

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПЛАЗМУ

*О.Г.Байков, В.И.Баянов, А.А.Мак, Р.Н.Медведев,
В.А.Серебряков, Н.А.Соловьев*

Приводятся результаты экспериментального исследования отражения лазерного излучения от плазмы при различной плотности потока энергии, различной поляризации и различных углах падения излучения на мишень. Обнаружены эффекты линейной трансформации и аномального поглощения в области четверти критической плотности.

Одно из центральных мест в проблеме лазерного термоядерного синтеза занимает вопрос о поглощении лазерного излучения в плазме. Изучению этого вопроса посвящены, например, работы [1 – 3]. В описываемом здесь эксперименте исследовалось отражение лазерного излучения при различных углах падения лазерного излучения на мишень, различных плотностях потока и различных поляризациях греющего излучения.

В эксперименте использовался лазер на неодимовом стекле с длительностью импульса 200 псек, энергией, варьировавшейся в пределах 5 – 50 Дж, с расходимостью излучения 10^{-3} рад. Излучение фокусировалось на плоскую мишень из полиэтилена объективом с фокусным расстоянием 100 мм. Для поляризации излучения после оконечного каскада усиления ставилась поляризационная стопа, степень поляризации после которой была не хуже 95%. В отсутствие стопы излучение было полностью деполаризованным.



Рис. 1. Снимок зеркальной составляющей отраженного излучения

Предварительно нами было проведено исследование диаграммы направленности отраженного излучения. Для этого в направлении угла зеркального отражения ставилась кассета с фотопленкой. Характерный снимок представлен на рис. 1. Обработка снимков показала, что зеркально отраженное излучение распространяется в том же телесном угле, что и греющее излучение после фокусирующего объектива. Это говорит о том, что в нашем случае наблюдается плоский разлет плазмы.

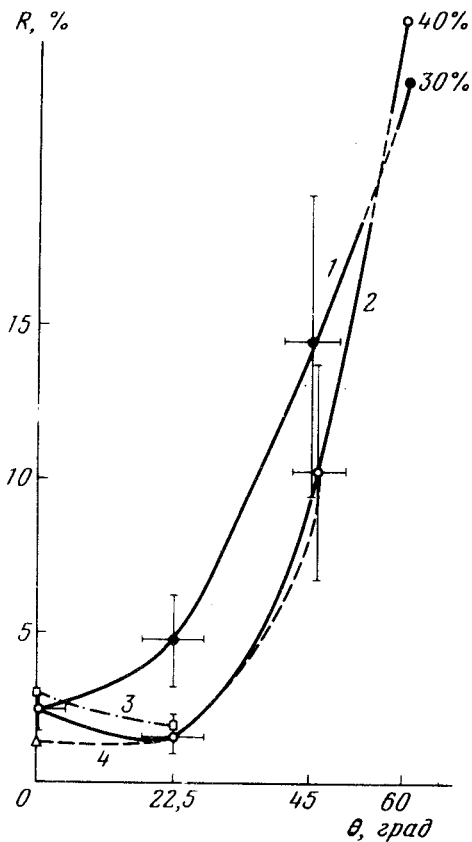


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от угла падения излучения на мишень. $R(\%) = E_{\text{зерк}}/E_{\text{пад}}$, где $E_{\text{зерк}}$ — энергия зеркально отраженного излучения, $E_{\text{пад}}$ — энергия падающего излучения, $E_{\text{пад}} \approx 5$ Дж. Кривая 1 соответствует S-поляризованному излучению, кривые 2, 3, 4 — p-поляризации. Кривые 1, 2 получены при энергии предимпульса $E_{\text{пр}} \approx 2 \cdot 10^{-2}$ Дж, кривая 3 при $E_{\text{пр}} \approx 2 \cdot 10^{-3}$ Дж, кривая 4 при $E_{\text{пр}} \approx 7 \cdot 10^{-2}$ Дж

На рис. 2 приведены результаты измерения коэффициента отражения для зеркальной составляющей в зависимости от угла падения θ излучения на мишень и энергии предимпульса $E_{\text{пр}}$, обусловленного суперлюминесценцией усилительных каскадов при $q \sim 10^{13}$ Вт/см² (q — плотность потока энергии на мишень при нормальном падении). Электронная температура, измеренная методом поглотителей при нормальном падении, составила 100 эВ. Из сравнения кривых 1 и 2, полученных при одинаковой энергии предимпульса, можно сделать вывод о наличии в нашем случае линейной трансформации. В связи с большим шагом по углам при измерении отражения мы не можем точно указать положение минимума в коэффициенте отражения при p-поляризации, связанного с линейной трансформацией, и однозначно определить из этих измерений характерный масштаб неоднородности вблизи критической плотности. Однако если считать, что минимум находится в районе 20°, то можно грубо оценить характерный масштаб неоднородности a . Такая оценка дает $a = 5$ мкм. Этот результат находится в согласии с данными работы [4], где максимум резонансного поглощения при $q \sim 10^{13}$ Вт/см² определялся по максимуму электронной температуры плазмы и находился в районе 18°. На рис. 2 видна также зависимость коэффициента отражения от величины энергии предимпульса. Уменьшение коэффициента отражения с ростом энергии предимпульса можно трактовать как увеличение поглощения за счет увеличения длины поглощающего слоя.

