

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА И САМОФОКУСИРОВКА
СВЕТА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ КОМБИНАЦИОННОМ РАССЕЯНИИ

А. И. Соколовская, Г. Л. Бреховских, А. Д. Кудрявцева,
Н. В. Окладников

УДК 535.375.55

Показано экспериментально, что компенсация оптических неоднородностей среды и явление восстановления волнового фронта при вынужденном комбинационном рассеянии назад нарушаются при концентрации подавляющей части энергии, преобразованной в ВКР, в области самофокусировки.

При возбуждении лазерным пучком света вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) в жидком азоте в определенном интервале энергий накачки в направлении, противоположном распространению лазерного излучения, на выходе из кюветы наблюдалось явление восстановления яркости, расходимости и распределения интенсивности пучка ВКР "назад" до значений, близких к параметрам пучка накачки, и одновременно в кювете с жидким азотом наблюдалось явление самофокусировки как возбуждающего света, так и ВКР /1/. При этом самофокусировка ВКР света развивалась самостоятельно: области самофокусировки ВКР света и накачки не были подобными и имели различные энергетические интервалы существования. При введении в возбуждающий пучок света трехмерного транспаранта было получено его объемное изображение в пучках ВКР, вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна и крыла линии Релея в ряде веществ при возбуждении импульсами длительностью $2 \cdot 10^{-8}$ и $2 \cdot 10^{-11}$ с *).

*) Эксперименты при возбуждении ВР импульсами длительностью $2 \cdot 10^{-11}$ с были выполнены совместно с сотрудниками Технологического института г. Анже (Франция) Ж. Ривуа, Ж. Газенжелем, Нг. Фу Суаном.

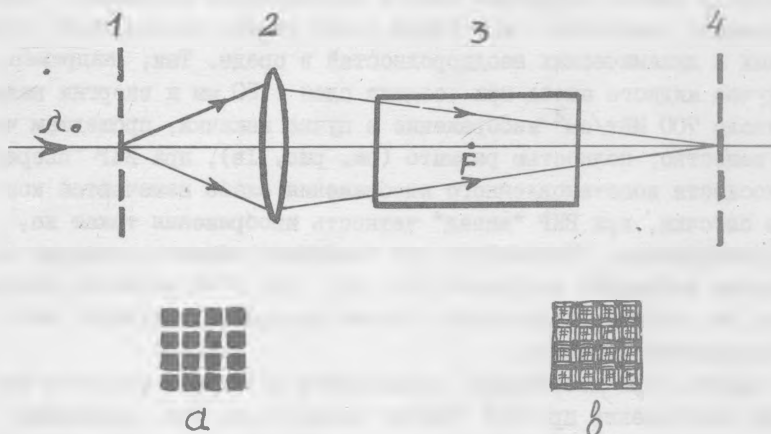
В ограниченном снизу и сверху интервале энергий явление самофокусировки не исключало явления восстановления волнового фронта света /2,3/.

С целью выяснения связи между величиной интервала энергий, где существует эффект восстановления волнового фронта света при ВКР, и явлением самофокусировки, в настоящей работе проведено экспериментальное изучение самофокусировки возбуждающего излучения и ВКР и восстановления волнового фронта света при ВКР. В качестве объектов исследования использовались вещества с сильно отличающимися величинами постоянной Керра: жидкий азот, нитробензол и монокристалл кальцита. Кристаллы ориентировали так, что возбуждающее излучение распространялось вдоль его оптической оси. ВКР возбуждалось гигантским импульсом одномодового рубинового и второй гармоникой неодимового лазеров. Единичный импульс имел длительность ~ 20 нс и мощность ~ 30 МВт.

Для наблюдения самофокусировки света сечения пучков лазерного излучения и ВКР, распространяющегося в направлении возбуждающего излучения, т.е. вперед, фотографировались с 10-кратным увеличением в нескольких миллиметрах от выходного (переднего) окна внутри кюветы с веществом. Сечения пучков ВКР, распространяющихся навстречу лазерному излучению ("назад") и ВРМБ фотографировались внутри кюветы недалеко от входного (заднего) окна кюветы /1/.

Использовался также другой метод, позволяющий судить о степени оптической однородности рассеивающей среды. На фотопластинку снималось изображение объекта-сеточки, освещенного лазерным излучением, которое строила линза. На пути лучей к фотопластинке ставилась кювета с рассеивающим веществом (рис. 1). По виду изображения на фотопластинке можно было судить о фазовых и амплитудных искажениях волнового фронта света, прошедшего через вещество. При изменении плотности мощности лазерного излучения в случае однородного распределения интенсивности в сечении пучка наблюдались следующие картины в плоскости изображения (см. рис. 1). При небольшой мощности лазерного излучения изображение объекта не изменялось при введении в пучок оптически однородного вещества (рис. 1а). При увеличении мощности пучка возбуждающего излучения мы наблюдали новое явление. После прохождения пучка

света накачки через вещество оставались только слабые сферические волны, источниками которых являлась каждая точка освещенного объекта. Эти волны давали изображение контуров сеточки. Наиболее интенсивная часть пучка возбуждающего излучения исчезала,



Р и с. 1. Схема установки для наблюдения возмущений показателя преломления, возникающих в среде под действием лазерного излучения: 1 - объект; 2 - линза; 3 - кювета с веществом; 4 - плоскость изображения объекта, а, б - картина распределения интенсивности в плоскости 4 при разной энергии лазерного излучения

преобразовываясь в ВКР. При больших мощностях лазерного излучения волновой фронт лазерного света, проходящего среду, испытывает сильные амплитудные и фазовые возмущения, что приводит к существенному искажению изображения (рис. 1в). Если распределение интенсивности в сечении пучка лазерного излучения, падающего на кювету с веществом, неоднородно, то все картины можно наблюдать одновременно в разных частях пучка.

