

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ МОШНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ LiD МИШЕНИ

А.А.Горохов, В.Д.Дятлов, В.Б.Иванов, Р.Н.Медведев,
А.Д.Стариков

При облучении кристаллических мишеней из LiD излучением неодимового лазера с интенсивностью $10^{15} \leq I \leq 3 \cdot 10^{16}$ вт/см² обнаружена зависимость коэффициента отражения от энергии предшествующего фона. Найдена связь коэффициента отражения с интенсивностью падающего излучения.

Одной из важнейших задач нагрева плазмы до термоядерных температур с помощью лазерного излучения является исследование влияния его параметров на характеристики образующейся плазмы. С этой целью нами были проведены эксперименты по выяснению некоторых физических особенностей начальной стадии нагрева плазмы при взаимодействии субнаносекундного импульса излучения лазера на неодимовом стекле с LiD мишенью в условиях, когда интенсивность светового потока превышала 10^{16} вт/см². Изучено влияние фонового излучения на величину коэффициента отражения лазерной плазмы и профиль электронной плотности вблизи поверхности мишени.

1. Лазерная установка [1] обеспечивала вклад в мишень до 100 дж за время $9 \cdot 10^{-11}$ сек при угловой расходимости основного импульса $\sim 10^{-3}$ рад. Фокусировка излучения на полированную поверхность мишени осуществлялась объективом с $f = 6$ см и относительным отверстием $f/0,9$. Неопределенность положения поверхности мишени относительно фокальной плоскости не превышала 2 мкм. Основному импульсу излучения с энергией E_L предшествовало фоновое излучение, обусловленное суперлюминесценцией и усиленным излучением ламп накачки E_C , а также шумами генератора $E_{Ш}$, попадавшими на вход усилительной системы при открывании затворов Поккельса в момент формирования импульса. Величина E_C измерялась калориметрами, а $E_{Ш}$ контролировалась в каждой вспышке с помощью вакуумного фотоэлемента ФЭК-15 и осциллографа И2-7. Одновременно производилась интерферометрия факела в свете второй гармоники основного излучения за 1 нсек до прихода на мишень лазерного импульса. Контраст рабочей вспышки δ определялся как отношение суммарной энергии во вспышке к энергии фона $E_{\Phi} = E_C + E_{Ш}$

$$\delta = \frac{E_L + E_{\Phi}}{E_{\Phi}} \quad (1)$$

и мог варьироваться от 10 до $5 \cdot 10^4$.

