

УДК 535.375.55

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРАНСПАРАНТОВ И ФАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ФУРЬЕ-СПЕКТРУ ПРИ ВЫНУЖДЕННЫХ РАССЕЯНИЯХ СВЕТА

А. Д. Кудрявцева, А. И. Соколовская, Н. В. Чернега,
Ж. Ривуар¹, Н. Ф. Суан¹, С. Эр-раймейни¹

Получено восстановление изображений амплитудных и визуализация изображений фазовых объектов, освещенных лазерными импульсами длительностью 10^{-9} и 10^{-11} сек, в пучках ВКР "назад" и ВРМБ по их Фурье-спектру. Одновременно показана новая возможность обработки восстановленных изображений методами нелинейной оптики.

В настоящее время известен целый ряд способов восстановления и обработки изображения методами нелинейной оптики и динамической голографии. Например, при освещении амплитудного или фазового объектов лазерными импульсами обнаружено восстановление сложного амплитудно-фазового распределения светового поля накачки, а также голографического изображения объекта и его Фурье-спектра [1] в пучках вынужденных рассеяний (ВР). Восстановление происходило в результате формирования в активной среде восстанавливающей волны ВР и ее дифракции на динамической голограмме, записанной накачкой в виде вариаций инкремента усиления [2]. Позднее было показано, что восстановление изображения возможно и в том случае, если динамическая голограмма отсутствует, а в рассеивающей среде вместо голограммы фиксируется действительное изображение транспаранта в пучке накачки путем записи пространственного распределения инкремента усиления [3].

В настоящей работе впервые получено восстановление изображений амплитудных и визуализация изображений фазовых объектов, освещенных импульсом лазерного излучения пикосекундного и наносекундного диапазона длительностей, в пучках ВКР

¹Университет г. Анже (Франция).

"назад" и ВРМБ при проектировании Фурье-спектра изображения объекта в пучке накачки на входную границу активной среды.

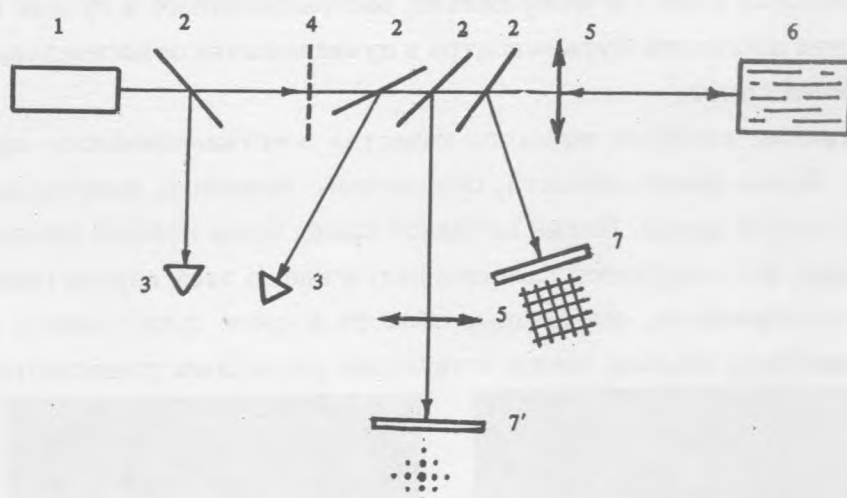


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - импульсный лазер, 2 - стеклянная пластинка, 3 - система регистрации энергии, 4 - объект, 5 - линза, 6 - кювета с нелинейной средой, 7, 7' - система регистрации изображения и Фурье-спектра.

