

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО ФРОНТА СВЕТА
ПРИ ВКР В МОНОКРИСТАЛЛЕ КАЛЬЦИТА

УДК 535.375.55

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

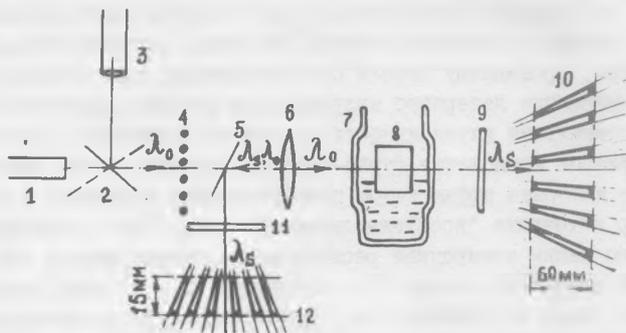
Проведены экспериментальные исследования явления восстановления волнового фронта света при ВКР "вперед" и "назад" в монокристалле кальцита. Показано, что неоднородность среды так же как неоднородность возбуждающего излучения не является необходимым условием восстановления волнового фронта света при ВКР.

В работах /1-7/ было показано, что восстановление волнового фронта света при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) происходит независимо от того, гладкое или неоднородное распределение интенсивности имеет возбуждающее лазерное излучение. Принципиальное значение для интерпретации явления восстановления волнового фронта имеет вопрос о роли неоднородности среды как возможного необходимого условия существования этого эффекта при гладком распределении интенсивности возбуждающего лазерного излучения /1-5/.

Настоящее исследование посвящено выяснению роли неоднородности среды в явлении восстановления волнового фронта при ВКР. Сравнивались закономерности явления восстановления при ВКР в средах существенно отличающихся степенью оптической неоднородности — монокристалле кальцита и жидком азоте. Использовался монокристалл кальцита высокой оптической однородности марки ИЖВ сорта "экстра" для призм Глана. Кристалл помещался в дьюар и охлаждался до температуры жидкого азота, так как в этих условиях при используемых нами энергиях накачки его оптическая однородность не нарушалась. В кристалле не возникали дефекты под действием лазерного излучения, не возбуждалось ВРМБ и коэффициент преобразования света в ВКР был максимален. Напротив, с жидким азотом мы работали в условиях, когда имели место как статические, так и динамические неоднородности. Об этом свидетельствовало распределение интенсивности в сечении пучков ВКР света и возбуждающего излучения внутри среды, расходимость пучка лазерного излучения, прошедшего через среду, искажения изображения объекта, освещенного лазерным излучением, наблюдавшегося сквозь

среду на длине волны накачки.

Принципиальная схема установки приведена на рисунке. ВКР возбуждалось гигантским импульсом второй гармоники неодимового



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: 1 - лазер, 2, 5 - стеклянные поворотные пластинки, 3 - камера с фокусным расстоянием 840 мм, 4 - объект-транспарант, 6 - линза, 7 - дьюар с жидким азотом, 8 - монокристалл кальцита, 9, II - светофильтры, 10, 12 - восстановленные при ВКР изображение объекта. λ_0 - длина волны лазерного излучения, λ_s - длина волны ВКР

лазера (1) при длительности 20 нс и расходимости 2° . Изучение спектральных и пространственных характеристик лазера показало, что основная интенсивность излучения концентрировалась в моде TEM_{00} . Излучение, освещавшее объект-транспарант (4), фокусировалось в монокристалл кальцита (8) размером 2,5x2,5x2,5 см линзой (6) с $F = 60$ мм. Оптическая ось кристалла ориентировалась вдоль оптической оси системы. Камера ($f = 840$ мм) (3) использовалась для измерения расходимости пучков лазерного и ВКР света.

Сравнение результатов исследования явления восстановления волнового фронта при ВКР в средах, существенно отличающихся оптической неоднородностью, монокристалле кальцита и жидком азоте, показали, что имеются как общие черты явления восстановления, так и различия. Независимо от того, оптически однородна среда или нет, увеличение и положение восстановленного при ВКР

изображения всегда таковы, что источником "восстанавливающей" волны ВКР служит область, расположенная на оптической оси системы и совпадающая в пределах 0,5 мм с центральной компонентой фурье-спектра в фокальной плоскости линзы, соответствующей свету лазера, прошедшему объект без отклонения, или нулевому порядку дифракции лазерного излучения на объекте. Благодаря тому, что максимальная интенсивность лазерного излучения сосредоточена в нулевой компоненте фурье-спектра, именно в этой области происходит наиболее эффективное преобразование излучения в ВКР. Диаметр источника "восстанавливающей" волны ВКР в монокристалле, согласно нашим измерениям распределения интенсивности ВКР в фокальной плоскости камеры (3), составлял 30 - 40 мкм. Распространяясь в среде и усиливаясь в соответствии с распределением интенсивности встречной волны возбуждающего излучения как в монокристалле кальцита, где не было заметных неоднородностей, так и в жидком азоте, где при усилении искажения волнового фронта неоднородностями среды компенсировались, фронт волны ВКР "назад" выходящей из среды, становился подобен волновому фронту лазерного излучения, падающему на нелинейную среду, хотя в точности и не совпадал. В частности об этом свидетельствует (при отсутствии объекта) увеличение направленности пучка ВКР по сравнению с лазерным излучением, отсутствие слабого фона, так что в пучке ВКР света подчеркивались неоднородности распределения интенсивности исходного лазерного излучения /2,3/. Пучки лазерного излучения, дифрагировавшие на объекте, дают в фокальной плоскости за линзой внеосевые пятна, соответствующие компонентам фурье-спектра, направленным под углами к плоскости объекта. Эти более слабые компоненты практически не преобразуются в ВКР и проходят однородную среду без искажений, образуя на волне λ_0 в плоскости изображения отчетливые контуры объекта-сеточки, что легко наблюдается экспериментально. Дифрагированные на объекте пучки лазерного излучения восстанавливаются не при возбуждении ВКР в соответствующих компонентах фурье-спектра в фокальной плоскости линзы, а вследствие усиления и дифракции пучка ВКР, источник которого совпадает с центральной компонентой фурье-спектра, на голограмме, образованной в нелинейной среде излучением накачки.

