

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОТОНОВ ПО КОМПОНЕНТАМ ВЫНУЖДЕННОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ В ЖИДКОМ АЗОТЕ

В.В.Рагульский, Ф.С.Файзуллоев

В спектре вынужденного комбинационного рассеяния света (ВКР) обычно наблюдаются несколько стоксовых и антистоксовых компонент (см. [1]). Если поглощение для всех компонент отсутствует, то при ВКР должно сохраняться полное число фотонов. Вопросу о распределении фотонов по компонентам при разных интенсивностях лазерного излучения посвящено это сообщение.

В качестве активного вещества использовался жидкий азот. Частота линии комбинационного рассеяния в азоте $\nu' = 2326,5 \text{ см}^{-1}$ [1]. Первичным излучателем служил лазер на рубине ($\nu_0 = 14400 \text{ см}^{-1}$). Таким образом могло возникнуть шесть стоксовых компонент.* Ниже приведены длины волн некоторых компонент в микронах. Стоксовы компоненты обозначены знаком (-), лазерное излучение - (0), антистоксовы - (+).

-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1....	+8
22,0	3,61	1,982	1,347	1,026	0,828	0,694	0,598....	0,303

Для всех них поглощение в азоте мало. Высокие коэффициенты преобразования при ВКР в жидком азоте были получены в работе [2].

Экспериментальная установка изображена на рис.1. Излучение проходило через две софокусные линзы L_1 и L_2 , между которыми помещалась кювета N_2 с жидким азотом длиной 6 см. Лазерный импульс, поступавший в азот, имел длительность $11 \pm 1 \text{ нсек}$, расходимость $7 \pm 1'$ и максимальную энергию $\sim 2,8 \text{ Дж}$. Фильтр Φ_1 позволял изменять входную энергию от максимального значения до нуля. Фильтр Φ_2 позволял выделять излучение только одной компоненты. Калориметрами K_1 и K_2 измерялись входная и выходная энергии.

Энергетические измерения излучения, выходящего вперед, были проделаны для всех компонент с +2 по -4 (при фокусном расстоянии линзы L_1 3 см). Распределение энергии по компонентам весьма чувстви-

тельно к чистоте азота. Наличие твердых частиц H_2O и CO_2 вызывает рассеяние света в жидком азоте. Результаты, приведенные на рис.2, получены при коэффициенте рассеяния $\sim 0,02 \text{ см}^{-1}$.

Антистоксовы компоненты регистрировались также с помощью спектрографа ИСП-30. Было обнаружено, что число антистоксовых компонент сильно зависит от фокусного расстояния линзы L_1 и меняется от пяти (при $f_1 = 9 \text{ см}$) до восьми (при $f_1 = 3 \text{ см}$). Интенсивность их спадает с уменьшением длины волны компоненты (рис.3, см.вклейку).

Из рис.2 можно заключить, что излучение на всех стоксовых компонентах появляется одновременно. Как показали визуальные наблюдения, антистоксовы компоненты появляются одновременно со стоксовыми при энергии лазерного излучения $\sim 20 \text{ мдж}$. Вид кривой для нулевой компоненты говорит о том, что при превышении этого порога происходит преобразование практически всего лазерного излучения.

Как видно из рис.2, возможно эффективное преобразование в -4 .

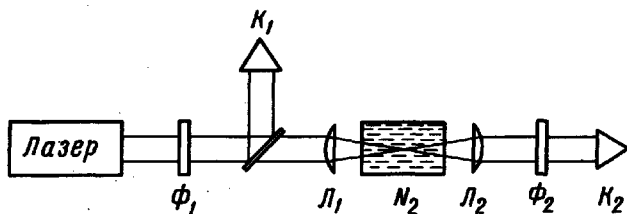


Рис.1. Схема экспериментальной установки

компоненту: оно достигает по числу фотонов $\sim 16\%$ при максимальной входной энергии. Однако, существенное преобразование в -4 компоненту начинается гораздо позже, чем в -3 . Это, видимо, объясняется уменьшением вероятности комбинационного рассеяния с уменьшением частоты излучения. Исходя из этого, трудно ожидать при имевшихся интенсивностях лазерного излучения заметной доли фотонов на -5 и -6 компонентах. Энергия излучения на $+2$ компоненте, не показанная на рис.2, примерно в 2,5 раза меньше, чем на $+1$ компоненте.

Кривые рис.2 дают с точностью до констант распределение фотонов по компонентам в зависимости от числа фотонов в лазерном импульсе. Пользуясь этими данными, легко подсчитать, какая часть от первичного числа фотонов выходит из азота вперед. Полученная зависимость изображена на рис.2 пунктирной кривой. Как видно из этой кривой, в широком диапазоне мощности лазерного излучения вперед выходит примерно половина фотонов. Фотоны, идущие в антистоксовых компонентах, при подсчете не учитывались, но ясно, что точный учет их не внесет существенных изменений.

В излучении назад антистоксовых компонент не обнаружено. При входной энергии больше 2 дж на -1 компоненте назад излучается примерно в 2 раза больше, чем вперед; на -4 компоненте назад излучается в несколько раз меньше чем вперед.