Рассеивающими средами служили ацетон, бензол, нитробензол, циклогексан. Толщина слоя активной среды варьировалась от 3 до 100 мм. Для возбуждения ВРМБ в этих средах использовался гигантский импульс рубинового лазера длительностью 20 нсек, максимальной энергией 0,7 Дж при длине волны 0,69 мкм. ВКР "назад" возбуждалось второй гармоникой одномодового $Nd:YAG$ лазера, работающего в режиме синхронизации мод; длительность одиночного импульса 25 псек, максимальная энергия 5 мДж при длине волны 0,53 мкм. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Лазерный импульс освещал объект (4). Его Фурье-спектр проектировался в активную среду (6) линзами (5) с различными фокусными расстояниями (использовались линзы с фокусными расстояниями от 3 до 15 см). Объект устанавливался перед линзой на расстоянии, равном фокусному. В качестве амплитудных объектов использовались металлические транспаранты с толщиной проволочек от 0,1 до 0,5 мм и ячейками от 0,1 до 1,5 мм. Фотографические изображения сеточек, обработанные по специальной отбеливающей методике, использовались в качестве фазовых объектов.

Энергии лазерного импульса, импульсов ВКР или ВРМБ измерялись в каждой лазерной вспышке с помощью калиброванных фотодиодов (3). Пространственное распределение интенсивности ВР в плоскости изображения регистрировалось ПЗС матрицей,

сопряженной с компьютером, или на фотопластинку (7). Одновременно регистрировался Фурье-спектр восстановленного изображения (7').

Исследовалось качество изображения, восстановленного в пучках ВР, в зависимости от положения плоскости Фурье-спектра в пучке накачки относительно входной границы рассеивающей среды.

Изображение наиболее высокого качества восстанавливалось при ВР в том случае, когда Фурье-спектр объекта, освещенного лазерным импульсом, проектировался на вход активной среды. Длина активной среды была меньше длины фокальной перетяжки линзы, фокусирующей лазерное излучение. В этом случае для объектов, используемых в эксперименте, освещенные области в среде представляли собой дискретные непересекающиеся объемы, соответствующие различным компонентам Фурье-спектра.

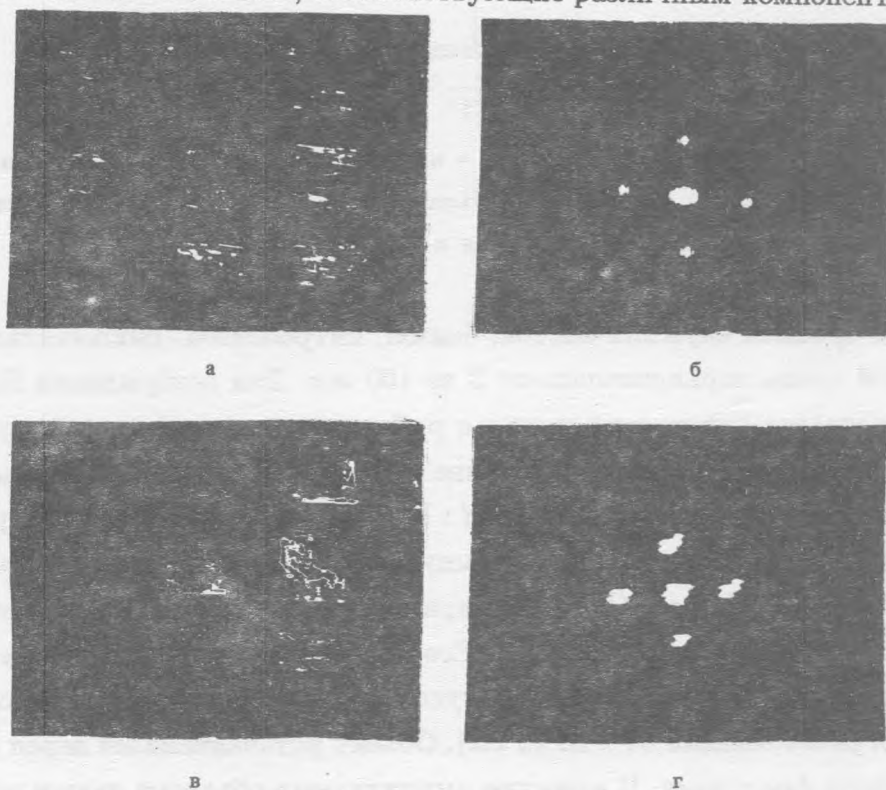


Рис. 2. а) Изображение амплитудного объекта (сеточки), восстановленное при ВКР "назад" в ацетоне. б) Фурье-спектр восстановленного изображения. в) Изображение объекта, полученное в лазерном свете. г) Фурье-спектр объекта-сеточки, освещенного лазерным излучением.

