

**ВЫНУЖДЕННОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЙЯНИЕ СВЕТА
И РАЗРУШЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛЕ КАЛЬЦИТА**

А. Л. Кудрявцева, Е. А. Морозова, М. М. Моисеенко

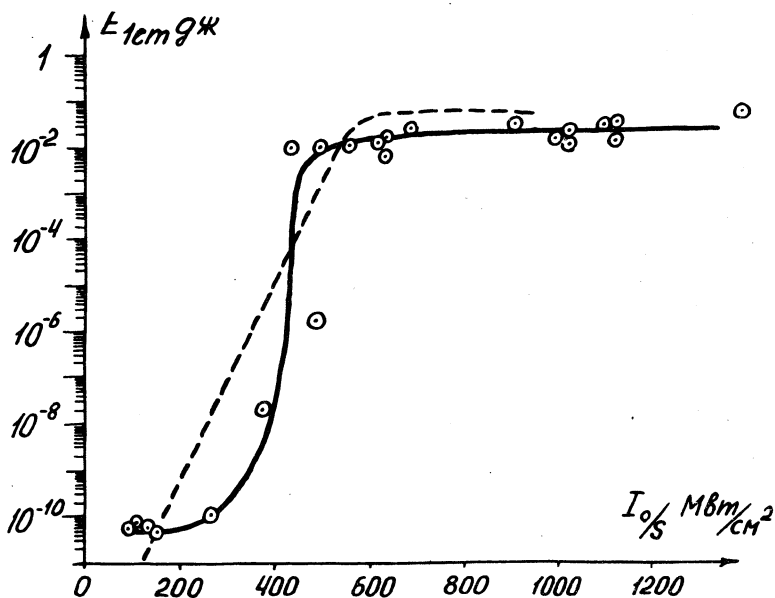
УДК 535.375

Исследована зависимость энергии первой стоксовой компоненты ВКР в кальците от энергии возбуждения. Сравнение полученной кривой с теоретической показало, что экспериментальная зависимость существенно отличается от экспоненциальной. Исследован процесс разрушения монокристалла кальцита под действием лазерного излучения при различной температуре образца.

В настоящей работе исследовалась зависимость энергии и длительности импульса первой стоксовой компоненты от плотности мощности возбуждающего излучения. Одновременно наблюдались разрушения кальцита и распределение интенсивности в поле возбуждающего излучения и ВКР света вблизи входной и выходной граней кристалла.

ВКР возбуждалось гигантским импульсом рубинового лазера, содержащим практически одну продольную моду (длительность импульса излучения двадцать нсек, ширина линии $0,015 \text{ см}^{-1}$, максимальная мощность 10 Мвт). Для устранения обратной связи исследуемого образца и лазера использовалась оптическая задержка длиной 4 м. Возбуждающее излучение фокусировалось в монокристалл кальцита линзой с фокусным расстоянием 235 мм. Ось кристалла совмещалась с направлением распространения возбуждающего излучения. Для устранения генерации на торцах входная грань кристалла была ориентирована под углом 10° по отношению к выходной грани. Кристалл охлаждался до температуры жидкого азота. При этом НРМБ практически не возбуждалось, в то время как порог возбуждения ВКР заметно уменьшался. Энергия излучения измерялась с помощью приемника ЗЛУ-4Т, сигнал с которого подавался на осциллограф И2-7. Приемное устройство было предварительно проградуировано с помощью калориметричес-

кого измерителя КИ-1. Нужная длина волны выделялась стеклянными и интерференционными светофильтрами. Энергия возбуждающего излучения менялась с помощью нейтральных фильтров с известной про-



Р и с. 1. График зависимости энергии первой стоксовой компоненты ВКР в кальците от плотности мощности возбуждающего излучения. Сплошная кривая проведена по экспериментальным точкам, пунктир - расчет по формуле (1)

пускаемостью. Для исследования распределения интенсивности в поле возбуждающего излучения и ВКР на фотопластинки проектировались линзами увеличенные в 16 раз изображения плоскостей внутри кристалла вблизи входной и выходной граней.

Зависимость энергии первой стоксовой компоненты ВКР в кальците от плотности мощности возбуждающего излучения приведена на рис. 1. По оси абсцисс отложена плотность мощности возбуждающего излучения, по оси ординат - энергия первой стоксовой компоненты ВКР в логарифмическом масштабе. Для приведенной зависимости ха-

рактерно несклько областей: область медленного роста ВКР, область скачка, где интенсивность меняется на семь порядков, и область насыщения.