Из изложенных результатов очевидна неприменимость теории ступенчатого процесса ВКР, по крайней мере, при больших интенсивностях возбуждающего излучения. Существует резко выраженный порог, при превышении которого практически все лазерное излучение преобразуется

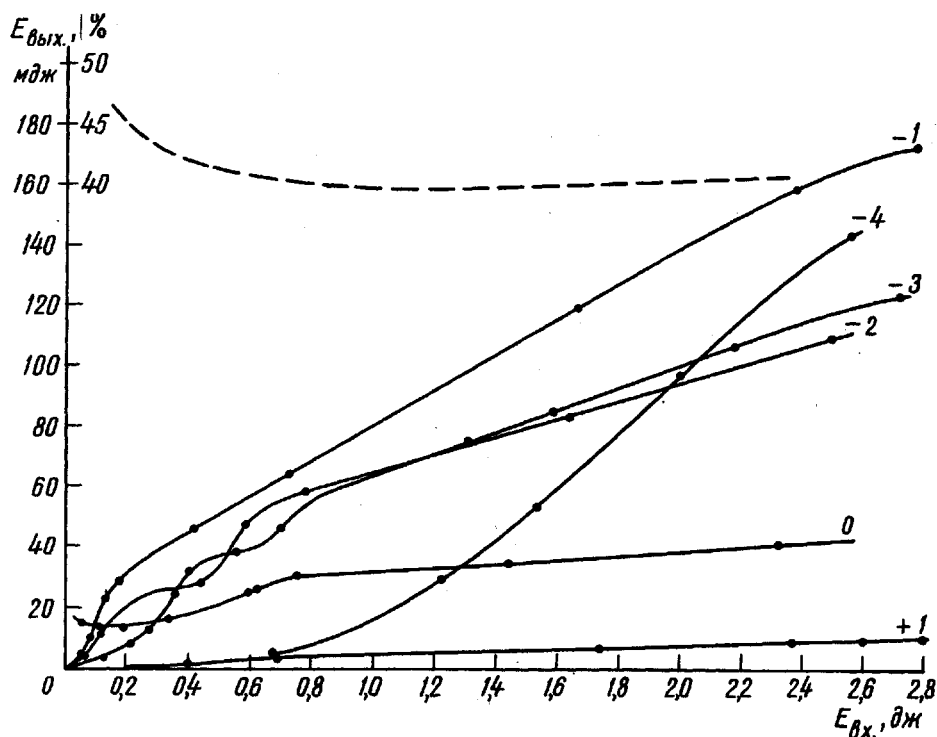


Рис.2. Зависимость энергии и относительного числа фотонов в линиях ВКР от энергии лазерного излучения. Сплошные кривые – энергия излучения в различных компонентах в миллиджоулях; пунктирная кривая – относительное число фотонов в процентах

в стоксову область. В антистоксову область преобразуется незначительная часть фотонов. С увеличением интенсивности лазерного излучения происходит перераспределение фотонов в стоксовых компонентах, причем, чем больше интенсивность лазерного излучения, тем дальше в стоксову область можно продвинуться. При достаточно больших интенсивностях можно ожидать перекачки фотонов в крайние стоксовы компоненты. Это открывает возможность получения мощного когерентного излучения в далекой инфракрасной области спектра.

В заключение авторы благодарят И.И.Собельмана и А.З.Грасюка за полезные обсуждения и В.И.Поповичева за помощь в работе.

Физический институт
им.П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
4 июля 1967 г.

Литература

- [1] B.P.Stoicheff. International School of Physics "Enrico Fermi" XXXI Course. August 19/31, 1963.
[2] И.Г.Басов, А.З.Грасюк, В.А.Катулин. ДАН СССР, 161, 1306, 1965.

* Комбинационное рассеяние света частоты ν может идти при условии $\vec{\nu} > \vec{\nu}'$. Поэтому количество возможных стоксовых компонент равно целой части от $\vec{\nu}_0 / \vec{\nu}'$.

Вклейка к ст. В. В. Рагульского и др. (стр. 887)

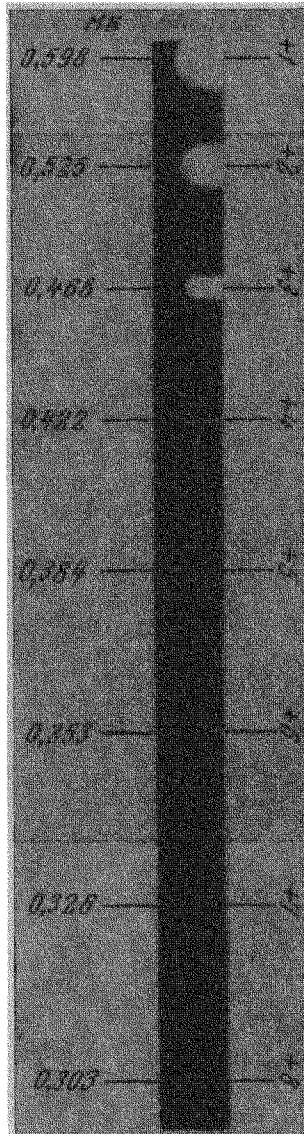


Рис. 3. Спектр ВКР в азоте