

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 535.32+621.373 : 535

О НАРУШЕНИИ ОБРАЩЕНИЯ ВОЛНОВОГО ФРОНТА
ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ВРМБ
НЕКОГЕРЕНТНЫМ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Васильев М. В., Семенов П. М., Сидорович В. Г.

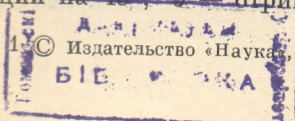
1. В [1] экспериментально доказано, что при вынужденном рассеянии Манделъштама—Бриллюэна (ВРМБ) нестационарный волновой фронт света может обращаться с дифракционной точностью. Это происходит, если достаточно малы изменения формы обрабатываемого волнового фронта за время затухания гиперзвука в рассеивающей среде [2, 3]. В [2, 3] рассчитана минимальная быстрота изменений фронта некогерентной световой волны, при которой обращение нарушается из-за того, что инкремент обращенной моды вынужденно рассеянного стоксова излучения становится меньше инкремента необращенной составляющей рассеянного света. В данной работе экспериментально наблюдалось нарушение обращения волнового фронта (ОВФ) некогерентного света при условиях, предсказанных [2, 3].

2. Обрабатываемое некогерентное оптическое излучение с нестационарным волновым фронтом создавалось следующим образом. Одномодовый одночастотный лазерный пучок пропусклся через растр из трех стеклянных клиньев, который разделял его на три пучка. Пучки попадали в отдельные кюветы с ацетоном и возбуждали там ВРМБ с ОВФ. У кювет были двойные стенки, между которыми циркулировали потоки воды с заданными температурами (19, 30, 41 °С или 19, 23, 27 °С). Так как скорость гиперзвука в ацетоне зависит от температуры [4], то стоксовы волны, вынужденно рассеянные в кюветах, обладали различными частотами (в первом случае интервал между частотами составлял $\Delta \approx 160$ МГц, а во втором $\Delta \approx 60$ МГц). После обратного прохождения через растр стоксовы пучки становились параллельными. Суммарный стоксов пучок имел три разночастотных сектора с плоскими волновыми фронтами. В результате пропускания этого пучка через рассеивающую стеклянную пластинку секторы с разными частотами приобретали независимые спекл-неоднородные структуры.

Полученный пространственно некогерентный пучок фокусировался линзой в исследуемую кювету с четыреххлористым углеродом, где он возбуждал ВРМБ. Распределения энергий по поперечным сечениям некогерентного возбуждающего пучка и стоксова пучка, вынужденно рассеянного в исследуемой кювете, контролировались фотографически. Об отсутствии ОВФ в соответствии с [2, 3] можно было судить по отражению от кюветы только одной из трех спектральных компонент возбуждающего пучка.

Ширина линии спонтанного рассеяния Манделъштама—Бриллюэна в CCl_4 равна $\Gamma \approx 420$ МГц на уровне 0.5, поэтому при $\Delta \approx 160$ МГц, когда $\Delta/\Gamma \approx 0.38$, ОВФ должно было нарушаться, а при $\Delta \approx 60$ МГц ($\Delta/\Gamma \approx 0.14$) качество ОВФ должно быть почти такое же, как при $\Delta = 0$ [3].

3. Схема установки изображена на рисунке 1, где: 1 — одномодовый одночастотный лазер на стекле (длительность импульса 70 нс, вектор электрического поля ортогонален к плоскости рисунка); 2 — клин из исландского шпата с оптической осью, ортогональной к преломляющему ребру; 3 — вентиль Фарадея; 4 — пластинка из кристаллического кварца, поворачивавшая плоскость поляризации на 45°; 5 — отрицательная линза с $F \approx -2$ м; 6 — клин из исланд-



