

ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА В ПЛАВЛЕНОМ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КВАРЦЕ БЕЗ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ПРИ $T = 300^\circ\text{K}$

А.И.Ритус, А.А.Маненков

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) в стекле и плавленом кварце впервые наблюдалось Фабелинским и др. [1], а в кристаллическом кварце — Чао, Таунсом и Стойчевым [2]. Настоящая работа посвящена измерению и сравнению пороговых мощностей возникновения ВРМБ и разрушения в этих веществах при комнатной температуре.

В эксперименте использовался рубиновый лазер с модулированной добротностью, дававший 100 Мвт в импульсе длительностью 15 нсек и с расходимостью луча $\sim 0,4^\circ$. Интенсивность пучка изменялась калиброванными нейтральными фильтрами при постоянной накачке лазера, что обеспечивало одинаковую структуру светового поля в образце, помещенном в фокус линзы $f = 5 \text{ см}$. Наблюдалось ВРМБ назад (угол рассеяния 180°).

Пороговые мощности возникновения ВРМБ ($P_{\text{ВРМБ}}$) определялись по резкому увеличению интенсивности света, отраженного исследуемым образцом на вакуумный фотодиод (в отсутствие ВРМБ свет отражается от полированных торцов образца). Для сравнения формы импульса рубинового лазера и импульса света, отраженного образцом, часть света лазера задерживалась на 32 нсек и попадала на тот же фотодиод. Если возникало ВРМБ, то отраженный свет, кроме сильного возрастания интенсивности, обнаруживал и дополнительные пульсации (рис. 1). Пороговые мощности разрушения ($P_{\text{разр}}$) регистрировались визуально по появлению в образце дефектов, рассеивающих свет вспомогательного $\text{Ne} - \text{He}$ лазера. Результаты эксперимента сведены в таблицу.

Из таблицы видно, что ВРМБ в стекле К-8 возникает при мощности большей, чем пороговая мощность разрушения. Этот результат качественно согласуется с данными работы [3], где $P_{\text{разр}}/P_{\text{ВРМБ}} = 0,5$ для силикатного стекла; количественное расхождение связано, по-видимому, с различием марок стекол.

Т а б л и ц а

Материал	$P_{\text{ВРМБ}}$			$P_{\text{разр}}$			$P_{\text{разр}} / P_{\text{ВРМБ}}$
	Мвт	дж/см ²	Мвт/см ²	Мвт	дж/см ²	Мвт/см ²	
Стекло К-8	6,0	164	10900	4,9	133	8900	0,8
Плавленый кварц	6,1	167	11100	8,0	220	14500	1,3
Кристаллический кварц (свет лазера вдоль оси Z)	4,9	133	8900	10,7*	290*	19500*	2,2*
				16,8	450	31000	3,5

* Точечное разрушение входного торца, остальные числа соответствуют объемному разрушению образцов.

Порог разрушения стекла в [3] ($= 100 \text{ дж/см}^2$) близок к значению, полученному в настоящей работе. Возникновение разрушений до порога ВРМБ, показывает, что в стекле ВРМБ не ответственно за разрушение.

В плавленом и кристаллическом кварце в настоящей работе впервые обнаружено ВРМБ без разрушения образцов при значительном превышении над порогом при комнатной температуре. Ранее ВРМБ без разрушения образцов наблюдалось лишь в кристаллическом кварце при $T = 80^\circ\text{K}$ [4] и в сегнетовой соли при $T = 300^\circ\text{K}$ [5]. ВРМБ без разрушения образцов нам удалось зарегистрировать и фотографически с помощью интерферометра Фабри-Перо (рис.2); сдвиги частоты рассеянного света $\Delta\nu = (0,825 \pm 0,025) \text{ см}^{-1}$ в плавленом кварце и $\Delta\nu = (0,975 \pm 0,025) \text{ см}^{-1}$ в кристаллическом кварце согласуются с измеренными в [1,2]. Кривая зависимости интенсивности отраженного света от мощности падающего, снятая для кристаллического кварца, показывает резкий экспоненциальный рост вблизи порога ВРМБ (рис.3).

Пороги разрушения в плавленом и кристаллическом кварце сильно менялись от образца к образцу и даже от точки к точке в одном и том же образце, причем в образце кристаллического кварца с большими внутренними напряжениями пороги разрушения и ВРМБ были близкими. По-

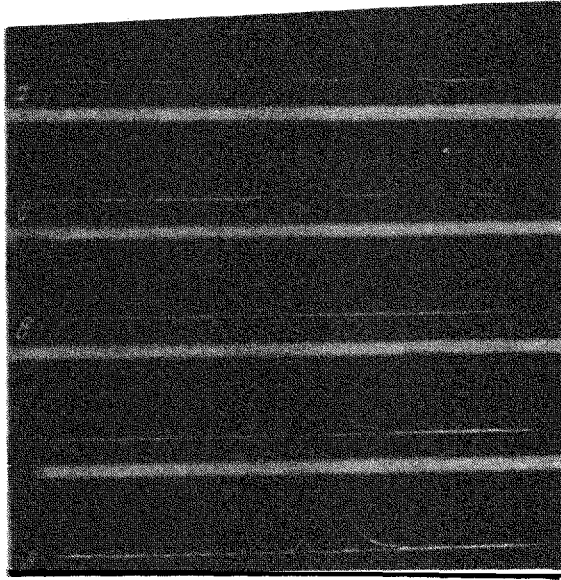


Рис.1. Осциллограммы отраженного света для плавного кварца (а, б) и кристаллического кварца (с, д): а - $P < P_{\text{ВРМБ}}$, б - $P \approx P_{\text{ВРМБ}}$, с - $P < P_{\text{ВРМБ}}$, д - $P = 1,1 P_{\text{ВРМБ}}$, е - $P = 1,75 P_{\text{ВРМБ}}$ (с, д - свет ослаблен в ~ 2 раза, е - в 10 раз по сравнению с а, б). Вся развертка - 100 нсек

