

ГЕНЕРАЦИЯ ГАРМОНИКИ $\omega/2$ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ*А.В.Кильпио, А.А.Малютин, П.П.Пашикин*

Впервые при создании лазерной плазмы излучением с длиной волны 530 нм обнаружена и измерена генерация гармоники $\omega/2$ греющего излучения. Оценено отношение интенсивности на частоте $\omega/2$ к излучению гармоники $3\omega/2$. Определена пороговая интенсивность греющего излучения для возбуждения $\omega/2$.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению спектра излучения, рассеянного плазмой, создаваемой лазерным пучком. Особый интерес представляет исследование генерации гармоник частоты греющего излучения, так как это позволяет сделать оценку параметров создаваемой плазмы, проследить за процессами, протекающими в плазменной короне и т. д.

Наиболее изученными как теоретически, так и экспериментально являются гармоники 2ω [1] и $3\omega/2$ [2] для длины волны греющего излучения 1060 нм, т. е. при использовании для создания плазмы излучения неодимового лазера. (В работе [3] кроме указанных гармоник было обнаружено также излучение соответствующее половинной частоте греющего излучения $\omega/2$. Эта гармоника при получении плазмы с помощью лазера на неодимовом стекле лежит в "неудобном" для экспериментов диапазоне длин волн (около 2 мкм) и изучение ее представляет значительные трудности из-за отсутствия чувствительной регистрирующей аппаратуры. Поэтому авторами работы [3] была получена только усредненная за много импульсов информация о гармонике $\omega/2$.)

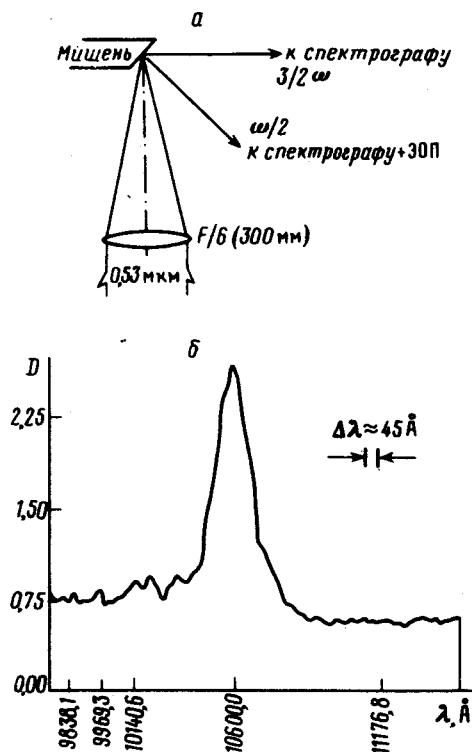
Отметим также, что в настоящее время замечен значительный интерес к экспериментам с коротковолновым греющим излучением [4]. Переход к коротковолновому излучению с одной стороны приводит к увеличению поглощения плазмой, с другой уменьшается доля быстрых электронов, препятствующих сжатию термоядерных мишеней. Наиболее реальным, по крайней мере в ближайшем будущем, является переход к использованию в качестве греющего второй гармоники излучения лазера на неодимовом стекле (530 нм), хотя недавно [5] появилось сообщение о высоком коэффициенте преобразования и в третью гармонику (353 нм). Для таких греющих частот высокие гармоники (2ω и $3\omega/2$) попадают в ультрафиолетовую область спектра, что делает затруднительным их использование для диагностики параметров плазмы. Гармоника $\omega/2$ наоборот переходит в ближний инфракрасный диапазон и может стать эффективным способом исследования.

В настоящем сообщении приводятся первые результаты по обнаружению гармоники $\omega/2$ и одновременному наблюдению гармоники $3\omega/2$ при создании плазмы излучением на длине волны 530 нм. В экспериментах использовалась лазерная установка "Камертон" [6]. Длительность греющего импульса составляла 200 — 300 псек, энергия излу-

чения — до 4 Дж. Для отсечки излучения на основной длине волны (1060 нм), энергия которого достигала 20 Дж, использовалась кювета с раствором CuSO_4 . Пропускание кюветы для 1060 нм было не более 10^{-17} , а на длине волны 530 нм $\sim 0,5$.