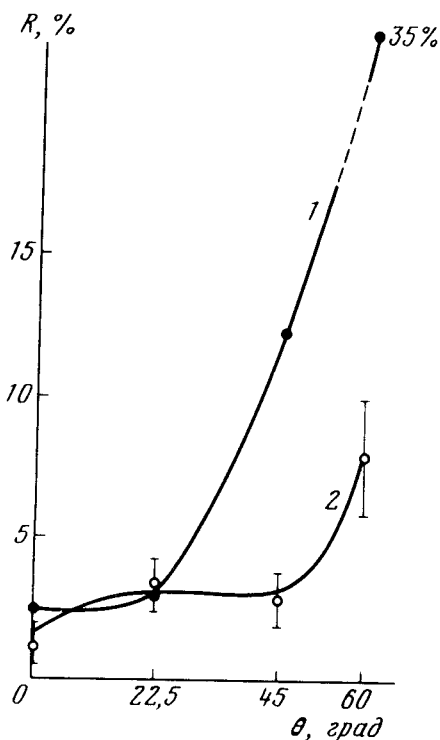


Рис. 3. Кривая 1 — $R(\theta)$ при $q \sim 10^{13}$ Вт/см², степени поляризации 50%, $E_{\text{пр}} \sim 2 \cdot 10^{-2}$ Дж. Кривая 2 — $R(\theta)$ при $q \sim 10^{14}$ Вт/см², степени поляризации 50%, $E_{\text{пр}} \approx 2 \cdot 10^{-2}$ Дж, $E_{\text{пад}} \approx 50$ Дж

Результаты измерения коэффициента отражения в зависимости от угла падения при $q \sim 10^{14}$ Вт/см² приведены на рис. 3. Электронная температура при $q \sim 10^{14}$ Вт/см² в нормальном угле падения составила 400 эВ. На рис. 3 приведена также кривая зависимости $R(\theta)$ при $q \sim 10^{13}$ Вт/см², построенная для неполяризованного излучения на основании приведенных выше экспериментальных данных. Сравнение кривых, полученных при $q \sim 10^{13}$ Вт/см² и $q \sim 10^{14}$ Вт/см², говорит о том, что в этих двух случаях мы имеем различные механизмы поглощения лазерного излучения в плазме. При плотностях потока 10^{13} Вт/см² излучение поглощается, по всей видимости, за счет классического поглощения и линейной трансформации, причем наибольший вклад в нашем случае дает тормозное поглощение. При повышении плотности потока до 10^{14} Вт/см² происходит значительное увеличение электронной температуры, что должно привести к уменьшению классического поглощения. Из экспериментальных данных, однако, следует что поглощение остается примерно таким же, как при $q \sim 10^{13}$ Вт/см² в области малых углов θ , и увеличивается при углах $\theta = 45 \div 60^\circ$. Такое поведение коэффициента отражения можно, по всей видимости, объяснить "включением" аномальных механизмов поглощения при переходе к плотностям потока 10^{14} Вт/см². Как следует из известной формулы, пригодной для плоского слоя плазмы, $n/n_{\text{кр}} = \cos^2 \theta$, где n — плотность электронов, до которой дошло излучение, падающее под углом θ на плазму, $n_{\text{кр}}$ — критическая плотность электронов; в нашем случае отражение при $q \sim 10^{14}$ Вт/см² начинает резко увеличиваться в том случае, когда излучение перестает доходить до плотности $n = n_{\text{кр}}/4$. Таким образом, при плотности потока 10^{14} Вт/см² мы имеем дело с аномальным

поглощением в области $n_{кр}/4$, которое можно связать с распадом поперечной волны греющего излучения на два ленгмюровских плазменных колебания.

Государственный
оптический институт
им. С.И.Вавилова

Поступила в редакцию
3 ноября 1978 г.

Литература

- [1] Л.Н.Крохин, Ю.А.Михайлов, В.В.Пустовалов, А.А.Рупасов, В.П.Силин, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, **69**, 206, 1975.
- [2] А.А.Горохов, Л.В.Дубовой, В.Д.Дятлов, В.Б.Иванов, А.А.Мак, Р.Н.Медведев, В.П.Попонин, А.Ю.Попытаев, А.Д.Стариков, В.Г.Туззов. Препринт НИИЭФА К-0327, 1977.
- [3] В.Н.Ripin. Appl. Phys. Lett., **30**, 134, 1977.
- [4] J.E.Balmer, T.P.Donaldson. Phys. Rev. Lett., **39**, 1084, 1977.
-