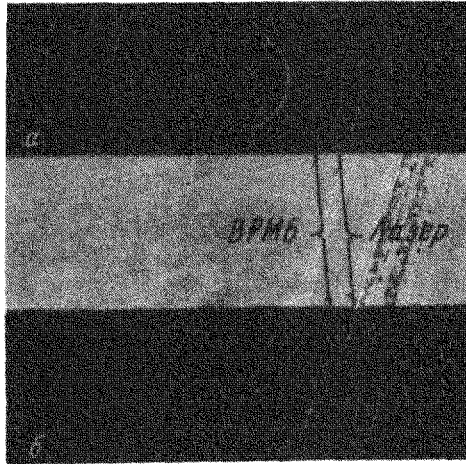


Рис.2. Интерферограммы ВРМБ: а - в плавном кварце при $P = 1,2 P_{\text{ВРМБ}}$, б - в кристаллическом кварце при $P = 1,25 P_{\text{ВРМБ}}$. Область дисперсии эталона Фабри-Перо $2,5 \text{ см}^{-1}$

роги ВРМБ практически не изменялись от образца к образцу. Приведенные в таблице мощности разрушения для кристаллического кварца соответствуют точкам с максимальным порогом разрушения в образце без внутренних напряжений.

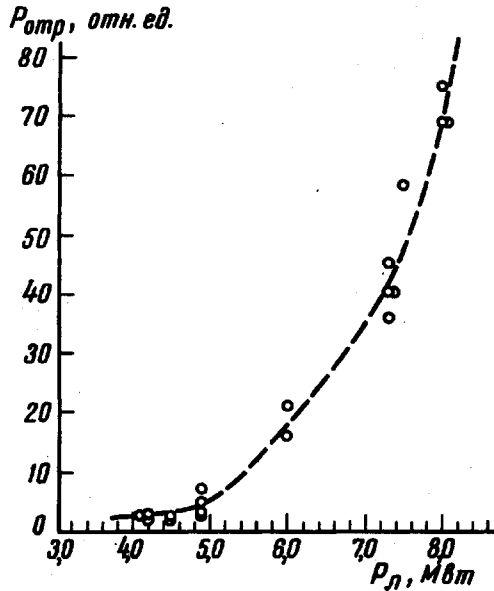


Рис.3. Зависимость интенсивности отраженного света от мощности падающего для кристаллического кварца

Чтобы выяснить, связано ли разрушение плавленого и кристаллического кварца под действием лазерного излучения с ВРМБ, мы, пользуясь теорией Кроля [6], произвели оценки мощности гиперзвука $P_{зв}$, генерируемого в процессе этого рассеяния. Эти оценки показали, что при мощностях лазерного излучения, являющихся пороговыми для объемного разрушения плавленого и кристаллического кварца (см. таблицу), $P_{зв}$ соответственно равно $\sim 100 \text{ вт/см}^2$ и $\sim 1,5 \cdot 10^4 \text{ вт/см}^2$.

Для кристаллического кварца величина $P_{зв}$ близка к значению потока звуковой мощности $\sim 10^4 \text{ вт/см}^2$, при которой амплитуда волны превышает предел прочности этого материала [6]. Это показывает, что ВРМБ может быть ответственно за разрушение кристаллического кварца, хотя возможен и другой механизм разрушения, в частности, ионизация.

Что касается плавленого кварца, то здесь можно вполне определенно заключить, что его разрушение не связано с ВРМБ, поскольку приведенная выше мощность гиперзвука $P_{зв} = 100 \text{ вт/см}^2$ намного меньше той, которая может вызвать разрушение (соответствующая этой

мощности амплитуда упругих напряжений $\sigma \approx 60 \text{ кг/см}^2$ много меньше напряжений разрыва $\sigma_{\text{разр}} \approx 3 \cdot 10^4 \text{ кг/см}^2$ для плавленого кварца [7]).

В заключении авторы выражают благодарность Н.Н.Денисову за помощь в работе.

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

Поступило в редакцию
20 июля 1967 г.

Литература

- [1] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 2, 246, 1965.
- [2] R.Y.Chiao, C.H.Townes, B.P.Stoicheff. Phys. Rev. Lett., 12, 592, 1964.
- [3] J.P.Budin, A.Donzel, J.Ernest, J.Raffy. Electronics Lett., 3, 31, 1967.
- [4] С.В.Кривохижа, Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 3, 345, 1966.
- [5] F.De Martini. Appl. Phys. Lett., 9, 31, 1966.
- [6] N.M.Kroll. J.Appl. Phys., 36, 34, 1965.
- [7] W.B.Hillig. J.Appl. Phys., 32, 741, 1961.