Для наблюдения восстановления волнового фронта света при ВКР использовалась методика, описанная ранее /1,2/. Сравнение результатов получения изображения объекта на длине волны лазерного излучения после прохождения вещества, при ВКР "вперед", при ВКР "назад" и ВРМБ показало, что в определенном интервале энергий накачки в случае встречных пучков вынужденного рассеяния и возбуждающего излучения происходит почти полная компенсация статических и динамических неоднородностей в среде. Так, например, в случае жидкого азота при толщине слоя 50 мм и энергии накачки около 700 МВт/см^2 изображение в пучке накачки, прошедшем через вещество, полностью размыто (см. рис. 1в), при ВКР "вперед" в плоскости восстановленного изображения слабо намечаются контуры сеточки, при ВКР "назад" четкость изображения такая же, как изображения, полученного при освещении объекта лазерным излучением небольшой мощности (рис. 1а), при ВРМБ четкость изображения не уступает получаемой в пучке лазерного излучения без рассеивающего вещества.

Однако, при достижении определенной плотности мощности накачки изображение при ВКР "назад" искажается, при дальнейшем увеличении плотности мощности совсем исчезает. Во всем изученном интервале изменений энергии накачки, при возбуждении ВКР излучением с длиной волны 6943 \AA у обоих окон кюветы мы наблюдали в пучках ВКР "вперед", ВКР "назад" совокупности областей самофокусировки. Число областей самофокусировки росло, а диаметр уменьшался по мере роста энергии накачки /1/. Наши исследования показали, что процесс самофокусировки ВКР не исключает эффекта восстановления изображения в том случае, если число областей самофокусировки невелико, либо в них концентрируется малая часть энергии. Так, восстановление пучков, диффрагированных на объекте, и пучка, прошедшего объект без отклонения, при возбуждении ВКР длиной волны 6943 \AA при длительности импульса 20 нс наблюдалось в значительно более широком интервале плотности мощности накачки в жидком азоте, чем в нитробензоле. Действительно, по нашим данным в нитробензоле в отличие от жидкого азота при большой плотности мощности возбуждающего излучения почти вся энергия, преобразованная в ВКР, концентрируется в областях самофокусировки, которые несут плотность мощности излучения на порядок больше, чем области ВКР-самофокусировки жидкого азота /4/.

Наиболее широкие границы существования эффекта восстановления получались при отсутствии самофокусировки света. Такие условия были реализованы при возбуждении ВКР в жидком азоте и кальците второй гармоникой неодимового лазера с длительностью импульса 20 нс.

В наших работах /1,2/ и в /5/ было показано, что неоднородность возбуждающего излучения, падающего на кювету с веществом, не является необходимым условием восстановления на выходе из кюветы яркости, расходимости и распределения интенсивности пучка ВР света. Результаты опытов с монокристаллом кальцита, охлажденным до температуры 77 К и сравнение их с результатами опытов для жидкого азота показывают, что восстановление яркости, расходимости и распределения интенсивности пучка ВКР света "назад" происходит, как в оптически однородной так и неоднородной средах.

По существу одни и те же физические механизмы (усиление, эффект Керра, электрострикция и др.) приводят к регистрации и восстановлению волнового фронта света и развитию самофокусировки при вынужденных рассеяниях. Как показали наши исследования, в определенных условиях самофокусировка ВКР света может быть причиной нарушения эффекта восстановления. В связи с этим, вещества, способные давать большую нелинейную добавку к показателю преломления, не являются наилучшими для динамической голографии, особенно когда регистрация и восстановление осуществляются с помощью смешанных амплитудно-фазовых голограмм в усиливающих средах /6,7/. Существуют оптимальные значения коэффициентов усиления и величины нелинейной добавки, когда восстановление волнового фронта осуществляется достаточно эффективно, а самофокусировка ВКР еще не прерывает эффекта восстановления. Эти соображения об оптимальных значениях справедливы, по-видимому, и для растворов красителей /6/ и для нелинейных кристаллов /7/.

Поступила в редакцию
29 мая 1978 г.

Л и т е р а т у р а

Г. А. Д. Кудрявцева, А. И. Соколовская, М. М. Сушинский, ЖЭТФ,
59, 1556 (1970); Краткие сообщения по физике, № 2, 32 (1972).

2. А. И. Соколовская, Г. Л. Бреховских, А. Д. Кудрявцева, ДАН СССР, 233, 356 (1977); 237, 320 (1977).
3. Г. Л. Бреховских, А. И. Соколовская, Краткие сообщения по физике, № 12, 32 (1977).
4. А. Д. Кудрявцева, А. И. Соколовская, Квантовая электроника, 1, 964 (1974).
5. Б. И. Борисов, Ю. И. Крушинин, С. В. Шклярник, Письма в ЖТФ, 4, 160 (1978).
6. Е. В. Ивакин, И. П. Петрович, А. С. Рубанов, Б. И. Степанов, Квантовая электроника, 2, 1556 (1975).
7. А. А. Борщ, М. С. Бродик, Сб. Квантовая электроника, "Наукова Думка", Киев, 1976 г.