

# ТОНКАЯ СТРУКТУРА ЛИНИИ ТЕПЛООВОГО РАССЕЙЯНИЯ СВЕТА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО И ПРОДОЛЬНОГО ГИПЕРЗВУКА В СТЕКЛАХ

*Л.М.Сабиров, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский*

В этом письме приводятся результаты первого исследования тонкой структуры линии молекулярного рассеяния света (ТСМР) в стеклах при возбуждении светом различной поляризации и при одновременном наблюдении спектра ТСМР в двух взаимно-перпендикулярных направлениях поляризации.

Недавно была обнаружена тонкая структура крыла линии Релея (ТСК) в жидкостях [1], вызванная модуляцией света, рассеянного на флуктуациях анизотропии, поперечными звуковыми волнами, удовлетворяющими условию Брэгга. Такое объяснение ТСК было подтверждено нашими работами [2 – 4] и работой Стигмена и Стойчева [5]. Следовательно, ТСК должна описываться формулами теории Леонтовича [6] и Рытова [7] (см. также [8])<sup>1)</sup>

$$I_{zx}(\omega) = I_{yz}(\omega) = \text{const} \left\{ \frac{\omega^2 r}{\omega^2 + r^2 (\omega^2 - \Omega_T^2)^2} + \frac{r}{1 + \omega^2 r^2} \right\}, \quad (1)$$

$$I_{yx}(\omega) = \text{const} \left\{ \frac{(\omega^2 - \Omega_L^2)^2 r}{(\omega^2 - \Omega_L^2)^2 + \omega^2 r^2 (\omega^2 - \Omega_S^2)^2} + \frac{r}{1 + \omega^2 r^2} \right\}. \quad (2)$$

Здесь  $\Omega_S = 2n\omega_0 V_S / c \sin \theta / 2$ ,  $\Omega_T = 2n\omega_0 V_T / c \sin \theta / 2$ ,

$$\Omega_L^2 = \Omega_S^2 - 4/3 \Omega_T^2, \quad V_S = \left( \frac{\lambda + 4/3\mu}{\rho} \right)^{1/2}, \quad V_T = (\mu/\rho)^{1/2}$$

$r$  – время релаксации анизотропии,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\rho$  – модуль сжатия, модуль сдвига и плотность, соответственно,  $\theta$  – угол рассеяния.

Из формулы (1) следует, что ТСК в  $I_{zx}$  должна быть точно такой, как в  $I_{yz}$ , хотя  $I_{zz}$  отличается от  $I_{yx}$ .

На рис. 1, а и 1, б (см. вклейку) приведены спектры  $I_{zx}$  и  $I_{yz}$  в хинелине [2, 4], которые указывают на полное качественное согласие между опытом и теорией.

<sup>1)</sup> Плоскость рассеяния  $xy$ . Возбуждающий свет распространяется по оси  $x$ . Рассеянный свет наблюдается вдоль оси  $y$ . Первый индекс у  $I_{ik}$  означает направление поляризации возбуждающего света, а второй индекс – направление поляризации рассеянного света.

Интерес представляет развитие "поперечного" дублета в  $I_{zx}$  и  $I_{yz}$  при повышении вязкости жидкости вплоть до стеклообразного состояния.

В нашем эксперименте при охлаждении хиолина от  $52^\circ$  до  $2^\circ\text{C}$  не наблюдалось изменения положения максимумов дублета ( $\Omega_T \sim \text{const}$ ), а в опытах Стигмана и Стойчева [5] было отмечено даже некоторое уменьшение  $\Omega_T$  приблизительно в том же температурном интервале.

Если к этому случаю приложима максвелловская схема вязкости (хотя это может быть и не так) и если  $\Omega_T \tau > 1$ , то  $\mu$  остается практически постоянным, что может объяснить неизменность  $\Omega_T$  в изучаемом небольшом интервале изменения  $\eta$ <sup>1)</sup>.

