

ИЗМЕНЕНИЯ В СПЕКТРЕ ОТРАЖЕННОГО НАЗАД ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ ПЛАЗМЫ

А. Р. Зарицкий, С. Д. Захаров, П. Г. Крюков,
Ю. А. Матвеев, А. И. Федосимов

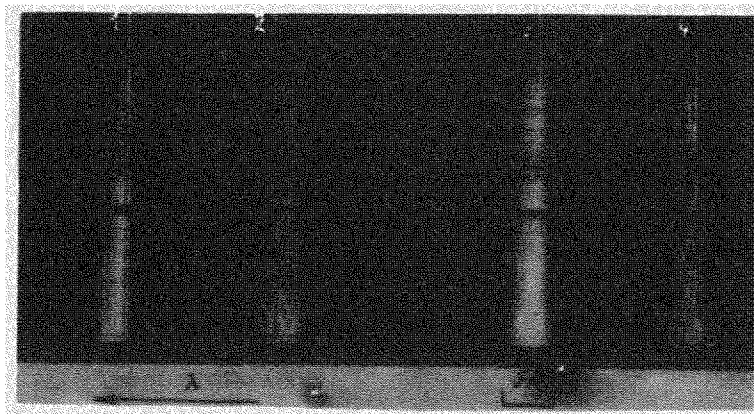
Известно, что при нагреве плазмы мощным лазерным излучением с использованием твердых мишеней возникает сильное отражение назад лазерного света [1 - 2]. Такое отражение есть оптический аналог отсечки СВЧ волн для плазм малой плотности (см., например, [3]). При лазерном нагреве доля энергии отраженного света может достигать $30 + 50\%$ от падающей энергии [4 - 5].

Нами были предприняты измерения спектра отраженного от плазмы лазерного света. В качестве мишеней использовались LiD , $(\text{CH}_2)_n$, $(\text{CD}_2)_n$, лед D_2O , Al . Источником излучения служил Nd-лазер в режиме самосинхронизации мод, состоящий из задающего генератора и шестикаскадного усилителя. Нагрев плазмы и спектральные измерения производились как на основной частоте ($\lambda = 1,06 \text{ мкм}$), так и на частоте второй гармоники ($\lambda = 0,53 \text{ мкм}$). Преобразование в гармонику с эффективностью до 50% осуществлялось с помощью кристалла KDP.

Для повышения точности спектрального анализа производилось сужение исходного спектра генерации до $\leq 0,05 \text{ \AA}$ путем введения в резонатор селекторов аксиальных мод типа интерферометра Фабри - Перо. При этом лазерный импульс удлинялся до 1 нсек . Выходная энергия в одном импульсе на основной частоте достигала 20 дж , расходимость излучения $2 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$ при диаметре пучка 4 см . Фокусирование лазерного света на мишень осуществлялось объективом с фокусным расстоянием $f = 4,5 \text{ см}$, а в некоторых случаях линзой с $f = 30 \text{ см}$. Пропускание объектива и окна вакуумной камеры для $\lambda = 0,53 \text{ мкм}$ составляло 60% , диаметр фокального пятна при отсутствии плазмы оценивался в $20 + 30 \text{ мкм}$ ($f = 4,5 \text{ см}$).

Измерения производились на дифракционном спектрографе с $f = 130 \text{ см}$. Верхняя часть входной щели шириной 20 мкм для $\lambda = 0,53 \text{ мкм}$ и 50 мкм для $\lambda = 1,06 \text{ мкм}$ засвечивалась падающим излучением, нижняя - отраженным. Спектрограммы для четырех лазерных вспышек с мишенью из LiD , объективом $f = 4,5 \text{ см}$ на длине волны $\lambda = 0,53 \text{ мкм}$ приведены на рисунке. В спектре отраженного от плазмы света отчетливо видно большое число эквидистантных линий, расположенных, в общем случае, как в стоксовой, так и в анти-стоксовой части спектра. Число линий зависит от энергии и, как правило, тем больше, чем больше энергия во вспышке (см. рисунок). Против спектральной линии падающего излучения обычно расположена одна из линий отраженного, однако последняя по интенсивности мало отличается от соседних. Ширина каждой линии находится в пределах аппаратного разрешения ($0,05 \text{ \AA}$). Для одного и того же уровня выходной энергии около 5 дж спектры снимались при разной фокусировке: с объективом $f = 4,5 \text{ см}$ и линзой $f = 30 \text{ см}$. В первом случае размножение