Фокусировка излучения на мишень осуществлялась линзой с фокусным расстоянием 300 мм и относительным отверстием 1:6. Размер фокального пятна на мишени составлял от 30 до 60 мкм.

В качестве мишеней использовались диски из полиэтилена $(\text{CH}_2)_n$. Греющее излучение падало на мишень под углом 45° к нормали, наблюдение гармоники $\omega/2$ осуществлялось по нормали к мишени, а гармоники $3\omega/2$ — в направлении зеркальном относительно греющего излучения (рис. 1, а).



а — Схема эксперимента; б — денситограмма спектра гармоники $\omega/2$

Для регистрации $\omega/2$ использовался автоколлимационный призмный спектрограф на базе камеры УФ-90 и электронно-оптический преобразователь, работающих в режиме затвора. Полное увеличение при отображении плазмы на щель спектрографа и далее через ЭОП на фотопленку равнялось 9,6. Чувствительность в канале измерения $\omega/2$ была достаточна для регистрации континуума в спектре плазмы в диапазоне длин волн 1000 — 1100 нм. Дисперсия составляла 20,8 нм/мм.

Для регистрации $3\omega/2$ плазма отображалась на щель монохроматора МДР-4, переведенного в режим спектрографа. Дисперсия в этом канале равнялась 4,2 нм/мм. Чувствительность также была достаточна для регистрации континуума.

Основные результаты экспериментов сводятся к следующему. Порог появления гармоники лежит при интенсивностях греющего излу-

чения $(1+4) \cdot 10^{14}$ Вт/см². Генерация $\omega/2$ сильно зависит от условий фокусировки. Спектральная линия $\omega/2$ сильно уширена (рис. 1,б). В ряде вспышек наблюдалось уширение до 30 – 40 нм как в синюю, так и в красную сторону. Причем это наблюдалось не во всем пятне фокусировки, а в отдельных достаточно малых областях.

Одновременное наблюдение $3\omega/2$ показало, что эта гармоника в гораздо меньшей степени зависит от степени фокусировки на мишень, и наблюдается практически во всех вспышках с интенсивностью более $5 \cdot 10^{13}$ Вт/см².

Отношение интенсивностей гармоник $\omega/2$ и $3\omega/2$ может быть оценено из их соотношения с континуумом в соответствующих спектральных диапазонах. Хотя в одном из каналов использовался ЭОП, динамический диапазон и характеристическая кривая (зависимость почернения от интенсивности) определяются главным образом фотопленкой. Поскольку использовался один и тот же тип фотопленки в обоих каналах, и максимальные почернения были одного порядка, такие относительные оценки достаточно обоснованы. Отсюда, если предположить, что интенсивность континуума $I_K \sim \lambda^{-2}$, следует, что $I_{\omega/2}/I_{3\omega/2} \lesssim 10^{-1}$.

Имеются некоторые отличия в форме линии $3\omega/2$ при использовании в качестве греющего излучения 530 нм по сравнению с результатами работы [7], где использовалось излучение на 1060 нм. Гармоника $3\omega/2$ в нашем случае не имеет двухкомпонентной структуры. Возможно, это связано с геометрией эксперимента, которая была выбрана близкой к оптимальной для наблюдения гармоники $\omega/2$.

В заключение авторы выражают признательность В.Т.Тихончуку за полезные обсуждения и В.П.Дегтяревой за помощь в обработке результатов.

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

Поступила в редакцию
28 августа 1980 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, В.Ю.Быченков и др. Квантовая электроника, 6, 1829, 1979.
- [2] Ю.В. Афанасьев, Н.Г.Басов, О.И.Крохин и др. Итоги науки и техники. Серия Радиотехника, М., ВИНТИ, 17, 237, 1978.
- [3] I.L.Bobin, M.Decroisette, V.Meyer, Y.Vitel. Phys. Rev. Lett., 30, 594, 1973.
- [4] Laser Focus, 16, 38, 1980
- [5] Laser Focus, 16, 34, 1980.
- [6] E.D.Bulatov, K.L.Vodop'yanov, A.V.Kil'pio, et al. XIII European conference on laser interaction with matter, p. 33 Leipzig, GDR, 1979.
- [7] А.И.Авров, В.Ю.Быченков, О.И.Крохин и др. ЖЭТФ, 72, 970, 1977.