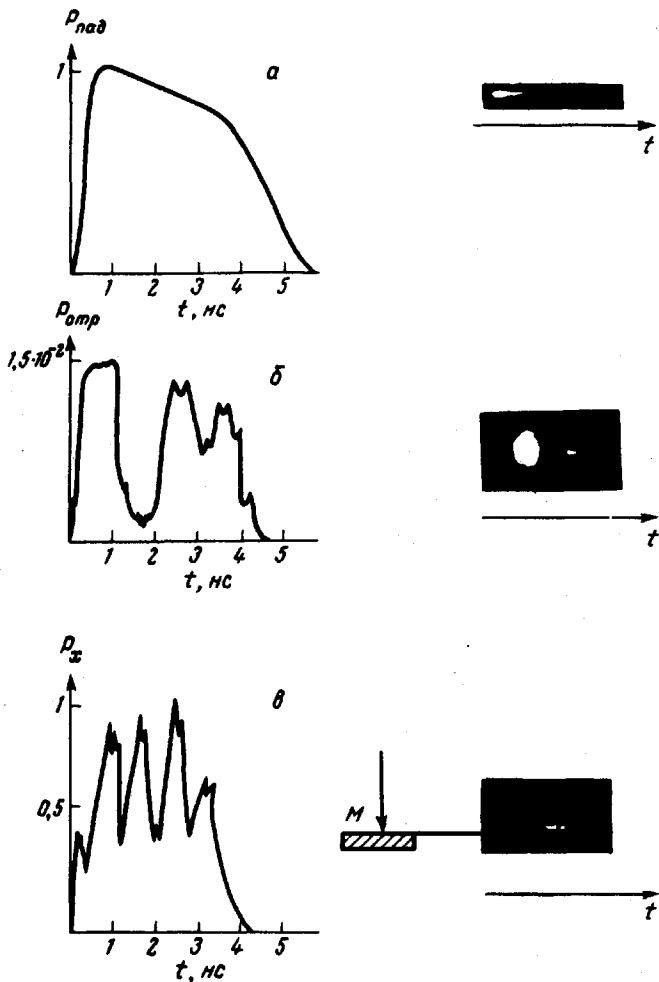


Рис. 2. Результаты эксперимента. Справа – временные развертки излучений: а – падающего лазерного, б – отраженного от мишени, в – рентгеновского. Слева – их микрофотограммы

Рентгеновская электронно-оптическая камера состояла из специального сцинтиллятора с временным разрешением около 0,5 нсек, электронно-оптического преобразователя (ЭОП) типа УМИ-93 и электронной схемы управления. Камера обскура проектировала увеличенное изображе-

ние лазерной плазмы на сцинтиллятор. Помещенный перед сцинтиллятором алюминиевый фильтр толщиной 10 мкм обрезал видимое излучение плазмы. Объектив отображал переднюю поверхность сцинтиллятора на фотокатод ЭОП. При работе в режиме линейной развертки в непосредственной близости от передней поверхности сцинтиллятора устанавливалась щель. Одновременно с исследованием рентгеновского излучения плазмы проводилось изучение отраженного от мишени лазерного света. Для этого использовалась вторая электронно-оптическая камера, запускаемая синхронно с первой. Наряду с отраженным от мишени лазерным светом на камеру с помощью зеркала подавалась часть выходного излучения лазера. Таким образом одновременно можно было регистрировать рентгеновское излучение и падающий и отраженный от мишени лазерный свет.

Типичные экспериментальные результаты приведены на рис. 2. Видно, что при гладком падающем импульсе отраженный импульс имеет достаточно сильную модуляцию. О такой модуляции уже сообщалось ранее в работах [1, 2]. Рентгеновское излучение лазерной плазмы также промодулировано по амплитуде. Из-за сравнительно низкого временного разрешения рентгеновской камеры сделать однозначных выводов о глубине модуляции нельзя. Отметим, что модуляция отраженного излучения присутствует на всех кадрах, в то время как модуляция в рентгене только примерно на каждом третьем. Характерный период модуляции составляет  $1 \pm 0,5$  нсек, а характерный период модуляции рентгеновского излучения  $0,7 \pm 0,2$  нсек. Наличие модуляции рентгеновского излучения лазерной плазмы показывает, что в лазерной плазме существуют значительные турбулентности.

Отметим, что характерный период модуляции достаточно удовлетворительно совпадает с временем  $\tau = a/v$ , где  $a$  — характерный размер плазмы,  $v$  — скорость ионного звука.  $v = \sqrt{\frac{j k}{m_i} (T_i + \bar{z} T_e)}$ , где  $j$  — показатель адиабаты,  $m_i$  и  $\bar{z}$  — масса и средний заряд иона,  $T_e$  и  $T_i$  — температуры. В нашем случае  $T_e \approx 1$  кэВ,  $\bar{z} = 18$ ,  $j = 1,35$  и  $v = 2 \cdot 10^7$  см/сек, что дает  $\tau \approx 0,5$  нсек.

Этими же турбулентностями, по-видимому, определяется и модуляция коэффициента отражения лазерной плазмы, хотя, в принципе, возможны и другие механизмы, предложенные, например, в работе [2].

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

Поступила в редакцию  
16 сентября 1974 г.

### Литература

- [1] Ю.С.Касьянов, В.В.Коробкин, П.П.Пашинин. Доклад на конференции "Взаимодействие лазерного излучения с веществом", Налл, Англия, 1971.
- [2] Н.Г.Басов, О.Н.Крохин, В.В.Пустовалов, А.А.Рупасов, В.В.Силин, Г.В.Склизков, В.Т.Тихончук, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, 67, 118, 1974.