линий наблюдалось всегда, во втором – примерно в половине вспышек. Это указывает на пороговый характер эффекта, так как диаметр фокального пятна для линзы на порядок больше. Спектральный интервал $\delta\lambda$ между линиями с точностью до ошибок измерений (0,5%) одинаков – 0,23 Å и не зависит ни от энергии, ни от вида мишени. Аналогичная картина только при $\delta\lambda = 0,46$ Å наблюдалась на длине волны 1,06 мкм.



Спектрограммы нагревающего и отраженного от плазмы лазерного света для четырех лазерных вспышек с выходной энергией (слева направо) 5; 3; 9 и 2 Дж. Вверху – падающее излучение, внизу – отраженное. Мишень LiD, $\lambda = 0,53$ мкм, $f = 4,5$ см

Как показали дополнительные измерения, причина появления в спектре отраженного излучения эквидистантных линий связана с наличием у линии падающего излучения слабых (по крайней мере, в сто раз меньших по интенсивности) спутников, расстояние между которыми равно интервалу между линиями отраженного света. Один из таких спутников в стоксовой части спектра заметен во второй вспышке на рисунке. Было установлено, что спутники возникают из-за селекции мод в генераторе чрезвычайно слабых паразитных отражений на оптических элементах интерферометра.

Из рассмотрения спектрограмм можно заключить, что наблюдаемый процесс носит вынужденный характер. Его объяснение может быть связано с фазовой модуляцией мощных световых импульсов в плазменном слое. Близкое к условиям эксперимента теоретическое рассмотрение фазовой модуляции двух плоских волн (одна из которых сильная, другая – слабая), отличающихся по частоте на $\Delta\omega \ll \omega_0$ и проходящих через нелинейную среду было сделано в [6]. Аналогичное происхождение имеет, на наш взгляд, спектр отраженного света ($\delta\lambda = 3$ Å) в [7], наблюдаемый при нагреве плазмы лазерным излучением с широкой линией, хотя авторы выдвигают в качестве объяснения рассеяние фотонов на плазменных колебаниях.

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

Поступила в редакцию
12 января 1972 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, С.Д.Захаров, П.Г.Крюков, Ю.В.Сенатский, С.В.Чекалин. Письма в ЖЭТФ, 8, 26, 1968.

- [2] Н.Г.Басов, С.Д.Захаров, О.Н.Крохин, П.Г.Крюков, Ю.В.Сенатский, Е.Л.Тюрин, А.И.Федосимов, С.В.Чекалин, М.Я.Щелев. Сб. "Квантовая электроника" под ред. Н.Г.Басова 1, 4, 1971.
- [3] В.Е.Голлант. Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы. М., изд. Наука, 1968.
- [4] F. Flouh. Доклад на международной конференции по квантовой электронике, Киото (Япония), сентябрь 1970 г.
- [5] Н.Г.Басов, О.Н. Крохин, С.Д.Захаров, П.Г.Крюков, Ю.В.Сенатский. Труды международной конференции "Лазеры и их применение". Дрезден, июнь 1970 г., стр. 7.
- [6] A. Cheung, D. Rank, R. Chiao, C. Townes. Phys. Rev. Lett., 20, 786, 1968.
- [7] P. Belland, C. De-Michelis, M. Mattioli, R. Papoular. Appl. Phys. Lett., 18, 542, 1971.
-