Значительно более высокая степень оптической однородности

монокристалла кальцита по сравнению с жидким азотом приводила к следующим различиям развития явления восстановления волнового фронта в этих средах.

В отличие от жидкого азота, где восстановление волнового фронта при ВКР "вперед" наблюдалось только при небольшом превышении порога, в узком интервале энергий накачки (0,04 - 0,08 Дж), в монокристалле кальцита восстановление волнового фронта осуществлялось одновременно "вперед" и "назад" в широком диапазоне энергий накачки (0,05 - 0,15 Дж). При превышении указанного предела энергии в кристалле кальцита возникали неоднородности, и тогда восстановление волнового фронта при ВКР "вперед" и "назад" в кальците приобретало черты, сходные с восстановлением волнового фронта в жидком азоте. Интервал энергий, больших 0,15 Дж, в этой работе не обсуждается. В отличие от жидкого азота, где изображение при ВКР "назад" восстанавливалось в фиксированной плоскости (с точностью до 2 - 3 мм), в кристалле кальцита изображение восстанавливалось в непрерывной совокупности плоскостей в некоторой области пространства (см. рисунок). Например, при расположении объекта на расстоянии 150 мм от линзы, а фокуса линзы на расстоянии 20 мм от входной грани кристалла изображение при ВКР "назад" восстанавливалось на расстоянии ≈ 12 см от линзы в промежутке 10 - 15 мм. Расчеты, аналогичные выполненным в работе /6/, показали, что восстановленное при ВКР "назад" изображение соответствует случаю, когда голограмма толщиной 10 мм, возникающая в среде под действием лазерного излучения, располагается внутри кристалла у его выходной грани. Отсутствие неоднородностей приводило к тому, что эффективная дифракция пучка ВКР происходила в значительно большем, чем в жидком азоте, объеме среды. При наблюдении ВКР "вперед" объект располагался на расстоянии 60 мм от линзы, расстояние от фокуса линзы до передней выходной грани кристалла составляло 20 мм. Совокупность изображений при ВКР "вперед" находилась на расстоянии ≈ 19 см от линзы и заполняла промежуток пространства протяженностью 60 мм (см. рисунок), что согласно нашим расчетам соответствует случаю, когда волновой фронт лазерного излучения не искажается средой и регистрируется в слое кристалла толщиной 10 мм, расположенном в 5 мм от выходной грани образца. Разумеется, изменение энергии накачки приводит к изменению толщины слоя и положения голограммы, на ко-

тором происходит эффективная дифракция. Источник волны ВКР "вперед", соответствующей волне лазерного излучения, прошедшей объект без отклонения (или в отсутствии объекта - волне излучения лазера *)), в кристалле совпадает с нулевой компонентой Фурье-спектра накачки, в отличие от ВКР "вперед" для жидкого азота, где в связи с неоднородностью среды это не выполняется /7/.

Полученные результаты свидетельствуют, что неоднородность среды так же, как и неоднородность распределения интенсивности лазерного исходного излучения, не является необходимым условием для восстановления волнового фронта света при ВКР. Отсутствие в среде неоднородностей приводит к тому, что в определенном интервале энергий накачки и толщин рассеивающего слоя условия восстановления волнового фронта света при ВКР "вперед" и "назад" становятся аналогичными. Эффект восстановления волнового фронта с закономерностями, подобными наблюдающимися при вынужденных рассеяниях, по-видимому, может быть обнаружен и в других средах, в которых имеет место нелинейные явления.

Поступила в редакцию
9 октября 1978 г.

*)) В качестве объекта при этом может рассматриваться торец кристалла ОКГ /7/.

Л и т е р а т у р а

1. А. Д. Кудрявцева, А. М. Соколовская, М. М. Сушинский, *ИЭФ*, **59**, 1566 (1970), *Краткие сообщения по физике ФИАН* № 2, 32 (1971).
2. А. Д. Кудрявцева, *Труды ФИАН*, **99**, 49 (1977).
3. А. I. Sokolovskaya, G. L. Brekhovskikh, A. D. Kudryavtseva, *Opt. comm.* **24**, № 1, 74 (1978).

4. Б. Н. Борисов, Ю. И. Крушинин, С. В. Шклярник, Письма ЖТФ, 4, 160 (1978).
5. Ж. Газенфельд, А. Д. Кудрявцева, Ж. Ривуа, А. М. Соколовская, ЖЭТФ, 71, вып. II, 1748 (1976).
6. Г. Л. Бреховских, А. И. Соколовская, Краткие сообщения по физике ФИАН, № 12, 32 (1977).
7. А. И. Соколовская, Г. Л. Бреховских, ДАН СССР, 243, вып. 3, 86 (1978).