

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ  
ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЯНИИ

М. М. Сушинский

УДК 535.375

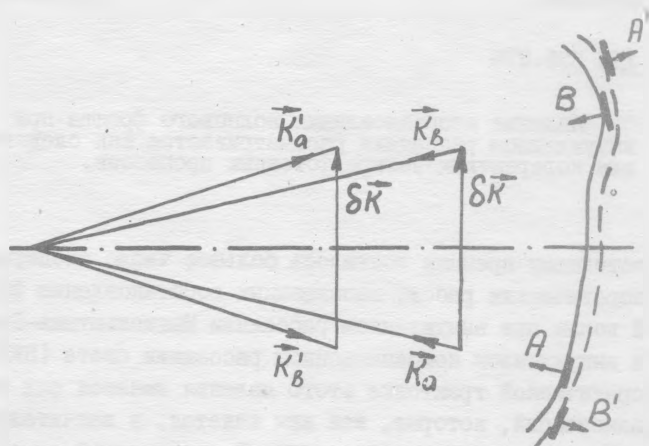
Явление восстановления волнового фронта при вынужденном рассеянии рассматривается как следствие когерентных четырехфотонных процессов.

К настоящему времени появилось большое число экспериментальных и теоретических работ, посвященных восстановлению фронта световой волны при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) и вынужденном комбинационном рассеянии света (ВКР). Однако в теоретической трактовке этого явления имеется ряд трудностей и разногласий, которые, как нам кажется, в значительной степени связаны с недостаточно корректной постановкой самой задачи о вынужденном рассеянии.

Обычно исходят из системы уравнений нелинейной оптики для амплитуд электрического поля возбуждающей волны  $E_I$  и рассеянной волны  $E_S$ . При этом квантовый характер элементарного процесса рассеяния оказывается затупеванным. Считается, что этот процесс начинается со спонтанного рассеяния, причем последний протекает при больших интенсивностях возбуждающего поля совершенно так же, как и при малых интенсивностях. Все особенности процессов вынужденного рассеяния стремятся объяснить за счет различных механизмов усиления поля  $E_S$  в активной среде. В результате из двух возможных видов рассеяния — когерентного и некогерентного (см. /1/) рассматривается в качестве первичного процесса лишь некогерентное рассеяние. Соответственно не учитываются когерентные четырехфотонные процессы, которые несомненно существуют.

Рассмотрение когерентных четырехфотонных процессов позволяет объяснить широкий круг явлений, в том числе сложную угловую

структуру антистоксовых и высших стоксовых компонент ВКР, установленные нами "эффекты повторения" в ВКР /2,3/ и др. Заметим, что четырехфотонные процессы широко используются в активной спектроскопии. Ниже будет показано, что восстановление волнового фронта при вынужденном рассеянии в неоднородных средах также является простым следствием четырехфотонных когерентных процессов рассеяния.



Р и с. I.

На рис. I показана схема вынужденного рассеяния в направлении "назад" (для определенности рассматривается явление ВКР). Волновые векторы падающих фотонов  $\vec{k}_a$ ,  $\vec{k}_b$  и рассеянных фотонов  $\vec{k}'_a$ ,  $\vec{k}'_b$  в этом случае связаны соотношением когерентности

$$\vec{k}_a - \vec{k}_b = \vec{k}'_a - \vec{k}'_b = \delta \vec{k}.$$

Расположение волновых векторов, удовлетворяющее условию когерентности, показано на рисунке. Процесс когерентного рассеяния в направлении "назад" возможен лишь при  $\omega_a \approx \omega_b$ ,  $k_a = k_b$  (см./4/). В соответствии с этим волновые векторы падающих и рассеянных фотонов располагаются симметрично относительно оси падающих лучей, что соответствует как бы зеркальному отражению от рассеивающей молекулы. Заметим, что указанная ось не совпадает с осью лазерного пучка, а для каждой пары падающих фотонов имеет свое

направление. Таким образом, для каждой рассеивающей молекулы справедливо расположение волновых векторов, указанное на рисунке.

Предположим, что фотону с волновым вектором  $\vec{k}_a$  соответствует в некотором сечении среды небольшой плоский участок А волнового фронта, изображенный на рисунке жирной линией. Аналогично, фотону с волновым вектором  $\vec{k}_b$  соответствует участок волнового фронта В. Распространяясь в неоднородной среде, фотон А приобретает дополнительную фазу  $\Delta\varphi_a$ , а фотон В - фазу  $\Delta\varphi_b$ . После рассеяния фотон А' с волновым вектором  $\vec{k}'_a$  распространяется вблизи того пути, по которому прошел фотон В, а рассеянный фотон В' - вблизи пути, который прошел падающий фотон А. Вследствие примерного равенства оптических путей (точное равенство соответствует случаю  $\omega'_a = \omega_a$ ,  $\omega'_b = \omega_b$ ) суммарные дополнительные фазы для обоих фотонов одинаковы. Это означает, что волновой фронт рассеянного света на рассматриваемых участках воспроизводит волновой фронт падающей волны. Направления распространения падающей и рассеянной волн, конечно, противоположны.

Механизм восстановления волнового фронта, описанный выше, справедлив как в однородных, так и в неоднородных средах. Не вдаваясь в подробности, заметим, что в ряде случаев он приводит к тем же следствиям, как и предложенный в работе Б. Я. Зельдовича и соавторов /5/ метод обращения фронта световой волны. Более подробное сопоставление этих двух методов будет проведено отдельно.

Поступила в редакцию  
3 июля 1979 г.

### Л и т е р а т у р а

1. В. Л. Гинзбург, УФН, 106, 151 (1972).
2. М. М. Сушинский, Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов, "Наука", М., 1969 г.
3. М. М. Сушинский, Краткие сообщения по физике ФИАН № 2, 3 (1972).
4. М. М. Сушинский, Современные проблемы спектроскопии комбинационного рассеяния света, "Наука", М., 1978 г., с. 187.
5. Б. Я. Зельдович, В. И. Поповичев, В. В. Рагульский, Ф. С. Файзулло, Письма в ЖЭТФ, 15, 160 (1972).