

## АНТИСТОКСОВО ИЗЛУЧЕНИЕ ВКР, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЕСЯ ПО ОСИ ВОЗБУЖДАЮЩЕГО СВЕТА

К. А. Прохоров, М. М. Сушинский

К настоящему времени значительное число работ посвящено как экспериментальному, так и теоретическому описанию закономерностей углового распределения ВКР в газообразных, жидких и твердых средах. При этом обычно внимание сосредотачивается на определении углов при вершине конусов, в которые распространяются различные компоненты; иногда отмечают также углы поглощения в первой стоксовой компоненте.

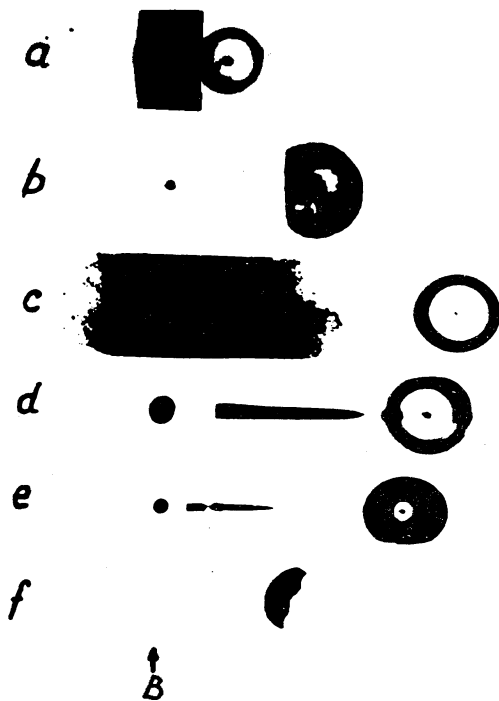
В ряде случаев, однако, имеет место антистоксово излучение, распространяющееся не по образующим конусов, а строго по оси в направлении возбуждающего света. Такой вид излучения до сих пор не привлекал специального внимания. Так, в работе<sup>1</sup> говорится о распространении антистоксова излучения по оси, а на фотографиях, приведенных в обширной работе<sup>2</sup>, для антистоксовых компонент ясно видно наличие излучения, распространяющегося по оси. Однако полученные результаты подробно не интерпретируются. Между тем детальное изучение особенностей осевого излучения наряду с конусным представляет большой интерес для выяснения реального механизма возникновения антистоксовых компонент ВКР.

В этой работе была сделана попытка выяснения особенностей осевого антистоксова излучения. Для возбуждения ВКР использовался рубиновый лазер с модуляци-

ей добротности при помощи вращающейся призмы. Длительность импульса контролировалась и составляла по полуширине 35 нсек. Максимальная мощность излучения непосредственно перед кюветой равнялась ~20 Мвт. Спектральный состав излучения лазера не контролировался. Выходящее из лазера излучение ограничивалось диафрагмой диаметром от 5 до 12 мм для выделения однородной и интенсивной части в сечении пучка. ВКР возбуждалось как параллельным, так и слабо сходящимся пучком. Исследуемая жидкость находилась в кюветах длиной от 3 см до 20 см. Помимо обычных кювет с приблизительно параллельными торцами были изготовлены кюветы, в которых торцы располагались под углом  $5^{\circ}$  друг к другу. В таких кюветах исключалась возможность усиления и генерации ВКР за счет отражения от торцов. Перед кюветой располагались фильтры, поглощавшие излучение ламп накачки в области антистоксовых компонент ВКР.

Для регистрации осевого излучения использовался метод, позволяющий полностью исключить влияние интенсивного излучения рубинового лазера, прошедшего сквозь кювету. Этот метод состоял в том, что картина углового распределения фотографировалась через призмный спектрограф. Таким образом, фотографии излучения на частоте лазера и на антистоксовых частотах оказывались пространственно разделенными. В спектрограф излучение из кюветы направлялось при помощи линзы ( $f = 80$  мм), которая располагалась таким образом, что ее фокальная плоскость совпадала с плоскостью входной щели спектрографа. Сама же щель убиралась. Перед спектрографом помещалась комбинация из цветных и нейтральных фильтров для получения нужной плотности почернения на частоте лазера и первого антистокса. Некоторого внимания потребовал вопрос юстировки системы кювета - линза - спектрограф с тем, чтобы исключить виньетирование излучения ВКР, выходящего из кюветы (светосила спектрографа была небольшой - 1:10).

Были испытаны следующие жидкости: сероуглерод, бензол, циклогексан, ацетон, а также смесь ацетона с сероуглеродом. Во всех случаях наблюдалось осевое ангистоксово излучение. На рисунке 1 даны образцы полученных фотографий. Обращаем внимание на то, что увеличение снимков для разных жидкостей отличается. Кроме того, для репродукцирования фотографии выполнялись контрастным способом, поэтому картина распределения интенсивностей искажена.



Р и с. 1. Фотографии углового распределения первой антистоксовой компоненты ВКР: а - в сероуглероде; б - в бензоле; с - в циклогексане; д - в ацетоне; е - в смеси ацетона с сероуглеродом; ф - в бензоле для кюветы с непараллельными торцами. в - возбуждающее излучение рубинового лазера.