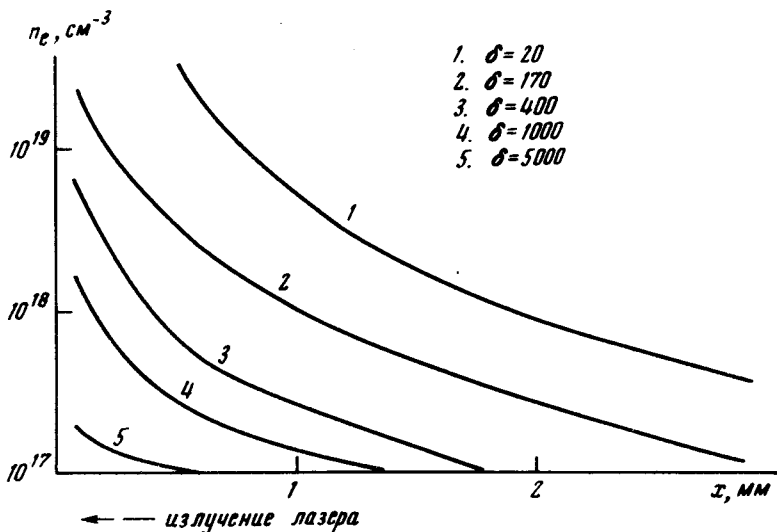


Рис. 1

2. Обнаружена зависимость размеров факела и количества испаренного вещества мишени от величины контраста δ . Обработка интерферограмм на ЭВМ позволила получить профиль электронной плотности вдоль оптической оси x . Результаты приведены на рис. 1. Из графика видно, что при уменьшении δ увеличивается как $n_{e \max}$, так и полное число испаренных с поверхности мишени частиц $n = \int n_e(z) dz$. Профиль плотности удовлетворительно совпадает с результатами автоматических решений уравнения движения для вещества испаряемого лазерным излучением [2]. Кроме того, при исследовании влияния контраста на коэффициент отражения было найдено, что при интенсивностях лазерного излучения $\gtrsim 10^{16} \text{ вт/см}^2$ сохраняется тенденция уменьшения коэффициента отражения с ростом интенсивности падающего на мишень светового потока [3]. Обнаружена зависимость коэффициента отражения R от величины контраста δ (рис. 2). Здесь же представлена зависимость максимальной электронной плотности $n_{e \max}$ от величины контраста импульса излучения.

Коэффициент отражения определялся с помощью калориметров как отношение энергии, отраженной в апертуру фокусирующей оптики, к энергии, достигающей поверхности мишени (с учетом ослабления и отражения всеми поверхностями линз и светоделительных пластин). По сравнению с данными работы [3], где использовалась фокусирующая оптика с телесным углом $0,12 \text{ стерад}$, отмечено увеличение абсолютной величины R . Однако, поскольку угловое распределение отраженного излучения имеет довольно пологий максимум при $\phi = 180^\circ$, оказалось возможным привести коэффициент отражения, измеренный в телесный угол $0,67 \text{ стерад}$, к значению для угла $0,12 \text{ стерад}$. На рис. 3 показана зависимость коэффициента отражения $R(I)$ в широком диапазоне интенсивностей I , обнаруженная на установке [1]. При этом все значения коэффициента отражения получены во вспышках с контрастом $\sim 10^4$. На этом рисунке квадратами отмечены величины R

для угла $0,12$ стерад, а кружками – результаты пересчета на этот угол величин R , измеренных в угле $0,67$ стерад.

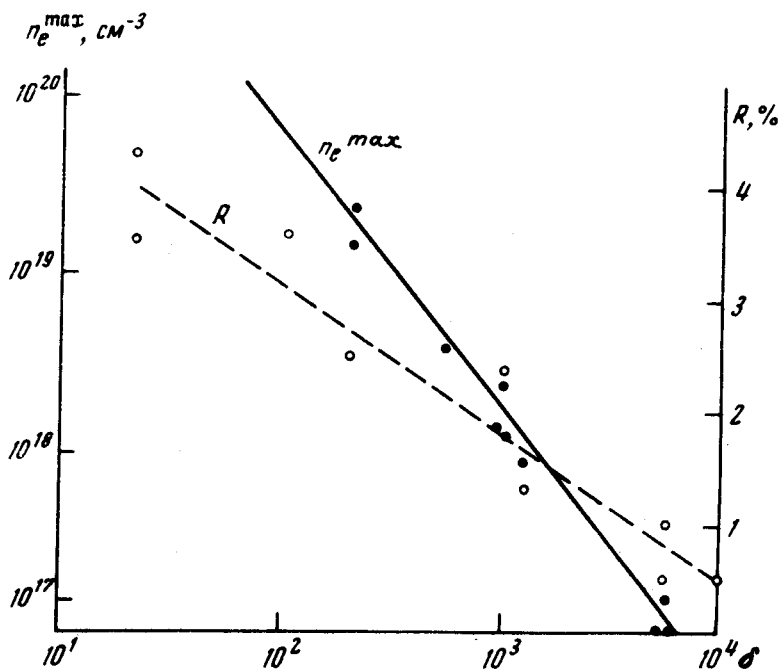


Рис. 2

3. Зависимость коэффициента отражения от контраста может быть обусловлена двумя причинами.

