

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ГАРМОНИК $2\omega_0$ И $3/2\omega_0$, ГЕНЕРИРУЕМЫХ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

*В.В.Александров, В.Д.Визарев, В.П.Зотов,
Н.Г.Ковальский, М.И.Пергамент*

Приводятся результаты экспериментальных исследований спектральной структуры, угловых зависимостей и временных характеристик излучения гармоник $2\omega_0$ и $3/2\omega_0$, генерируемых в плазме, создаваемой при облучении плоских мишеней мощным световым пучком неодимового лазера в диапазоне интенсивностей $2 \cdot 10^{13} - 2 \cdot 10^{14}$ *вт/см²*. Изучение нелинейных механизмов взаимодействия излучения с плазмой представляет большой интерес для исследований по проблеме управляемого термоядерного синтеза с лазерным поджигом. Большинство опубликованных по этому вопросу работ посвящено распадным (параметрическим) неустойчивостям и генерации гармоник и субгармоник лазерного излучения. Однако полной ясности здесь еще нет, необходимость всесторонних экспериментальных исследований в широком диапазоне условий совершенно очевидна.

Мы хотим сообщить результаты, полученные в последнее время на установке "Мишень 1" в Институте атомной энергии им. И.В.Курчатова [1]. Изучался спектральный состав, временные характеристики и угловые зависимости излучения на частотах $2\omega_0$ и $3/2\omega_0$. (ω_0 – рабочая

частота лазера), рассеиваемого плазмой, создаваемой при облучении плоских мишеней из полиэтилена и алюминия, сфокусированным световым пучком неодимового лазера. Мишени размещались в вакуумной камере. При длительности лазерного импульса 3,5 нсек плотность светового потока в фокальном пятне на поверхности мишени менялась в интервале $2 \cdot 10^{13} - 2 \cdot 10^{14}$ вт/см². Спектр излучения рассеиваемого плазмой в направлениях, составляющих углы 180, 135 и 90° с осью падающего лазерного пучка, регистрировался как при нормальном падении пучка на поверхность мишени, так и в случае, когда поверхность мишени располагалась под углом 45° к пучку. Изменение во времени интенсивности излучения на частотах ω_0 , $2\omega_0$ и $3/2\omega_0$, рассеиваемого в апертуру фокусирующей линзы, регистрировалось электронно-оптическим преобразователем типа УМИ-93, работающим в режиме шелевой разветки. Разрешающее время регистратора не превышало $5 \cdot 10^{-11}$ сек.

Основные результаты сводятся к следующему.

1. Контур линии $3/2\omega_0$ при наблюдении в направлении, обратном падающему лазерному пучку, оказывается раздвоенным и состоит из двух компонент, расстояние между которыми в шкале длин волн составляет $40 \div 50 \text{ \AA}$ в случае Al-мишени и $20 \div 30 \text{ \AA}$ для $(\text{CH}_2)_n$ -мишени [2, 3].

На рис. 1 приводится типичный контур линии $3/2\omega_0$, полученный при облучении Al-мишени, когда плотность светового потока равнялась $\sim 8 \cdot 10^{13}$ вт/см². Видно, что наряду с компонентой, максимум интенсивности которой примерно соответствует точному положению линии $3/2\omega_0$, имеется компонента, сдвинутая в длинноволновую сторону.

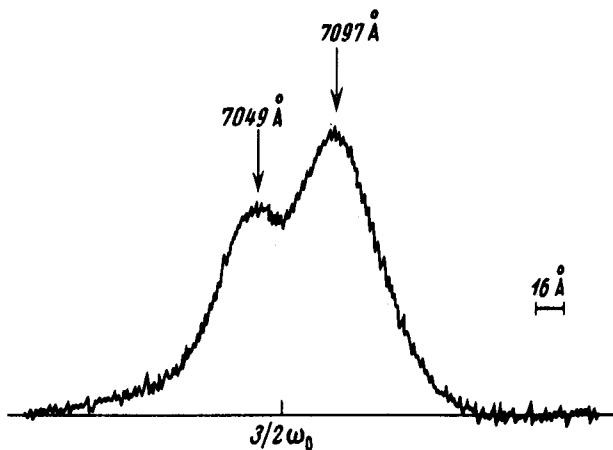


Рис. 1. Спектральный контур излучения на частоте $3/2\omega_0$.

2. В случае нормального падения лазерного пучка на поверхность мишени наблюдается достаточно резкая направленность излучения на частоте $3/2\omega_0$ в апертуру фокусирующей линзы. При наблюдении под углом 90° к лазерному пучку гармонику $3/2\omega_0$ зарегистрировать не удалось. Следует однако отметить, что наблюдаемая анизотропия может быть объяснена сильным поглощением излучения, распространяющегося вдоль поверхности мишени. Действительно, как показывают простые расчеты, характерная длина поглощения излучения с частотой $3/2\omega_0$ в плазме, плотность которой равна $n_{кр}/4$ ¹⁾, а температура ~ 400 эв, сос-

¹⁾ $n_{кр}$ — критическая плотность плазмы для излучения с частотой ω_0 .

