

НАБЛЮДЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ПОЛЯ В ИЗЛУЧЕНИИ ВЫНУЖДЕННОГО РАССЕЯНИЯ МАНДЕЛЬШТАМА – БРИЛЛЮЭНА

В.И.Беспалов, А.А.Бетин, Г.А.Пасманик, А.А.Шилов

Обнаружены временные осцилляции амплитуды и фазы поля ВР, связанные с шумовой природой этого явления.

1. Излучение вынужденного рассеяния (ВР) обусловлено экспоненциальным нарастанием затравочных (спонтанных) шумов в частотной полосе и телесном угле, определяемыми соответственно временем релаксации τ возмущений показателя преломления и геометрическими размерами области нелинейного взаимодействия [1, 2]. Вследствие этого в излучении ВР должны проявляться свойства шума. Тем не менее, несмотря на большое число спектральных исследований [3 – 5], случайный во времени характер изменения поля ВР экспериментально не наблюдался. В то же время случайные осцилляции рассеянного излучения, связанные с шумовой природой этого явления, могут оказать существенное влияние на работу широко исследуемых в последнее время разнообразных схем формирования оптического излучения на основе ВР (см., например, [6]).

В настоящей работе выявлены условия наблюдения и обнаружены временные осцилляции поля ВР Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ). Амплитудная модуляция поля была зарегистрирована как в отсутствие селекции поперечных мод усиливаемого стоксова излучения, так и в условиях, когда такая селекция существенна. Используя смешение двух независимо рассеянных световых пучков, наблюдалась также фазовая модуляция излучения ВР.

Во всех экспериментах накачкой служила вторая гармоника излучения одночастотного неодимового лазера с дифракционной расходимостью ($d_H = 2,5$ мм, $t_H = 25$ нсек). Регистрация осциллограмм осуществ-

влялась фотозлементом ФЭК-13 и осциллографом И2-7 (временное разрешение ~ 1 нсек).

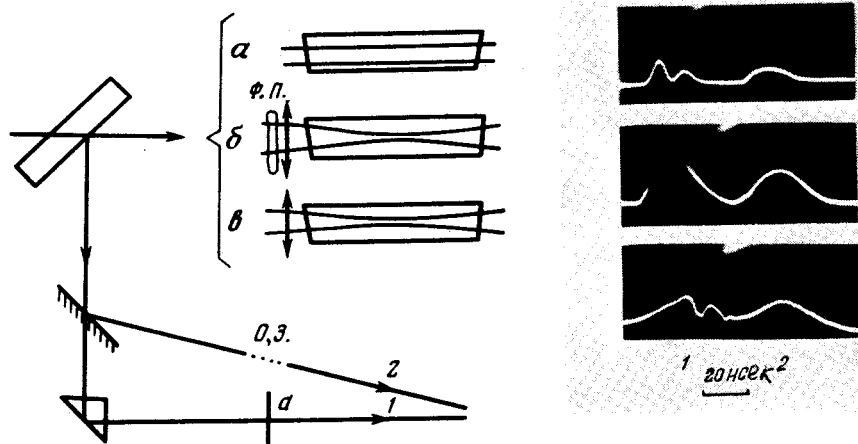


Рис. 1. На фотоприемник подается стоксово излучение, прошедшее диафрагму d диаметром $0,5$ мм (1), а через оптическую задержку (ОЗ) — интегральная по сечению пучка мощность (2)

2. Шумовой характер рассеянного излучения проще всего наблюдать в отсутствие селекции его поперечных мод (рис.1, а). В поле одномодового коллимированного пучка накачки спонтанные шумы нарастают в полосе частот $\Delta\omega = 2 / \sqrt{M} \tau$ и в телесном угле, определяемым отношением диаметра пучка накачки к длине рассеивающей среды ($M = 25$ — полный инкремент ВР). При этом в случае достаточно короткого рассеивающего слоя формируется пространственно-некогерентное стоксово излучение [7]. Однако длительность обычных гигантских лазерных импульсов ($t_H \approx 20 \pm 30$ нсек) превосходит время корреляции излучения ВРМБ $\tau_K = 2 \sqrt{M} \tau$ лишь в несколько раз. Это приводит к тому, что усредненное во времени поперечное распределение интенсивности стоксова излучения представляет не замытую, а еще довольно контрастную пространственно-неоднородную структуру.

