

ЭФФЕКТ ПОДАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В РАЗЛЕТАЮЩЕЙСЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

*Н.Е. Андреев, В.Л. Арцимович, Ю.С. Касьянов,
В.В. Коробкин, В.П. Силин, П.В. Силин, Г.Л. Стенчиков*

Впервые экспериментально обнаружена предсказываемая теорией корреляция уменьшения интенсивности излучения второй гармоники и увеличения рассеянного из лазерной плазмы излучения на основной частоте. Выявлена роль сверхзвукового разлета плазмы в подавлении излучения второй гармоники.

Теория взаимодействия лазерного излучения с плазмой указывает на существенно нестационарный характер генерации второй гармоники и, тесно связанного с ней, поглощения излучения [1]. Согласно этой теории максимумы излучения второй гармоники и соответствующие им пики поглощения обусловлены появлением в плазме кавитонов, аккумулирующих сильные поля, которые и являются причиной указанной нестационарности. Из этой теории также следует, что при переходе от дозвукового режима разлета плазмы к сверхзвуковому происходит подавление пиков поглощения и значительное уменьшение интенсивности излучения второй гармоники. Кроме того, следует отметить, что согласно теории, образованию в плазме кавитонов и сопутствующих им явлений особенно благоприятствует наличие P -компоненты лазерного излучения.

В целях экспериментальной проверки выводов работы [1] были проведены спектрально-временные исследования рассеяния из лазерной плазмы на основной и удвоенной частотах. Для этого использовалось излучение одночастотного неодимового лазера [2]. Эксперименты проводились для случаев нормального и наклонного ($\theta = 22,5^\circ$) падения лазерного излучения на алюминиевую мишень. При нормальном падении в каждом выстреле с помощью электронно-оптической камеры исследовался временной ход интенсивности лазерного излучения и рассеяния назад на основной частоте и частоте второй гармоники. Кроме того, с помощью второй электронно-оптической камеры, сочлененной со спектрографом, проводились спектрально-временные измерения рассеяния назад вблизи основной частоты по методике, описанной в [2]. На первой электронно-оптической камере исследуемые спектральные области рассеяния выделялись цветными и интерференционными фильтрами. Временное и спектральное разрешение составляло $\sim 0,04$ нсек и ~ 1 Å соответственно. Все оптические пути в схеме регистрации тщательно выравнивались. Результаты экспериментов при нормальном падении иллюстрируются на рис.1. Рассеянное назад излучение на частотах ω (рис.1, б) и 2ω (рис.1, а) промодулировано с характерными времена-

ми биений $0,2 \div 0,4$ нсек. Такая же модуляция видна и на развертке спектра вблизи ω (рис.1, *г*). В то же время лазерное излучение (рис.1, *в*) модуляции не имеет. Пикам излучения второй гармоники, как правило, отвечают минимумы отражения на основной частоте. При этом интенсивное излучение второй гармоники присутствует только в первой половине лазерного импульса, когда спектр рассеяния вблизи основной частоты уширен, в основном, в красную сторону. Резкое уменьшение интенсивности второй гармоники совпадает по времени с появлением значительного уширения в синюю сторону спектра рассеяния вблизи основной частоты (рис.1). Это указывает на возникновение сверхзвукового течения плазмы, коррелирующее с подавлением генерации второй гармоники. Как видно на развертках 1, *б* и 1, *г*, интенсивность рассеяния на основной частоте значительно (в $3 \div 4$ раза) возрастает к концу импульса. Такое поведение рассеяния на основной частоте может быть связано также с вынужденным рассеянием Мандельштама – Бриллюэна.

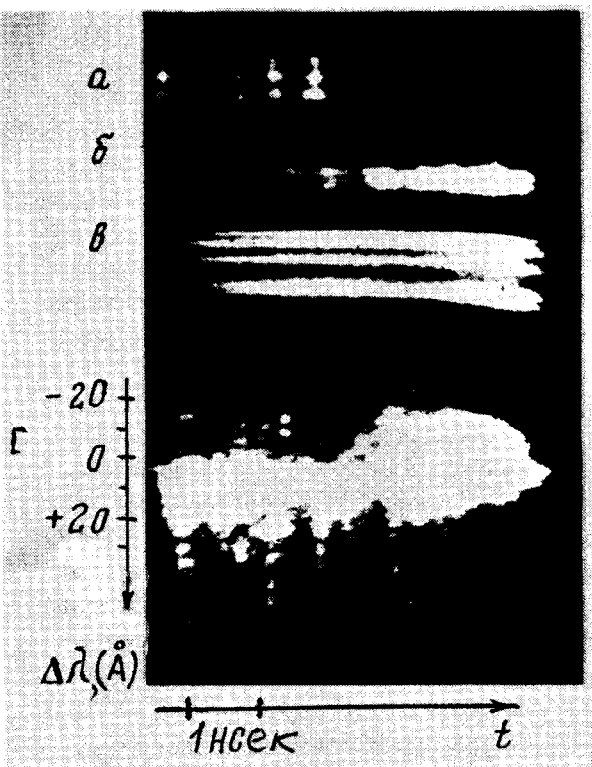


Рис.1.

