

АМПЛИТУДНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

*А.А.Горохов, В.Д.Дятлов, Р.Н.Медведев,
А.Д.Стариков, В.Г.Тузов*

Экспериментально исследованы зависимости преобразования спектра и амплитуд отраженного от плазмы излучения неодимового лазера при интенсивностях $10^{15} + 3 \cdot 10^{16}$ *вт/см²*. Обнаружены достаточно узкие области светимости плазмы на частотах $2\omega_0$ и $\frac{3}{2}\omega_0$. Рассмотрены различные механизмы, которые могут быть ответственны за наблюдаемые эффекты.

При высоких ($I > 10^{14}$ *вт/см²*) интенсивностях основную роль играют нелинейные процессы взаимодействия излучения с плазмой. Они обуславливают аномально высокое поглощение волны накачки, преобразование ее частоты, искажение спектра отраженного от плазмы светового потока. В настоящей работе экспериментально исследованы некоторые эффекты, приводящие к пространственным, амплитудным и частотным изменениям падающего излучения высокой интенсивности при взаимодействии его с плотной плазмой.

1. Схема экспериментальной установки и диагностическая аппаратура, подробно описанные в [1], были дополнены системами, измеряющими угловое распределение отраженного излучения в ближней зоне на частотах ω_0 и $2\omega_0$, а также аппаратурой, позволявшей локализовать область максимальной светимости участков плазмы на частотах ω_0 , $\frac{3}{2}\omega_0$ и $2\omega_0$. В каждом эксперименте одновременно с определением пространственных характеристик (углового распределения и зоны преобразования падающего излучения) на одной из гармоник, производилось спектрографирование этого участка спектра на монохроматоре МДР-3, а также регистрация спектра падающего и отраженного в апертуру фокусирующей линзы излучения в области ω_0 на спектрографе с дисперсией 30,4 *А/мм*. Кроме того, в каждой вспышке контролировался контраст, величина падающей и отраженной энергии, а также электронная температура плазмы.

2. Нами были обнаружены некоторые особенности спектрального преобразования волны накачки [2] высокой интенсивности. При этом оказалось, что при интенсивностях $10^{15} + 3 \cdot 10^{16}$ *вт/см²*, излучение, выходящее через апертуру фокусирующей линзы содержит частоты $\frac{3}{2}\omega_0$, $2\omega_0$ и ω_0 ; где ω_0 – частота волны накачки. Вторая гармоника $2\omega_0$ состоит из узкого и широкого компонента, причем отношение энергии узкого и широкого компонента достигает значений $2 \cdot 10^{-3}$. Интересной особенностью узкого компонента является его слабая зависимость от интенсивности падающего излучения, в то время как широкий компонент обнаруживает зависимость $I(2\omega_0) = I^a(\omega_0)$, где $a > 2$. На рис. 1 приведены денситограммы излучения в области $\lambda/2$, выходящего через апертуру фокусирующей оптики. Кривой 1 соответствует ин-

тенсивность падающей волны $I_1 = 2 \cdot 10^{16}$, кривой 2: $I_2 = 1,5 \cdot 10^{16}$; $I_3 = 8 \cdot 10^{15}$; $I_4 = 3 \cdot 10^{15}$ *вт/см²*. Ширина спектра (1) по уровню $0,1 \Delta\lambda \approx 380 \text{ \AA}$. Кроме того, на всех спектрограммах, в отличие от [3] обнаружена тенденция к расщеплению узкого компонента в дублет с расстоянием между линиями $\Delta\lambda \approx 3 + 5 \text{ \AA}$. Следует особо отметить, что вторая гармоника смещена в красную область на $10 + 12 \text{ \AA}$.

