

ОБРАЩЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ СУПЕРЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

*В.Г.Коптев, А.М.Лазарук, И.П.Петрович,
А.С.Рубанов*

Экспериментально обнаружен эффект обращения волнового фронта при суперлюминесценции. Для возбуждения суперлюминесценции излучение лазера искажалось неоднородной фазовой пластинкой и фокусировалось в раствор красителя. Часть излучения суперлюминесценции в направлении назад после обратного прохождения искажающей пластинки приобретала исходную расходимость возбуждающего излучения.

Ранее [1 – 3] сообщалось о наблюдении при ВРМБ и ВКР явления обращения волнового фронта, состоящего в том, что поле рассеянного

назад излучения комплексно сопряжено с полем накачки. Это явление обусловлено формированием в нелинейной среде объемной усиливающей динамической структуры (голограммы), преимущественным усилением в которой обладают конфигурации рассеянного поля, коррелированные с полем накачки. Данный эффект, однако, не сводится только к процессам вынужденного рассеяния. Он должен проявляться также и при записи усиливающих динамических голограмм в резонансных средах [4]. В данном сообщении приводятся экспериментальные результаты по наблюдению обращения волнового фронта при суперлюминесценции.

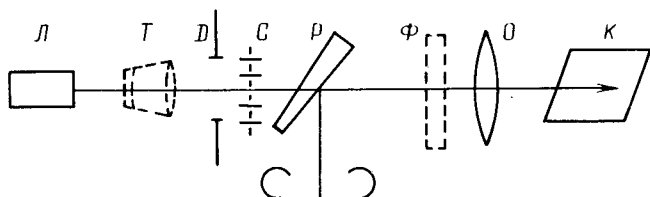


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Для накачки красителя использовался пучок излучения второй гармоники лазера на иттрий-алюминиевом гранате L с длительностью импульса ~ 20 нсек. Диафрагма D диаметром 1,5 мм вырезала центральную часть пучка с угловой расходимостью по полуширине 0,3 мрад. Интенсивность излучения в несфокусированном пучке $I_L \approx 1$ МВт/см². После прохождения элементов оптической схемы излучение фокусировалось ахроматическим объективом O ($F = 37$ мм, апертура 30 мм) в кювету K (длина 50 мм) с этанольным раствором родамина-6 G. Длина волны накачки $\lambda_L = 532$ нм совпадала с центром контура поглощения красителя, коэффициент линейного поглощения на этой длине волны $g_L = 11$ см⁻¹. Излучение суперлюминесценции назад отводилось стеклянным клином P на систему регистрации.

При фокусировке в кювету с красителем неискаженного лазерного пучка угловая расходимость суперлюминесценции назад составляла величину ≈ 1 мрад. Излучение суперлюминесценции занимало довольно широкий спектральный диапазон в области 545 – 565 нм с максимумом в центре полосы люминесценции. Близкие значения расходимости возбуждающего излучения и суперлюминесценции назад свидетельствуют об обращении волнового фронта. В пределах погрешности эксперимента (10 – 15%) все излучение суперлюминесценции назад имело обращенный волновой фронт.

При внесении фазовой пластинки Φ (стекло, травленное в плавиковой кислоте) фронт лазерного пучка искажался с увеличением расходимости примерно в 50 раз (см. рис. 2, б). Расстояния от фазовой пластинки и кюветы до главных плоскостей объектива 185 и 40 мм соответственно. На фотографии (рис. 2, в) представлена дальняя зона излучения суперлюминесценции назад после последовательного прохождения объектива и фазовой пластинки. Как видно из фотографии в дальней зоне излучение суперлюминесценции состоит из центрального яркого пучка

и диффузного ореола. Расходимость центрального пучка 1,1 мрад. Направление распространения, расходимость и интенсивность центрального пучка практически не изменялись при поперечных перемещениях и поворотах фазовой пластинки. Несмотря на то, что средняя плотность энергии в диффузном фоне значительно ниже плотности энергии в центральном пятне, полная энергия фона (в угле $5 \cdot 10^{-2}$ рад) в условиях эксперимента превышала энергию центрального пучка примерно в 5 — 10 раз.