Для выявления роли поляризации лазерного излучения были проведены временные измерения интенсивности "зеркального" рассеяния на двух частотах при наклонном падении излучения на мишень для S- и P-поляризаций. Степень поляризации лазерного излучения составляла ~ 20 . Изменение ориентации плоскости поляризации лазера осуществлялось изменением направления электрического тока в вентиле Фара-

дея. Результаты эксперимента представлены на рис.2. Так же как и при нормальном падении длительность излучения второй гармоники значительно короче (1,5 ÷ 2,5 нсек) лазерного импульса. Пики генерации второй гармоники совпадают с минимумами импульса рассеяния на основной частоте, огибающая которого приближенно повторяет форму лазерного импульса. Следует отметить, что интенсивность "зеркального" рассеяния на частоте 2ω для P -поляризации лазерного излучения примерно на порядок выше, чем ее интенсивность для S -поляризации. Отметим также, что временная корреляция пиков излучения на частоте 2ω и минимумов отражения на частоте ω в "зеркальном" рассеянии отчетливее для P -поляризации (см. рис.2).

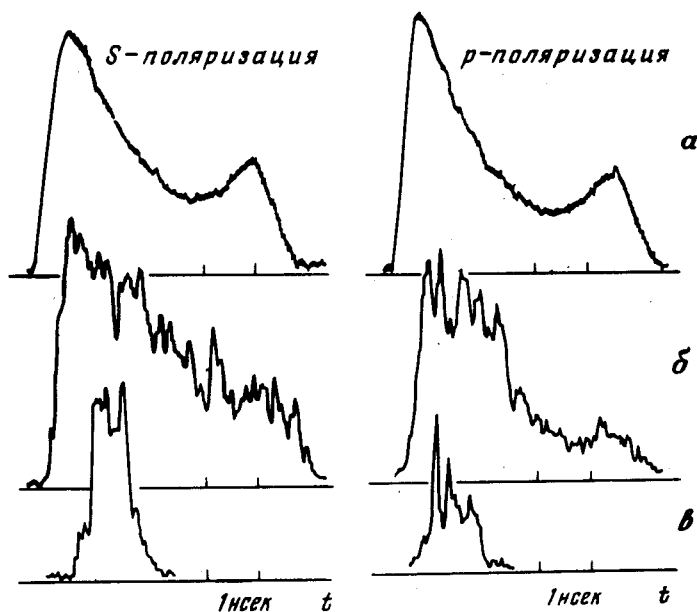


Рис.2

В заключение мы приведем новый результат теории, относящийся, в отличие от работы [1], к случаю плавного профиля плотности плазмы и указывающий на природу подавления генерации второй гармоники при сверхзвуковом разлете плазмы. Оказывается, что при сверхзвуковом течении вещества ($V > V_s$) благодаря стрикционной нелинейности плазмы электрическое поле спадает при приближении к окрестности критической плотности (n_c). Для иллюстрации этого утверждения приведем здесь выражение для диэлектрической постоянной:

$$\epsilon = 1 - N/n_c - |E|^2/E_V^2, \text{ где } E_V^2 = (V^2/V_s^2 - 1)16\pi n_c \kappa T.$$

В соответствии с такой диэлектрической постоянной в области классической (линейной) прозрачности плазмы при $V > V_s$ электрическое поле не может превышать значения $4\sqrt{\pi n_c \kappa T \sqrt{(1 - N/n_c)(V^2/V_s^2 - 1)}}$ убывающего при приближении к области критической плотности. На рис.3 приведены для сравнения результаты линейной и нелинейной теории

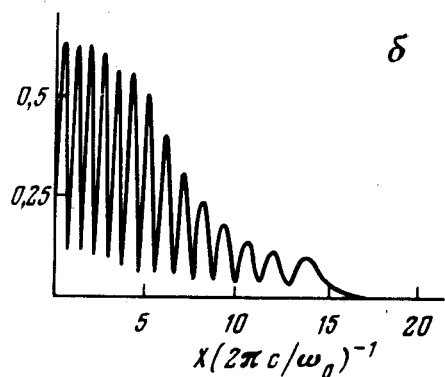
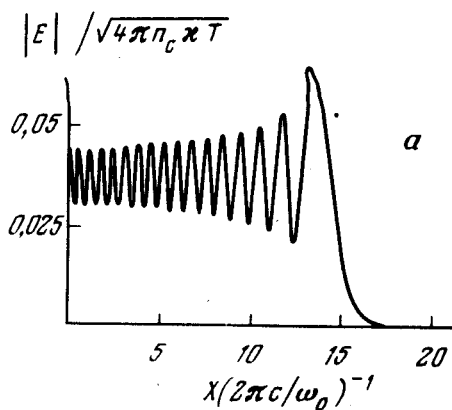


Рис.3.

проникновения излучения в движущуюся со сверхзвуковой скоростью плазму. В соответствии с нашей теорией напряженность электрического поля убывает при приближении к области критической плотности как для S -, так и для P -поляризации, во всяком случае для сравнительно плавного профиля плотности плазмы, что, как следует думать, в обсуждаемом нами эксперименте реализуется во второй половине лазерного импульса, когда наблюдается сверхзвуковой разлет плазмы. Такое ослабление поля ведет к ослаблению излучения второй гармоники, формирующегося в окрестности критической плотности.

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

Поступила в редакцию
1 апреля 1980 г.

Литература

- [1] Н.Е.Андреев, Г.Л.Стенчиков, В.П.Силин. ЖЭТФ, **78**, 1396, 1980.
[2] Л.М.Горбунов, Ю.С.Касьянов, В.В.Коробкин, А.Н.Поляничев, А.П.Шевелько. Препринт №126, ФИАН, 1979.