ского шпата; 7 — активный элемент из стекла, активированного неодимом; 8 — ромб Френеля; 9 — зеркало с коэффициентом отражения 98%; 10 — растр из трех стеклянных клиньев; 11 — травленная в плавиковой кислоте стеклянная пластинка; 12, 13, 14 — термостабируемые кюветы с ацетоном (передние окна кювет — плосковыпуклые линзы с $F \approx 12$ см); 15 — ромб Френеля; 16 — диафрагма, отсекающая необращенную составляющую излучения, рассеянного в кюветах 12, 13, 14; 17 — рассеивающая пластинка с диаграммой направленности шириной $3 \cdot 10^{-3}$ рад; 18 — исследуемая кювета с CCl_4 (перед кюветой установлена линза с $F \approx 20$ см); 19 — фотокамера, в которую клин 20 направлял часть излучения, вынужденно рассеянного в исследуемой кювете 18, а также часть излучения возбуждающего пучка, отраженного от передней грани ромба Френеля 15; калориметр 21 контролировал энергию некогерентного возбуждающего пучка.

4. В ходе эксперимента сначала был измерен порог насыщения ВРМБ в исследуемой кювете при когерентном возбуждающем пучке. Для этого перекры-

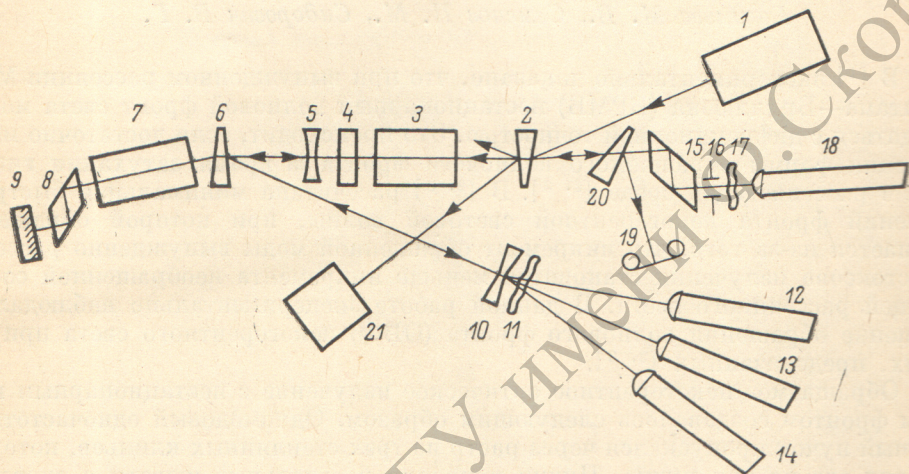


Схема экспериментальной установки.

вались две из трех вспомогательных кювет с ацетоном, и энергия возбуждающего пучка увеличивалась до тех пор, пока эффективность ВРМБ в кювете 18 не достигала $1 \div 2\%$. Определенная таким образом пороговая энергия составила $E_{\text{п}} \approx 0.12$ Дж.

Измерение быстрогодействия исследуемого ВРМБ-зеркала проводилось в условиях, когда каждая из спектральных компонент возбуждающего пучка имела энергию, превосходившую $E_{\text{п}}$, причем энергии компонент отличались друг от друга не более, чем в 1.5 раза. Одинаковость энергий спектральных компонент контролировалась фотометрически по блику от передней грани ромба Френеля 15, попадавшему в камеру 19.

При $\Delta/\Gamma \approx 0.38$ порог насыщения ВРМБ составил $0.25 \div 0.27$ Дж, что согласуется с расчетом [3]. Когда этот порог превышался в $1.5 \div 2$ раза, от исследуемого гиперзвукового зеркала отражалась только наиболее мощная из трех спектральных компонент возбуждающего излучения. При больших превышениях порога отражались все три компонента, однако с различными коэффициентами отражения. Это указывает на то, что ОВФ некогерентного возбуждающего пучка отсутствовало.