тавляет ~ 150 мкм. Вместе с тем в соответствии с численными двумерными расчетами поперечные размеры плазменного факела оказываются существенно большими.

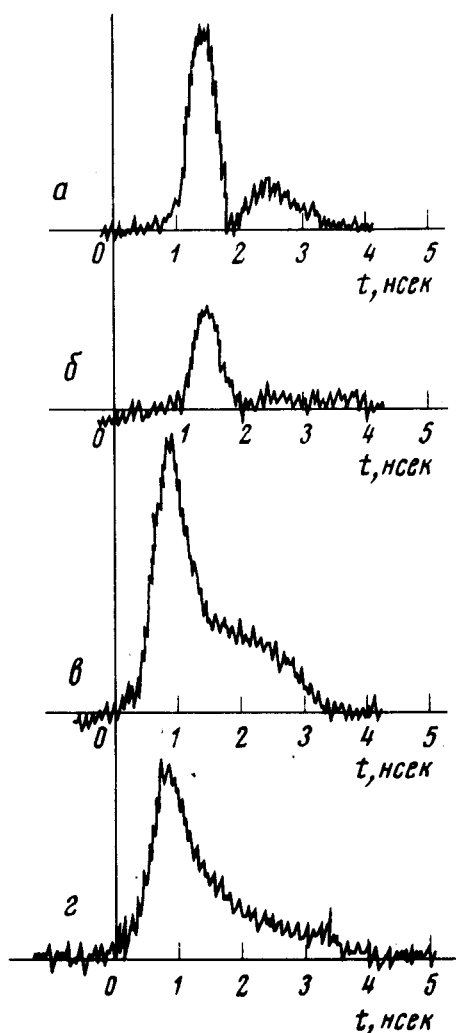


Рис. 2. Временная развертка падающего (2) и отраженного излучения на частотах ω_0 (в), $2\omega_0$ (б) и $3/2\omega_0$ (а)

3. При наблюдении под углом 135° к оси лазерного пучка расстояние между компонентами линии $3/2\omega_0$ примерно в 1,5 раза меньше, чем то, которое зарегистрировано в случае наблюдения под углом 180° .

4. Если мишень устанавливается таким образом, что ее поверхность наклонена под углом 45° к лазерному пучку, то достаточно яркая линия $3/2\omega_0$ зарегистрирована при всех трех углах наблюдения 180° (в апертуру линзы), 135° (нормально к поверхности мишени), 90° (в направлении зеркального отражения). Однако во всех случаях расщепления линии мало. В экспериментах с наклонным падением лазерного пучка на мишень отражение света на основной частоте в апертуру фокусирующей линзы резко

падает, в то же время основная доля отраженного излучения выходит в направлении, соответствующем зеркальному отражению [4].

5. При повороте мишени на угол 45° относительно падающего пучка линия $2\omega_0$ практически не наблюдается ни в одном из указанных выше трех направлениях. Это связано, по-видимому, с отражением падающего излучения от области плазмы с плотностью меньшей критического значения и, таким образом, отсутствием электромагнитных волн в резонансной области, где $\omega_0 = \omega_p$.

6. Типичные временные развертки падающего и отраженного импульсов и свечения плазмы на частотах $2\omega_0$ и $3/2\omega_0$, полученные одновременно в одном эксперименте, представлены на рис. 2. Обращает на себя внимание временной сдвиг $(0,5 \div 1) \cdot 10^{-9}$ сек между отраженным на частоте ω_0 импульсом и импульсами излучения на частотах $2\omega_0$ и $3/2\omega_0$. Форма импульсов $3/2\omega_0$ во всех экспериментах близка к форме импульсов отраженного излучения. Появление в ряде случаев выбросов на отраженном сигнале основной частоты сопровождается выбросами на импульсе $3/2\omega_0$ (с соответствующим сдвигом во времени $(0,5 \div 1) \cdot 10^{-9}$ сек).

Полученные результаты могут быть сопоставлены с теоретическими моделями, описывающими распадную неустойчивость типа $\omega_0 \rightarrow \omega_p + \omega_p'$ и механизм генерации гармоник $3/2\omega_0$, и, возможно, позволят прояснить вопрос о трансформации плазмонов в областях малых k . В этой связи представляют интерес начатые в настоящее время измерения спектрального распределения расщепленной линии $3/2\omega_0$ с высоким временным разрешением.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность А.Ф.Настоящему за обсуждения экспериментальных результатов, В.Н.Белоусову за участие в создании регистрирующей аппаратуры и М.В.Бреннеру, В.В.Журавлеву и В.В.Савельеву за помощь в проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
8 октября 1976 г.

Литература

- [1] В.В.Александров и др. Труды VI Европейской конференции по физике плазмы, т. 2.
- [2] V.V.Alexandrov et al. Nuclear Fusion 1975, 15, Suppl, p. 113.
- [3] H.C.Pant, K.Eidmann, P.Sachsenmaier, R.Sigel. Optics Communications, 16, 396, 1976.
- [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.