Зависимость интенсивности ВКР от интенсивности возбуждающего излучения и коэффициент усиления ВКР теоретически были получены рядом авторов [1-3]. На рисунке 1 наряду с нашей экспериментальной кривой приведена теоретическая зависимость энергии первой стоксовой компоненты ВКР в кальците от плотности мощности возбуждающего излучения, вычисленная по формуле [3]:

$$I' = \frac{(\omega'/\omega)(n/n')^3 b \{ \exp[a(I_0 + b)] - 1 \}}{1 + (b/I_0) \exp[a(I_0 + b)]}, \quad (1)$$

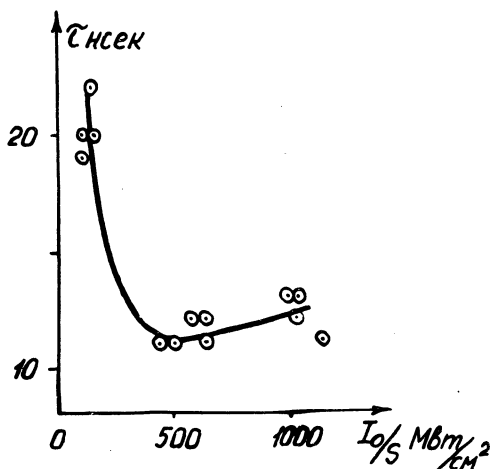
где I' - мощность излучения первой стоксовой компоненты ВКР, ω' , ω - частоты первой стоксовой компоненты и возбуждающего излучения, n' , n - показатели преломления для первой стоксовой компоненты и возбуждающего излучения, I_0 - мощность возбуждающего излучения на входе в вещество.

$$a = \frac{4\pi\sigma N_0 n^2 l}{\hbar \omega'^2 \delta s}, \quad b = \frac{\hbar \omega \omega'^2 \delta \Omega s (n'/n)^3}{4\pi c n^2}$$

σ - абсолютное сечение обычного КР, c - скорость света, N_0 - число молекул в единице объема, \hbar - постоянная Планка, δ - ширина линии обычного КР, s - площадь сечения канала, по которому распространяется излучение, Ω - пространственный угол, в котором распространяется излучение в вакууме, l - толщина слоя рассеивающего вещества.

Для сравнения с экспериментальными данными мы наносили на график значения энергии первой стоксовой компоненты $E_{1ст} = I' \tau$, τ - длительность импульса ВКР. Из рисунка видно, что экспериментальная кривая не совпадает с теоретической. Полученная нами зависимость существенно отличается от экспоненциальной. Рассчитанный теоретически коэффициент усиления составляет 0,04 см/Мвт. Экспериментальные значения коэффициента усиления можно получить из наклона кривой. Вычисленный результат соответствует наклону кривой в области 300-400 Мвт/см², при больших значениях плотности мощности возбуждения экспериментальная величина коэффициента усиления значительно больше теоретической.

Мы исследовали также зависимость длительности импульса первой стоксовой компоненты от плотности мощности возбуждающего излучения. График зависимости приведен на рисунке 2. Импульс имел гладкую форму. Длительность измерялась на половине максимальной



Р и с. 2. График зависимости длительности импульса первой стоксовой компоненты НКР от плотности мощности возбуждающего излучения

высоты импульса. В области малых энергий НКР длительность импульса максимальна и приблизительно равна длительности импульса возбуждающего излучения. В области скачка энергии НКР она уменьшалась до 11 нсек. В области насыщения длительность импульса несколько возрастала.

Аналогичная зависимость энергии и длительности импульса первой стоксовой компоненты от плотности мощности возбуждающего излучения наблюдалась рядом авторов в различных веществах при существенно отличающихся условиях эксперимента [2-5]. В работе [2] для возбуждения НКР в кальците использовался многомодовый лазер, не устранялись явление НРМБ и обратная связь вещества с лазером. Однако кривая зависимости энергии первой стоксовой компоненты НКР в кальците от плотности мощности возбуждающего излучения имела вид,

подобный полученной нами кривой, и измеренный коэффициент усиления ВКР для области кривой до скачка энергии совпадал с полученным в настоящей работе. Наконец, в жидком азоте, кислороде /3,4/ и порошке стильбена /5/ при возбуждении ВКР одноименным лазером в не-большом интервале энергий возбуждения наблюдался скачок интенсивности ВКР на 3-5 порядков.

Происхождение такой зависимости в настоящее время не получило достаточно полного объяснения. Ряд авторов считают, что быстрый рост коэффициента усиления вызван наличием обратной связи за счет оптической неоднородности активного вещества (порошки, жидкий азот), явления ВРМБ или ВКР, распространяющегося в направлении, противоположном возбуждающему излучению.