Ясно (из эксперимента, например), что при значительном увеличении вязкости прежняя схема не выполняется и  $\mu$  значительно возрастает, но картина ТСМР остается аналогичной наблюдаемой в хиолине (рис.1) и других жидкостях [1,2,3,4], но  $\Omega_T$  должно быть большим, а компоненты дублета и центральная линия – узкими ( $\tau$  – велико), и рис.2, на котором представлены  $I_{zx}$  и  $I_{yz}$  для плавленого кварца, именно это и доказывает.

Результаты измерения смещения компонент тонкой структуры молекулярного рассеяния света в плавленом кварце и стекле К-8 ( $\theta = 90^\circ$ )

	$n$	$\Delta\theta_x,$ $\text{см}^{-1}$	$V_x,$ $\text{м/сек}$	$\Delta\theta_T,$ $\text{см}^{-1}$	$V_T,$ $\text{м/сек}$	$\mu \cdot 10^{-11},$ $\text{дн/см}^2$	$\lambda \cdot 10^{-11},$ $\text{дн/см}^2$
Плавленый кварц	1,46	0,64	5900	0,41	3800	3,2	3,6
Стекло К-8	1,51	0,68	6000	0,41	3600	3	4,3

В таблице для плавленого кварца и стекла К-8 представлены измеренные величины смещений компонент поперечного ( $I_{zx} = I_{yz}$ ) и продольного ( $I_{zz}$ ) дублетов и рассчитанные по ним упругие модули.

Особый интерес представляет спектр  $I_{yx}$  (рис.2, см. вклейку). Здесь, кроме вольно интенсивной центральной линии<sup>2)</sup>, наблюдаются компоненты

1) Результаты [5], по-видимому, обязаны сложной игрой компонент "триплета" (форм. (1)), вызванной изменением  $\tau$ .

2) На всех снимках рис. 2 интенсивность центральной линии в значительной степени определяется паразитным светом, рассеянным на статических неоднородностях.

Мандельштама — Бриллюэна, имеющие такое же смещение, как компоненты Мандельштама — Бриллюэна в  $I_{xx}$  и соответствующие  $\omega = \pm \Omega$ . Слабые компоненты Мандельштама — Бриллюэна в  $I_{yx}$  в жидком хинине наблюдались в работе Стигмена и Стойчева [5]. Физическая причина того, что в  $I_{yx}$  наблюдаются компоненты Мандельштама — Бриллюэна, заключается в том, что продольная, поперечная звуковые волны и "волна анизотропии" связаны между собой и это обстоятельство находит выражение в системе уравнений Леонтовича [6, 8], из которых в конечном итоге получаются формулы (1) и (2). Теория рассеяния в твердом теле качественно приводит к тому же результату и дает количественное выражение для интенсивности соответствующих компонент [8].

Таким образом, общая картина возникновения "поперечного" дублета выяснена, но остается очень трудная задача изучения кинетики этого явления с изменением вязкости.

Авторы выражают благодарность В.П.Зайцеву и Л.А.Зубкову за помощь при проведении эксперимента.

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

Поступило в редакцию  
31 июля 1968 г.

#### Литература

- [1] В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 5, 317, 1967.
- [2] I. L. Fabelinskii, V. S. Starunov. Appl. Optics, 6, 1793, 1967.
- [3] В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Тонкая структура теплового крыла линии Релея. Доклад на III Всесоюзном симпозиуме по нелинейной оптике, г.Ереван, 1967.
- [4] Е.В.Тиганов. Распространение продольного и поперечного гиперзвука в жидкостях. Диссертация, ФИАН, М., 1967.
- [5] G. I. A. Stigman, B. P. Stoicheff. Light, scattering from shear Waves on Liquids, preprint, 1968.
- [6] M. A. Leontovich. J. Physics USSR, 4, 499, 1941.
- [7] С.М.Рытов. ЖЭТФ, 33, 514, 667, 1957.
- [8] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. Изд. Наука, М., 1965.