

ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛОЭНА В МОНО-
КРИСТАЛЛЕ КВАРЦА В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 2,1-300°К

С.В.Кривохиха, Д.И.Маш, В.В.Морозов,
В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский

В вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллоэна (ВРМБ) в монокристалле кварца наблюдены следующие эффекты: сильное увеличение смещения стоксовой компоненты, обусловленной квазипродольной гиперзвуковой волной, при понижении температуры от 80 до 2,1°К; возникновение стоксовой компоненты ВРМБ, обусловленной квазипоперечной волной при температуре 80°К, и различие в характере разрушения монокристалла в сфокусированном луче лазера при различных температурах и при практически неизменной мощности импульса света. Исследование выполнено на описанной ранее [1] установке.

Свет гигантского импульса рубинового лазера мощностью ~250 мвт фокусировался линзой ($f = 5$ см) внутрь образца кристалла, находящегося при комнатной температуре, либо помещенного в криостат, наполненный жидким гелием или жидким азотом. Все образцы кристаллов были

вырезаны из одного блока бразильского кварца. Возбуждающий свет направлялся вдоль оптической оси кристалла (ось Z) ¹⁾, а рассеянный свет наблюдался под углом рассеяния 180° . Область дисперсии эталона Фабри-Перо 2,5 см. Репродукции спектров ВРМБ даны на рис. I (см. оборот вклейки). В таблице помещены смещения по частоте $\Delta\nu$ стоксовых компонент. В интервале температур $80-4^{\circ}\text{K}$ $\Delta\nu$ удваивается ²⁾ и продолжает возрастать при понижении температуры.

Температурная зависимость величины $\Delta\nu_E$ в монокристалле кварца

$T, ^{\circ}\text{K}$	2,1	2,4	4,3	80	293
$\Delta\nu$ прод, см^{-1}	$2,30 \pm 0,02$	$1,97 \pm 0,02$	$1,88 \pm 0,02$	$0,93 \pm 0,01$	$0,93 \pm 0,01$
$\Delta\nu$ попер, см^{-1}	-	-	-	$0,65 \pm 0,01$	-

В работах Ганапольского и Чернеца [2], Бёмеля и Дрансфельда [3] установлено, что в кристалле кварца в интервале температур $300-4,2^{\circ}\text{K}$ не происходит существенного изменения скорости звука. Поэтому, чтобы объяснить столь значительное возрастание частоты $\Delta\nu = 2nV/c$ ($\nu = 180^{\circ}$) [4], нужно предположить, что в условиях нашего эксперимента показатель преломления n и скорость гиперзвука V существенно изменяются под действием сильного электрического поля световой волны при низкой температуре.

Скорость звука v может быть оценена из выражения для свободной энергии изотропного диэлектрика в статическом поле [5] ³⁾. Легко также оценить влияние на изменение показателя преломления n стрикционного давления (ориентационные эффекты считаются малыми и не учитываются). Из этих сценок следует:

$$\frac{\Delta V_E}{\Delta V_0} \approx \left\{ 1 + \frac{1}{2n_0^2} \left(\rho \frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \right)^2 \beta_3 \frac{E^2}{8\pi} \right\} \left\{ 1 + \rho \frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \beta_3 \frac{E^2}{8\pi} \right\}^{1/2}, \quad (I)$$

где ΔV_0 - смещение компонент ВРМБ в отсутствие поля, ΔV_E - при наличии поля.

В условиях нашего опыта в геометрическом фокусе (без самофокусировки) напряженность поля $\sim 2 \cdot 10^7$ в/см.

Если считать, что изменение ΔV при переходе к температуре $4,2^0\text{K}$ ($\frac{\Delta V_E}{\Delta V_0} \sim 2$, табл. I) определяется только действием электрического поля, то из (I) следует, что это поле должно быть $\sim 10^9$ в/см, а при $2,1^0\text{K}$ $\sim 2 \cdot 10^9$ в/см. Некоторого увеличения напряженности при переходе от высоких температур к низким можно было бы ожидать из-за различного характера самофокусировки [6]. Но для полей $\sim 2 \cdot 10^9$ в/см (I) перестает быть справедливым, а многофотонное поглощение становится настолько существенным, что кристалл может стать непрозрачным. Поэтому влияние электрического поля на показатель преломления и скорость гиперзвука, по-видимому, не единственная причина наблюдаемого значительного увеличения ΔV при низкой температуре.

В наших опытах наблюдалось сильное различие внешнего вида разрушения в монокристалле кварца при различных температурах.

При переходе от комнатной температуры к 2^0K меняется форма областей разрушения, а главное при низкой температуре сильно уменьшается поперечник областей разрушения. Участок следа разрушения при 2^0K показан на рис. 2 (см. оборот вклейки). Существенно отметить, что при температуре 80^0K в наших условиях кристалл вовсе не разрушился, хотя в него свет гигантского импульса фокусировался десятки раз при той же мощности, что и в других случаях, и каждый раз наблюдалось ВРМБ.

Если придерживаться точки зрения, что акустические фононы играют решающую роль в процессе разрушения кристалла [7], или играют роль "затравки" в этом процессе [8], то различный характер разрушения можно попытаться объяснить следующим образом. При температуре 80^0K поглощение гиперзвука несколько меньше, чем при 300^0K , и, по-видимому, такого уменьшения достаточно, чтобы ВРМБ возникло без разрушения кристалла.

При понижении температуры до $4,2^{\circ}\text{К}$ коэффициент поглощения становится еще меньше. Если при этом все же наблюдается разрушение, то это можно истолковать как результат сильного сужения светового канала и, следовательно, увеличения интенсивности света и гиперзвука.

В изучаемом случае амплитуда звука весьма велика, и поэтому имеющиеся данные для коэффициента поглощения [3] нельзя использовать для количественных оценок.

В заключение выражаем благодарность Л.В.Келдышу и Ю.П.Райзера за полезные замечания при обсуждении результатов, О.Б.Вольской, М.А.Высоцкой и В.П.Зайцеву за помощь в работе.

Физический институт

им. П.Н.Лебедева

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

19 марта 1966 г.

Литература

- [1] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский.
Письма ЖЭТФ, 2, 41, 1965.
- [2] Е.М.Ганапольский, А.Н.Чернец, ЖЭТФ, 42, 12, 1962.
- [3] Н.Е.Вомел, K.Dransfeld. Phys. Rev., II7, I245, 1960; I64,
58I, 1964.
- [4] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. Изд. "Наука",
М., 1965.
- [5] Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Электродинамика сплошных сред, Гостехтеоретиздат, М.-Л., 1957; Статистическая физика, Гостехтеоретиздат, М., 1961.
- [6] Г.Л.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, I568, 1962; В.И.Таланов. Радиофизика, 8,
564, 1964; R.Y.Chiao, E.Garmier, C.H.Townes. Phys. Rev. Lett.,
13, 479, 1964.
- [7] C.R.Giuliano. Appl. Phys. Lett., 5, 137, 1964.
- [8] D.H.Harper. Brit. J.Appl. Phys., 16, 751, 1965.

1) Направление вдоль оптической оси устанавливалось на глаз и могло составить с ней угол $\sim 0,5\text{--}2^{\circ}$.

- 2) По техническим причинам нам не удалось установить более узкий интервал температур, где происходит увеличение ΔV .
- 3) Общую задачу о влиянии электрического поля на скорость звука независимо от этой работы решает Л.В.Келдыш и мы надеемся скоро сравнить свои результаты с его расчетом.