В сероуглероде картина углового распределения всегда носила расплывчатый, диффузный характер. Внутри нерезкого кольца наблюдался равномерно распределенный фон. Центральное пятно лишь слегка выделялось на этом фоне.

Очень отчетливые фотографии получались для бензола в слегка сфокусированном лазерном пучке. Для первой антистоксовой компоненты интенсивность излучения, идущего по оси, примерно совпадала с интенсивностью излучения, распространяющегося в конус. Осевое излучение наблюдалось и для второй антистоксовой компоненты, однако его интенсивность была меньше, чем для конусного излучения.

В циклогексане для достижения экспериментального порога ВКР требуется несколько большая плотность мощности накачки, чем для сероуглерода или бензола. Во время работы с этой жидкостью было обращено внимание на следующий факт. При определенном значении энергии накачки возникало излучение первой антистоксовой компоненты, распространяющееся по оси. И только затем, по мере увеличения энергии, возникало антистоксово излучение, распространяющееся в конус, интенсивность которого быстро возрастала. При этом не было обнаружено заметного изменения интенсивности осевого излучения. В результате при достаточно больших мощностях на фотопластинке получалась следующая картина: интенсивное кольцо и слабое пятнышко в центре него.

Аналогичные результаты были получены для ацетона, в котором порог возбуждения ВКР еще выше. По мере увеличения мощности накачки вначале появлялось осевое антистоксово излучение, а затем конусное. Разница в значениях мощности при этом могла быть весьма незначительна. При дальнейшем увеличении накачки интенсивность излучения, идущего в конус, быстро возрастала, в то время как осевое излучение существенно не менялось. В отличие от циклогексана для

первой антистоксовой компоненты наблюдалось два резких кольца.

ВКР возбуждалось также в смеси ацетона с небольшим количеством сероуглерода ( $\sim 10\%$  по объему). В такой смеси рассеяние наблюдалось только на частоте ацетона, в то же время жидкость приобретала способность к самофокусировке. Характер фотографий отличался от фотографий для чистого ацетона. Порог ВКР снижался, для первой антистоксовой компоненты наблюдалось очень интенсивное расплывчатое кольцо, в центре которого имелось отчетливое пятнышко.

Для выяснения того обстоятельства, не связано ли антистоксово излучение, распространяющееся по оси, с отражением от параллельных торцов кюветы, снимались фотографии углового распределения ВКР при различных положениях кюветы. Результаты говорят о том, что характер углового распределения никак не зависит от положения торцов кюветы относительно лазерного пучка. Были получены также фотографии ВКР в бензоле, находящемся в кювете с непараллельными торцами. В этом случае для полного исключения обратной связи все отражающие поверхности располагались не перпендикулярно к лазерному лучу, а под некоторым углом. И в этом случае наблюдалось осевое антистоксово излучение.

Перечисленные выше результаты были получены с лазерным пучком, слегка подфокусированным длиннофокусной линзой с  $f = 800$  мм. Для бензола были сделаны снимки углового распределения ВКР в параллельном пучке. Картина углового распределения для первой антистоксовой компоненты в этом случае заметно изменялась. Все пространство внутри кольца оказывалось заполненным сильным фоном, на котором проглядывали кольца меньшего диаметра. В центре картины наблюдалось слабое пятно, образованное осевым излучением.

На основании полученных результатов можно прийти к следующим выводам. Наблюдаемое нами осевое ан-

тистоксово излучение не связано с генерацией в резонаторе, образованном параллельными торцами кюветы.

Факт наблюдения осевого антистоксова излучения в жидкостях с различными колебательными частотами (от  $656 \text{ см}^{-1}$  для сероуглерода до  $2921 \text{ см}^{-1}$  для ацетона) и получение качественно одинаковых результатов для таких жидкостей позволил сделать вывод о том, что осевое излучение не является антистоксовым рассеянием на возбужденных молекулах исследуемого вещества.

Поставленные эксперименты позволяют сделать заключение о том, что возникновение осевого излучения не связано с явлением самофокусировки. Осевое излучение наблюдалось как в жидкостях с сильной самофокусировкой, так и без нее, однако характер фотографий был различен. В жидкостях с сильной самофокусировкой как конусное, так и осевое излучения носили расплывчатый, диффузный характер. Это, видимо, связано с тем фактом, что в случае самофокусировки поперечные размеры области, в которой происходит рассеяние, сильно уменьшаются.

Интересным является то обстоятельство, что порог по энергии накачки для осевого излучения ниже, чем для обычного антистоксова излучения, идущего в конус. Этот факт отмечен и в работе<sup>2</sup>. По-видимому, сильно отличаются вообще зависимости интенсивностей этих видов излучений от мощности возбуждающего света. Указанные особенности говорят о том, что осевое антистоксово излучение имеет особый механизм возникновения, отличающийся от механизма возникновения антистоксова излучения, идущего в конус.

Поступила в редакцию  
13 марта 1970 г.

## Л и т е р а т у р а

1. Maker P.D., Terhune R.W. Phys. Rev., 137, A 801 (1965).
2. Garmire E. An Investigation of Stimulated Raman Emission, submitted in partial fulfillment of the requirement for degree of doctor of philosophy at the MIT. 1965.