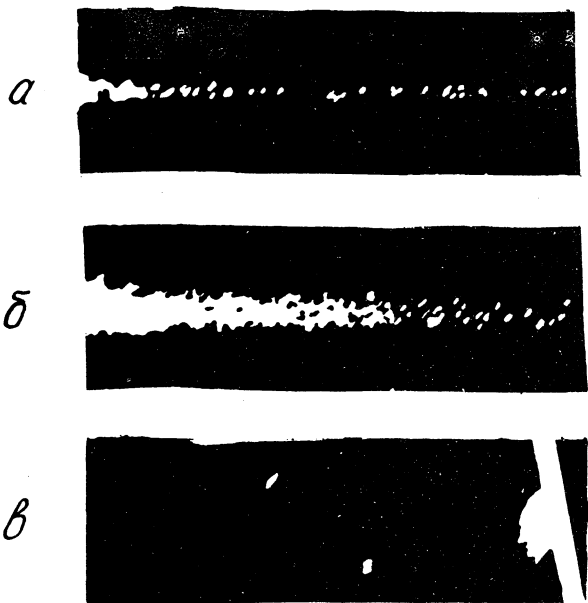
В наших экспериментах монокристалл кальцита был однороден, и обратная связь за счет ВРМБ устранялась его охлаждением. Интенсивность первой стоксовой компоненты в направлении возбуждения была в пять раз больше интенсивности в противоположном направлении. По-видимому, генерации при ВКР не возникало.

Скачок интенсивности ВКР может быть связан с самофокусировкой возбуждающего излучения. Однако исследования распределения интенсивности в ближнем поле показали, что самофокусировка возбуждающего излучения не имела места. Напротив, в поле ВКР наблюдались отчетливо точки самофокусировки как у входной, так и у выходной грани кристалла. По-видимому, благодаря большому коэффициенту преобразования достигался порог самофокусировки ВКР света /6/.

Под действием лазерного излучения при определенных условиях в кристалле кальцита возникали разрушения. Наблюдались либо локальные разрушения, либо цепочка выколов, ориентированных по плоскостям роста кристалла. Если возбуждающее излучение фокусировалось вблизи передней грани кристалла, возникало свечение, напоминающее искру. В этом случае ВКР не возбуждалось, а спектр излучения был сплошным с рядом максимумов. Без кристалла свечения в фокусе линзы не наблюдалось.

На рисунке 3 представлены фотографии разрушений кристалла при различных температурах при плотности мощности возбуждающего излучения 1200 Вт/см^2 . Максимальные разрушения возникали в образце при комнатной температуре. При нагревании кристалла от $+20^\circ\text{C}$ до $+150^\circ\text{C}$ характер разрушений не менялся, а диаметр трещин умень-

шался от 500 мкм до 200 мкм. При температуре жидкого азота разрушения или совсем не возникали или имели вид отдельных выколов внутри кристалла или у его выходной грани (на рис. 3 выходная грань видна как светлая наклонная полоса).



Р и с. 3. Фотографии разрушений кристалла кальцита под действием лазерного излучения при различных температурах:
а) $+150^{\circ}\text{C}$; б) $+20^{\circ}\text{C}$; в) -196°C

Наблюдаемые нами разрушения кальцита, по-видимому, не связаны с самофокусировкой ВКР света. Самофокусировка первой стоксовой компоненты ВКР наблюдалась во всех случаях, независимо от вида разрушений, в частности, при -196°C , когда разрушения практически не возникали. При высокой температуре существенное влияние могут оказывать другие нелинейные процессы, конкуренция которых может привести к наблюдаемой зависимости величины и характера разрушений от температуры /7/.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность А. И. Соколовской за постоянное внимание и помощь в работе.

Поступила в редакцию
6 сентября 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. N. Bloembergen. Amer. J. Phys., 35, 989 (1967).
2. В. Н. Луговой. "Введение в теорию вынужденного комбинационного рассеяния света". Изд. "Наука". Москва, 1968 г.
3. М. М. Сушинский. "Спектр комбинационного рассеяния молекул и кристаллов". Изд. "Наука", Москва, 1969 г.
4. G. Bisson, G. Mayer. Journal de Physique, 29, 97 (1968).
5. J. B. Grun, A. K. McQuillan, B. P. Stoicheff. Phys. Rev., 180, 179 (1969).
6. Е. К. Казакова, А. В. Крайский, В. А. Зубов, М. М. Сушинский, И. К. Шувалов. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 7, 42 (1970).
7. Г. В. Перегудов, Е. Н. Рагозин, В. А. Чирков. ЖЭТФ, 63, 421 (1972).
8. А. Д. Кудрявцева, А. И. Соколовская, М. М. Сушинский. ЖЭТФ, 53, 1556 (1970).
9. В. С. Старунов, И. Л. Фабелинский. УФН, 98, 442 (1969).