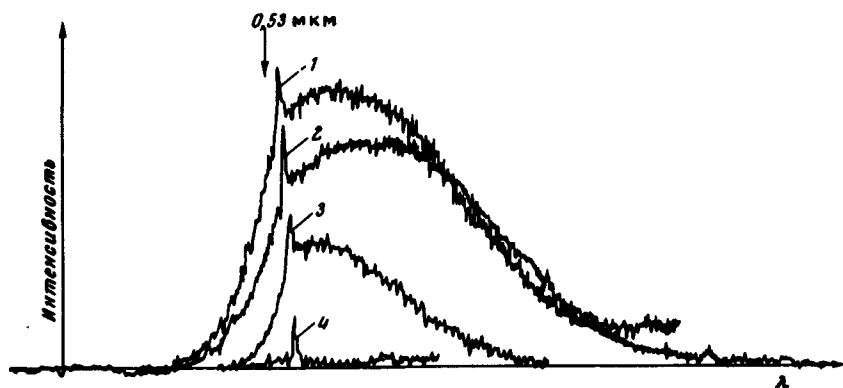


Рис.1

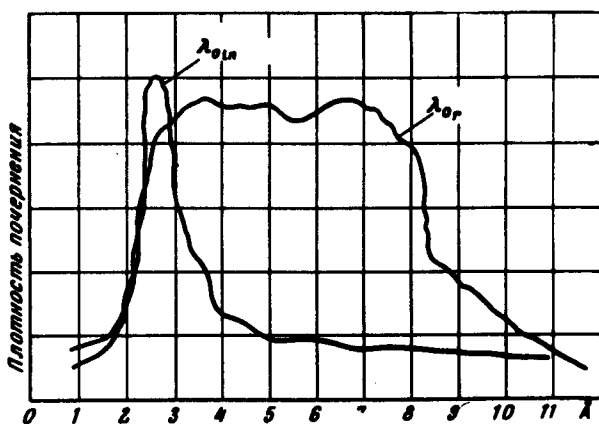


Рис.2

Спектр падающего и отраженного излучения в области $\lambda \approx \lambda_0$ показан на рис. 2. Интенсивность волны накачки $I(\omega_0) = 1,5 \cdot 10^{16}$ *вт/см²*. Обращает внимание тот факт, что отраженное излучение имеет красный сдвиг относительно падающего $\sim 5 \text{ \AA}$ и уширение $\sim 7,5 \text{ \AA}$. Хорошо заметно также искажение формы спектра отраженного излучения по сравнению со спектром падающего.

В экспериментах была локализована область максимальной светимости на частотах $\frac{1}{2} \omega_0$ и $2\omega_0$, однако, на частоте ω_0 такой области обнаружить не удалось. По-видимому, переизлучение на основной частоте осуществляется из достаточно протяженных областей плазмы.

Характерной особенностью углового распределения второй гармоники является наличие довольно узкого максимума под углом к направ-

лению оптической оси $\sim 18^\circ$. Поскольку энергия широкого компонента много больше энергии узкого, то следует считать, что именно широкий компонент имеет угловое распределение, представленное на рис. 3. На этом рисунке по оси абсцисс отложен угол между оптической осью и направлением регистрации, по оси ординат – относительная интенсивность излучения под данным углом. Апертура линзы соответствует углу $26,7^\circ$.

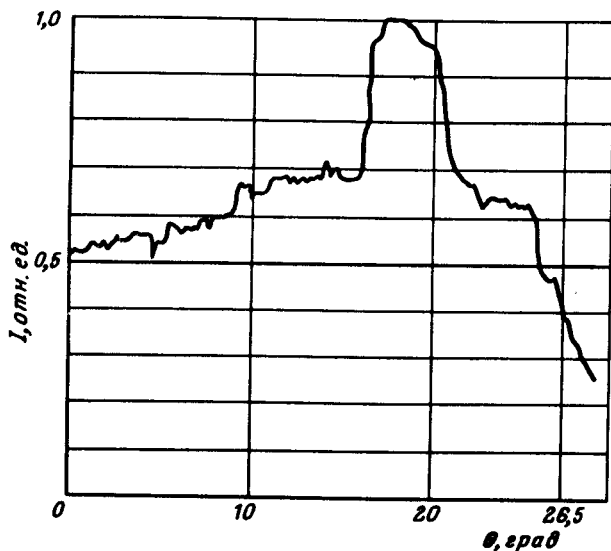


Рис.3

3. Спектр падающего излучения, как видно из рис. 2, значительно уширен в красную сторону. Однако характер этого уширения и зависимость его от интенсивности лазерного импульса сильно отличаются от характера и зависимости для второй гармоники. Более того, хотя смещение второй гармоники соответствует удвоенному смещению на основной частоте, уширение узкого компонента второй гармоники значительно меньше ожидаемого. При этом оказывается, что "красная" линия дублета, интенсивность которой всегда меньше ее "синего" соседа, находится примерно на расстоянии, соответствующем удвоенному уширению основной линии. Различие интенсивностей линий дублета второй гармоники может быть связано с различием их поляризаций. С другой стороны подобная картина может наблюдаться в случае, когда имеются две зоны генерации второй гармоники. Смещение спектра отраженного излучения основной частоты может быть обусловлено ВРМБ, при этом однако столь значительное уширение спектральной линии возможно, если рассеяние происходит достаточно эффективно в протяженной области параметров плазмы. Подтверждением этому служит отсутствие резко выраженной зоны отражения излучения основной частоты. Наличие резко выраженных областей преобразования во вторую и особенно в дробную гармоники может свидетельствовать в пользу параметрических неустойчивостей [4]. При этом, по-видимому, зона $(\omega_0 \rightarrow 2\omega_0)$ расположена вблизи $n_e \approx n_{кр}$, а зона $(\omega_0 \rightarrow \frac{3}{2}\omega_0)$ – вблизи $n_e \approx n_{кр}/4$. Отсюда, зная расстояния между этими зонами, можно определить величину градиента $\nabla n_c \approx 10^{24} \text{ см}^{-4}$ и характерный размер $a \sim 10^{-3} \text{ см}$.

При интенсивностях $10^{15} \leq I \leq 3 \cdot 10^{16}$ вт/см² экспериментально исследованы эффекты преобразования лазерного излучения. Получены угловые и спектральные характеристики: второй гармоники и гармоники $\frac{3}{2} \omega_0$. Обнаружено расщепление тонкого компонента преобразованного излучения в дублет.

Поступила в редакцию
25 ноября 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] А.А.Горохов, В.Д.Дятлов, В.Б.Иванов, Р.Н.Медведев, В.П.Попонин, А.Н.Попытаев, А.Д.Стариков, VII Всесоюзная конференция по когерентной и нелинейной оптике. Ташкент 10 мая 1974. Тезисы докладов, М., изд. МГУ, 1974, стр. 300.
 - [3] M. Decroisette, V. Meyer, Y. Vitel. Phys. Lett., **A45**, 443, 1973
 - [4] 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.
-