Во-первых, при точной фокусировке на поверхность, с ростом энергии фона может изменяться интенсивность падающего излучения за счет испарения поверхности, образования лунки и, следовательно, увеличения размеров фокального пятна. При этом зависимость $R(\delta)$ имеет вид

$$R(\delta) = R_{\infty} \left[1 + \frac{E_{\text{л}} D}{\pi r_0^3 f \Omega} \frac{1}{(\delta - 1)} \right]^{-\xi}, \quad (2)$$

где R_{∞} – коэффициент отражения при $\delta \rightarrow \infty$, $E_{\text{л}}$ – энергия основного импульса, D , f – диаметр и фокусное расстояние собирающей линзы, Ω – удельная энергия испарения единицы объема вещества, r_0 – радиус фокального пятна, ξ – показатель, определяющий зависимость $R(l) \sim l^{\xi}$. В наших экспериментах $\xi \approx -1/3$; зависимость $R(\delta)$ хорошо аппроксимируется законом $R(\delta) \sim \delta^{-1/4}$ (рис. 2).

Во-вторых, при изменении контраста меняется профиль электронной плотности (рис. 1), что должно привести к изменению градиентов

в области аномального поглощения и повлиять на долю энергии лазерного импульса, отражаемую от областей с $n_e < n_{e \text{ крит}}$. При этом, очевидно, должна существовать оптимальная величина контраста, при которой обеспечивается наиболее полное поглощение энергии лазера плазмой.

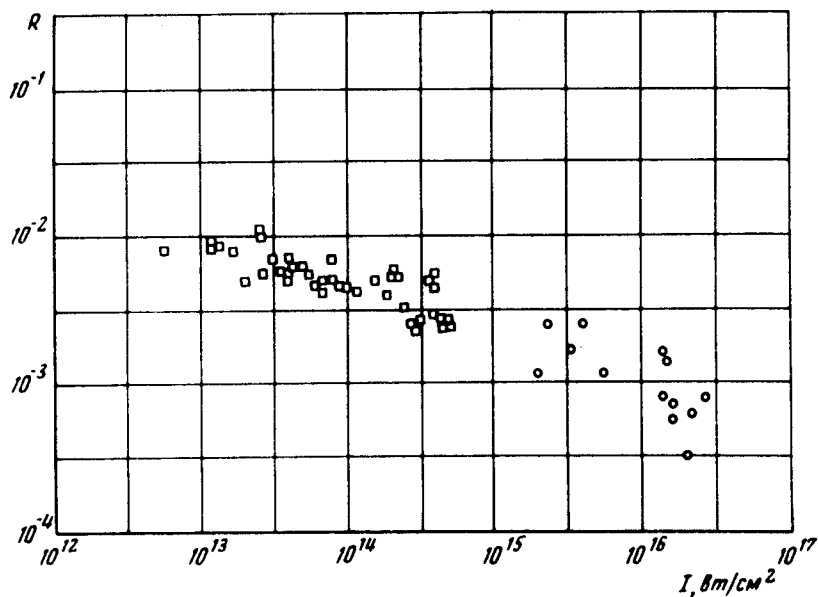


Рис. 3

Таким образом, показано, что существует зависимость коэффициента отражения от контраста излучения, которая может быть объяснена расфокусировкой при испарении поверхности. Кроме того обнаружено, что в диапазоне интенсивностей $10^{15} \leq I \leq 3 \cdot 10^{16}$ *вт/см²* коэффициент отражения монотонно уменьшается с ростом интенсивности излучения.

Государственный
оптический институт
им. С.И.Вавилова

Поступила в редакцию
26 октября 1974 г.

Литература

- [1] Л.В.Дубовой, В.Д.Дятлов, В.И.Крыжановский, А.А.Мак, Р.Н.Медведев, А.Н.Попытаев, В.А.Серебряков, В.Н.Сизов, А.Д.Стариков. ЖТФ, 44, № 11, 1974.
- [2] Ю.В.Афанасьев, О.Н.Крохин. Труды ФИАН, М., изд. Наука, № 52, 118, 1970.
- [3] В.Д.Дятлов, Р.Н.Медведев, В.Н.Сизов, А.Д.Стариков. Письма в ЖЭТФ, 19, 124, 1974.