По изменению поперечной структуры пучка за длительность импульса можно судить о статистических свойствах рассеянной волны.

Для исследования статистики стоксова излучения последнее подавалось на фотоприемник через диафрагму, диаметр которой приблизительно соответствовал размеру поперечной неоднородности поля. В то время как интегральный по сечению пучка стоксов импульс всегда был гладким, в излучении, прошедшем диафрагму, наблюдались случайные в разных реализациях осцилляции (рис.1, а). Это указывает на случай-

ное за длительность импульса изменение поперечного распределения поля рассеянной волны. Количество осцилляций совпадает с оценкой по формуле t_H / τ_K . Таким образом, в условиях данного эксперимента стоксово излучение являлось пространственно некогерентным.

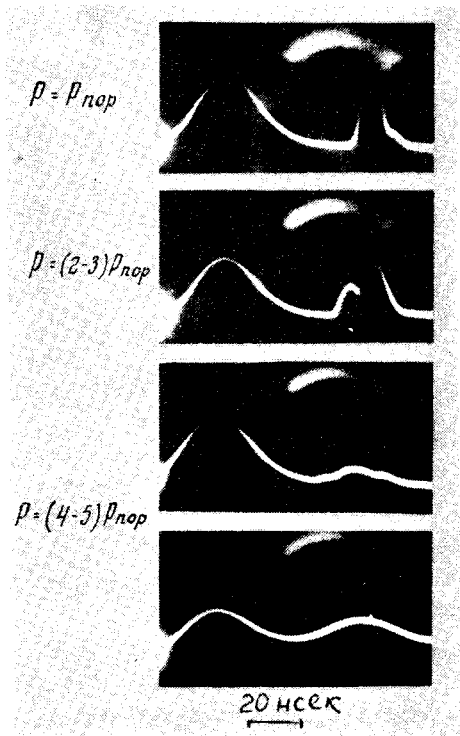


Рис.2. Временные зависимости интегральной по сечению пучка мощности падающего (первый импульс) и рассеянного (второй импульс) излучения. После превышения порога ВР наблюдаются амплитудные осцилляции мощности стоксова излучения, которые при дальнейшем увеличении уровня накачки постепенно сглаживаются вследствие эффектов насыщения

3. Для исследования влияния пространственной селекции на временные характеристики стоксова излучения лазерный пучок фокусировался в кювету с ацетоном и на его пути располагалась фазовая пластинка (ФП), увеличивающая расходимость до величины $\sim 6 \cdot 10^{-3}$ рад (рис.1, б). В этих условиях происходило обращение волнового фронта

стоксова излучения, а осциллограммы в пучках 1 и 2 всегда совпадали между собой (рис.1, б). Это указывает на то, что при дискриминации инкрементов усиливаемых стоксовых мод рассеянное излучение является пространственно когерентным. В этом эксперименте оказалось возможным также наблюдение амплитудной модуляции излучения вблизи порога ВР, связанной с флуктуациями мощности затравочных спонтанных шумов (рис.2).

4. Интересно отметить, что в отсутствии ФП (рис.1, в) в поле одно-модового сфокусированного пучка накачки приблизительно той же мощности в излучении, прошедшем диафрагму, наблюдались осцилляции интенсивности, хотя в интегральной по сечению пучка мощности они отсутствовали¹⁾. Превышение порога ВР в этом случае было существенно выше, чем в предыдущем, и составляло от 30 до 200. Поперечное распределение интенсивности стоксова излучения в ближней и дальней зонах также отличалось от случая использования ФП наличием вокруг основного ядра кольца, содержащего (по данным фотометрирования) не более 15% энергии. Полученные результаты указывают на существование в рассеянном излучении, кроме основной, по крайней мере, еще одной поперечной моды с независимыми временными осцилляциями поля. Происхождение этой моды может быть связано с недостаточной дискриминацией инкрементов усиливаемых стоксовых мод в области фокальной перетяжки линзы, что, возможно, обусловлено искажением пространственного распределения накачки по сравнению с гауссовым вследствие большого превышения порога ВР или аберрациями, вносимыми оптическими элементами. Отсутствие осцилляции в интегральной мощности стоксовой волны связано, по-видимому, с усреднением, сводящимся фактически к суммированию мощностей двух мод.