Фотометрирование снимков показало, что поперечный размер участков Стокса пучка, соответствующих его различным спектральным компонентам, был примерно таким же, как в возбуждающем пучке. Так как фотокамера 19 располагалась на расстоянии около 1 м от исследуемой кюветы 18, то это означает, что волновые фронты отдельных спектральных компонент обращались, несмотря на отсутствие ОВФ некогерентного пучка в целом [2, 3].

При $\Delta/\Gamma \approx 0.14$ наблюдалось отражение всех спектральных компонент воз-

буждающего пучка с одинаковым коэффициентом отражения, что также согласуется с расчетом [3].

Таким образом, проведенный эксперимент показал пригодность теории [2, 3] для расчета быстрого действия ВРМБ-зеркал.

Авторы благодарны Г. А. Пасманику за ценные обсуждения.

Литература

- [1] Бубис Е. Л., Васильев М. В., Лещев А. А., Пасманик Г. А., Сидорович В. Г., Шилов А. А. *Опт. и спектр.*, 1982, т. 52, в. 6, с. 1950.
- [2] Сидорович В. Г. В сб.: *Обращение волнового фронта излучения в нелинейных средах*, Горький, 1982, с. 160.
- [3] Сидорович В. Г. В сб.: *Оптическая голография*. Л.: Наука, 1983, с. 64.
- [4] Фабелинский И. Л. *Молекулярное рассеяние света*. М.: Наука, 1965.

Поступило в Редакцию 16 августа 1983 г.

УДК 621.373 : 535

Опт. и спектр., т. 56, в. 2, 1984

ВРМБ-КОМПРЕССИЯ ИМПУЛЬСОВ СВЕТА С КРАТКОВРЕМЕННОЙ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Паперный С. Б., Старцев В. Р.

Процесс сжатия импульсов света с повышением их мощности при встречных вынужденных рассеяниях (ВР-компрессия) сводится по существу к усилению короткого стока импульса длительностью T_c в поле длинного импульса накачки — T_n ($T_c \ll T_n$), при их взаимодействии в нелинейной среде длиной $L \approx T_n \cdot c/2$ [1]. Эффективность усиления во многом определяется начальной интенсивностью стока импульса и крутизной его переднего фронта [2, 3].

В известных нам экспериментальных работах [4-7], посвященных исследованию ВР-компрессии, усиливаемый сток импульс формировался от уровня шумов спонтанного рассеяния, что приводило, в частности, к ограничению его максимальной мощности на выходе [7, 8].

В данной работе продемонстрирована возможность осуществления компрессии при вынужденном рассеянии Мандельштама—Бриллюэна (ВРМБ) в условиях, когда усиливаемый сток импульс не развивается из шумов спонтанного рассеяния, а формируется прямо внутри импульса накачки с помощью фазосдвигающей ячейки.

Суть предлагаемого подхода поясним на следующем примере.

Рассмотрим распространяющийся в нелинейной среде прямоугольный импульс, частота которого изменяется во времени. Вблизи его переднего фронта, в течение времени $T_c \ll T_n$, она равна ω_c (стока затравка), а на остальной части — ω_n (накачка), причем $\omega_n - \omega_c = \omega_0$, ω_0 — сток сдвиг ВРМБ в среде. Пусть импульс с указанным изменением частоты во времени отражается от дальней (по ходу распространения излучения) границы среды. Тогда в области пересечения излучения с частотами ω_n и ω_c возбудится гиперзвуковая волна. Отразившееся от нее излучение накачки имеет частоту ω_c , т. е. стока затравка будет усиливаться по мощности. Если интенсивность затравки достаточно велика, то на длине стока импульса $l = T_c \cdot c$ будет происходить полное преобразование энергии накачки в сток излучения. Необходимая для этого величина интенсивности — I_c составляет [1]

$$I_c = I_{c0} \sim 2/\Gamma T_c c, \quad (1)$$

где Γ [см/МВт] — фактор усиления, характеристика среды.

В результате большая часть энергии накачки сконцентрируется в коротком импульсе, мощность которого в $K \sim T_n/T_c$ раз больше мощности исходного излучения.