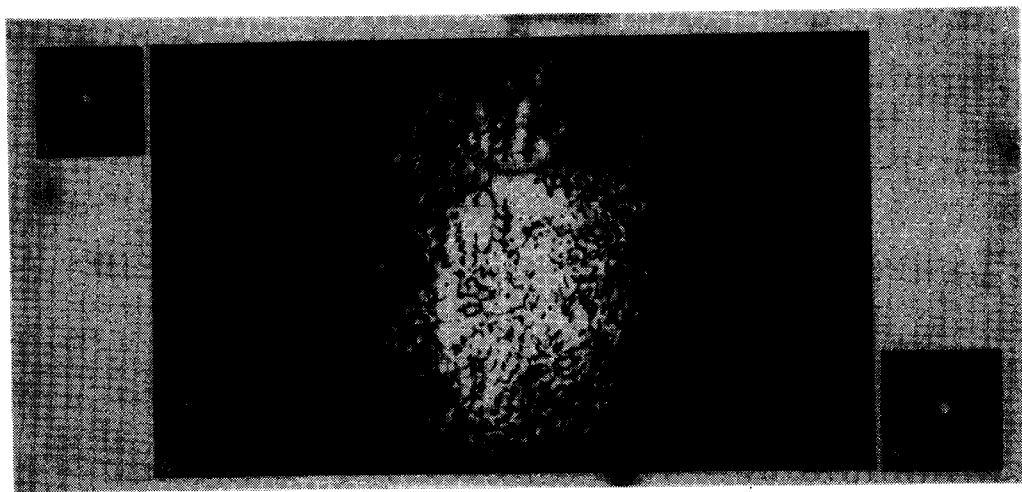


Рис. 2. Дальняя зона излучения: *a* — лазерного пучка, *б* — лазерного пучка, искаженного фазовой пластинкой, *в* — восстановленного поля суперлюминесценции

Полученные результаты показывают, что в излучении суперлюминесценции назад, как и при ВРМБ и ВКР, преимущественным усилением обладает конфигурация поля, комплексно сопряженная полю накачки. Однако, в отличие от ВРМБ и ВКР, при внесении фазовой пластинки дискриминация некоррелированных мод поля суперлюминесценции имеет менее выраженный характер. Данный результат согласуется с теоретическими оценками [5], показывающими, что вследствие сильно нелинейной зависимости от плотности энергии накачки коэффициент усиления обращенной моды в 1,2 — 1,5 раз выше, чем для некоррелированных мод.

Рассмотренный эффект позволяет осуществить восстановление изображений, переносимых излучением накачки. Для этого лазерный пучок расширялся пятикратным телескопом *T* и проходил через диафрагму *D* диаметром 5 мм. Вместо фазовой пластинки в пучок помещалась металлическая сеточка *C* (размер ячейки 0,9 мм, диаметр проволочки 0,25 мм). Изображение сеточки восстанавливалось как при фокусировке излучения в кювету (рис. 3, *a*), так и в том случае, когда фокус объектива находился перед кюветой (рис. 3, *б*). В обоих случаях поперечный размер восстановленного изображения не менялся. Локализация изображения сложным образом зависела от схемы эксперимента.

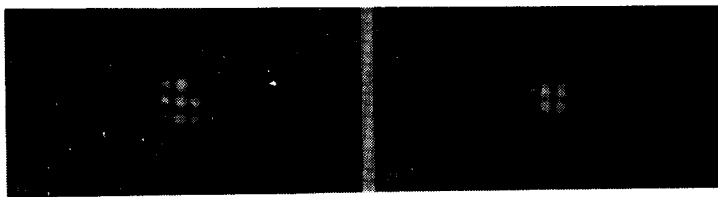


Рис. 3. Фотографии восстановленных изображений при фокусировке излучения в кювете (а) и перед кюветой (б)

Если фокальная перетяжка находится перед кюветой, то вследствие резонансной самофокусировки поле накачки в среде разбивается на ряд непересекающихся каналов. Суперлюминесценция развивается в каждом из них независимо и взаимно некогерентно. Поэтому глубина резкости восстановленного изображения невелика (~ 1 см), а его локализация близка к локализации изображения передней стенки кюветы, построенного линзой.

По мере углубления фокуса объектива внутрь кюветы, расстояние от главной плоскости объектива до восстановленного изображения увеличивается, приближаясь к расстоянию до объекта. Восстановленное изображение имеет большую глубину резкости ~ 10 см. Небольшая точность измерения места локализации изображения не позволила сравнить наши результаты с результатами работ по восстановлению динамических голограмм с использованием ВРМБ и ВКР [6, 7].

Результаты данной работы показывают, что эффект обращения волнового фронта может наблюдаться в широком классе резонансных сред.

Институт физики
Академии наук Белорусской ССР

Поступила в редакцию
17 августа 1978 г.

Литература

- [1] Б.Я.Зельдович, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский, Ф.С.Файзулов. Письма в ЖЭТФ, 15, 160, 1972.
- [2] Б.Я.Зельдович, Н.А.Мельников, Н.Ф.Пилипецкий, В.В.Рагульский. Письма в ЖЭТФ, 25, 41, 1977.
- [3] В.Н.Блащук, Б.Я.Зельдович, Н.А.Мельников, Н.Ф.Пилипецкий, В.И.Поповичев, В.В.Рагульский. Письма в ЖЭТФ, 3, 211, 1977.
- [4] Е.В.Ивакин, И.П.Петрович, А.С.Рубанов, Б.И.Степанов. Квантовая электроника, 2, 1556, 1975.
- [5] А.М.Лазарук. Квантовая электроника (в печати).
- [6] Г.Л.Бреховских, А.И.Соколовская. Краткие сообщ. по физике, №12, 32, 1977.
- [7] А.И.Сokolovskaya, G.L.Brekhovskikh, A.D.Kudryavtseva. Opt. Comm., 24, 74, 1978.