5. В то же время в этих условиях случайная фазовая модуляция в стоксовом излучении сохраняется. Для ее наблюдения лазерный луч разбивался на два луча двояколучепреломляющим шпатовым клином К1 (рис.3). После их фокусировки ($F = 66$ см) в кювету ($L = 20$ см) с ацетоном или четыреххлористым углеродом (пучки в кювете не перекрывались) возбуждались две рассеянных стоксовых волны с ортогональными поляризациями. Поскольку фазы этих волн осциллируют независимо, то, складываясь на шпатовом клине К1, рассеянные волны собирались в световой пучок со случайно изменяющимся во времени состоянием поляризации. Часть этого пучка, ответвленная расположенной почти нормально к нему делительной пластинкой П, подавалась на фотоприемник через второй шпатовый клин К2 (первый импульс) и оптическую задержку (ОЗ) (второй импульс). В результате фазовая модуляция рассеянного излучения переводилась в амплитудную. Соответствующие осциллограммы (рис.3) указывают на случайный во времени

¹⁾ Вблизи порога ВР в интегральной мощности рассеянного излучения изредка наблюдалась случайная модуляция, но с превышением порога, хотя рассеянный импульс удлинялся до импульса накачки, такая модуляция практически не наблюдалась

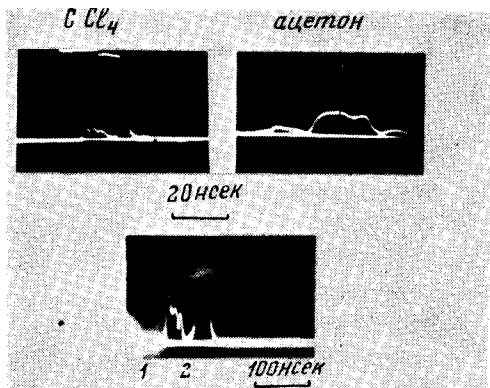
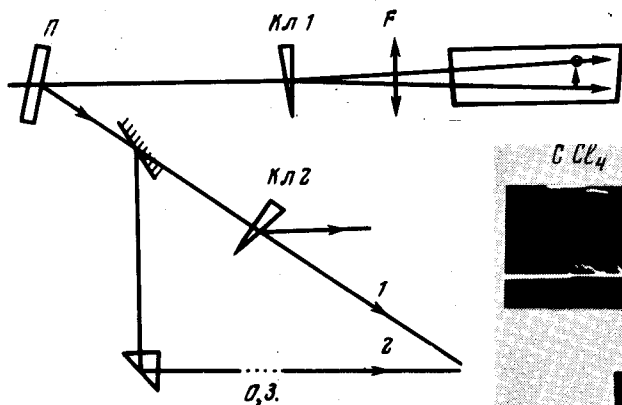


Рис. 3. На верхней фотографии приведены осциллограммы поляризованной части стоксова излучения. На нижней — осциллограмма стоксова импульса в одной (1) и обеих (2) поляризациях при ВРМБ в ацетоне

характер этой модуляции, причем, как показали сравнительные исследования ВРМБ в четыреххлористом углероде и ацетоне, масштаб модуляции тем меньше, чем меньше время релаксации гипрэзвука.

Авторы благодарны И.Г.Зубареву и В.Г.Сидоровичу за обсуждение результатов работы.

Институт прикладной физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
14 апреля 1980 г.

Литература

- [1] С.Л.Танг. J. Appl. Phys., **37**, 2945, 1966.
- [2] В.И.Беспалов, А.М.Кубарев, Г.А.Пасманик. Изв. высш. уч. зав., сер. Радиофизика, **13**, 1433, 1970.
- [3] А.В.Мосалов, В.А.Чирков. Краткие сообщения по физике, №1, 3, 1977.
- [4] Е.А.Морозова, А.И.Соколовская, М.М.Сущинский. ЖЭТФ, **65**, 2161, 1973.
- [5] В.И.Ищенко, В.И.Лисицын, А.М.Ражев, С.Г.Раутиан, А.М.Шалагин. Письма в ЖЭТФ, **19**, 669, 1974.
- [6] И.Г.Зубарев. Сб. Обращение волнового фронта оптического излучения в нелинейных средах. Изд. ИПФ АН СССР, г.Горький, 1979, стр.92.
- [7] А.А.Бетин, Г.А.Пасманик. Квантовая электроника, **3**, 2215, 1976.