В качестве примера на рис. 2 а, б показаны зарегистрированные ПЗС-матрицей изображение амплитудного объекта – транспаранта и его Фурье-спектр, восстановленные

при ВКР "назад" в ацетоне. На рис. 2 (в, г) приведено изображение объекта и его Фурье-спектр, полученные в лазерном излучении. Длина активной среды равнялась 7 мм, а фокусное расстояние используемой линзы – 100 мм. Коэффициент преобразования волны накачки в волну ВКР "назад" составлял 40%. Изменение положения Фурье-спектра относительно границы активной среды приводило к ухудшению качества восстановленного изображения.

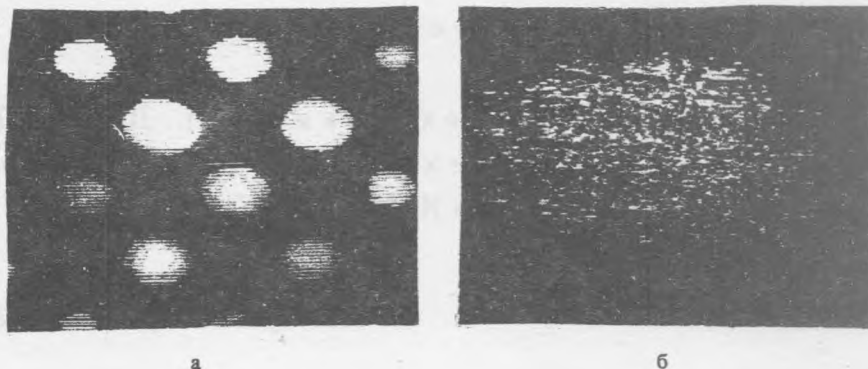


Рис. 3. а) Изображение фазового объекта, восстановленное при ВКР "назад" в ацетоне. б) Изображение фазового объекта в лазерном свете.

Изменение энергии лазерного излучения меняет структуру изображения, восстановленного при ВР, от изображения с инверсией контраста до изображения оригинала объекта высокого качества. Процесс восстановления изображения в условиях эксперимента может быть представлен следующим образом (рис. 1). Лазерный импульс, освещающий объект 4, задает распределение электромагнитного поля в плоскости объекта, а линза 5 осуществляет Фурье-преобразование изображения 4 и проектирует полученный Фурье-спектр в нелинейную среду. В нелинейной среде происходит преобразование волны накачки в волну ВР и одновременно, в основном из-за высокочастотного Керр-эффекта, изменяется фаза стоксовой волны. Обратное Фурье-преобразование, осуществляемое той же линзой 4, приводит к появлению восстановленного изображения. При изменении энергии излучения лазера нелинейным образом изменяются коэффициенты преобразования волны накачки в волну ВР для различных компонент Фурье-спектра. Также нелинейным образом изменяются фазовые соотношения между компонентами и, следовательно, и восстановленное изображение. Данная схема может быть использована для визуализации фазовых объектов. На рис. 3 а показан фазовый объект: результат отбеливания фотографии изображения амплитудной сеточки. Рис. 3 б показывает изображение фазового объекта, восстановленное при ВКР. Данные результаты были получены в тех же условиях, что и результаты, показанные на рис. 2 а, б.

Таким образом, в работе впервые получено восстановление сложного амплитудно-фазового распределения накачки в пучках ВР по его Фурье-спектру и предложена новая схема визуализации фазовых объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соколовская А. И., Бреховских Г. Л., Кудрявцева А. Д. ДАН СССР, **233**, 256 (1977).
- [2] Соколовская А. И., Бреховских Г. Л. ДАН СССР, **243**, 630 (1978).
- [3] Окладников Н. В., Бреховских Г. Л., Соколовская А. И., Гармонов В. А. Письма в ЖТФ, **7**, 373 (1981).

Поступила в редакцию 21 декабря 1993 г.