

*Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 171. — 175*

*5 августа 1971 г.*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

*Д. В. Власов, В. П. Зайцев*

Теоретическое рассмотрение различных механизмов нелинейной оптической активности (НОА) выполнено в ряде исследований [ 1 – 6]. Нелинейное приращение угла поворота плоскости поляризации для ориентационного и стрикционного механизмов согласно оценкам [ 2] есть

$$\Delta\theta \sim 10^{-12} [\alpha] \ell I, \quad (1)$$

где  $[a]$  – удельное вращение,  $l$  – длина области нелинейного взаимодействия,  $I$  – интенсивность лазерного импульса; а в случае теплового механизма [6]

$$\Delta\theta^T \sim 10^{-3} [a] k_{\omega} \int_{-\infty}^t I(r) dr, \quad (2)$$

где  $k_{\omega}$  – коэффициент поглощения света. Возможность варьирования в широких пределах  $\Delta\theta^T$ , за счет изменения  $k_{\omega}$ , выгодно отличает тепловой механизм НОА. В настоящей работе приводятся результаты первого экспериментального наблюдения и измерения НОА в окрашенных кристаллическом кварце и в одном растворе сернокислого L-цистина. Эффект НОА, который наблюдался нами, обусловлен поглощением энергии импульса света, излучаемого рубиновым лазером в режиме свободной генерации. Энергия импульса составляла 20 – 30 дж.

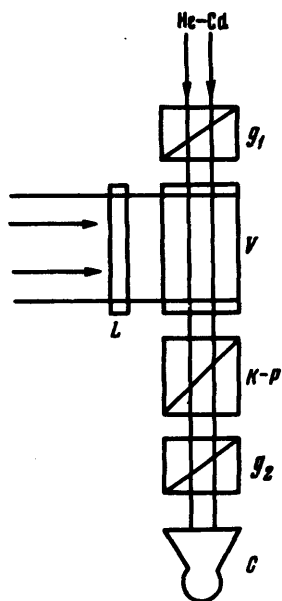


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. L – цилиндрическая линза, V – исследуемый оптически активный образец, K – P – призма Корней – Прата,  $g_1$ ,  $g_2$  – призмы Глана, C – скоростная кинокамера СК-1.

Нелинейный угол поворота плоскости поляризации  $\Delta\theta^T$ , обусловленный поглощением [6], в случае жидкости определяется величиной коэффициента расширения и поглощенной энергией и по оценкам из (2) составлял  $\sim 10^\circ$ . Для окрашенного кварца  $\Delta\theta^T \sim 40^\circ$ . Изучаемый кристалл кварца подвергался облучению рентгеновскими лучами, в результате чего приобретал темнокоричневую окраску, а раствор L-цистина подкрашивался медным купоросом. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Свет импульсного лазера фокусируется цилиндрической линзой L в оптически активный образец V. В перпендикулярном направлении образец просвечивается широким пучком линейно-поляризованного света He – Cd лазера  $\lambda = 4416 \text{ \AA}$  (в случае кристалла – вдоль оптической оси). За призмой Корней –

Прата [7] ( $K - P$ ) установлена призма Г'лана ( $g_2$ ). Система полос<sup>1)</sup> фокусируется на пленку скоростной кинокамеры (С).

На рис. 2, а показано характерное изменение кривизны полос, полученное в окрашенном кварце. Измерение смещения полос (2, а 2; 2, а 3; 2, а 4) позволяет определить изменение угла поворота плос-

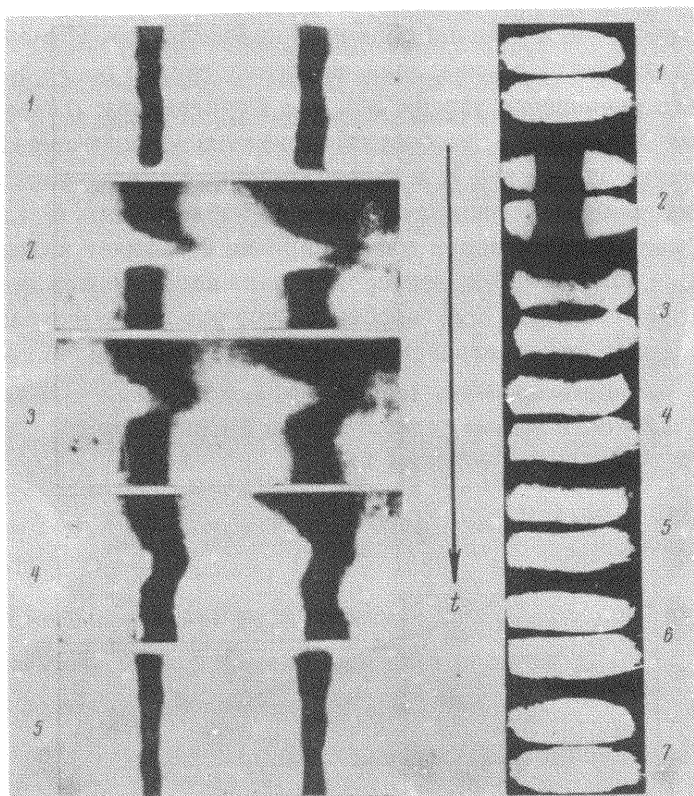


Рис. 2. Фотографии полос после анализатора. 2, а. Кристаллический кварц. 1 — до импульса рубинового лазера, 2 —  $t_2 = 1,3 \cdot 10^{-3}$  сек после импульса; 3 —  $t_3 = 2,6 \cdot 10^{-3}$  сек; 4 —  $t_4 = 10^{-2}$  сек; 5 —  $t_5 = 10^{-1}$  сек. 2, б. Водный раствор сернокислого L-цистина. 1 — до импульса рубинового лазера; 2 —  $t_2 = 5 \cdot 10^{-2}$  сек; 3 —  $t_3 = 6 \cdot 10^{-1}$  сек; 4 —  $t_4 = 1,35$  сек; 5 —  $t_5 = 2,2$  сек; 6 —  $t_6 = 3$  сек; 7 —  $t_7 = 5$  сек.

<sup>1)</sup> Призма Корней — Прата [7] сделана из левого и правого кварцев (рис. 1) и поэтому при падающем линейно-поляризованном свете после поляризатора  $g_2$  (рис. 1) будет наблюдаться система полос. Положение системы полос определяется только направлением колебаний электрического вектора световой волны. Поворот вектора  $E$  приводит к смещению полос. Деполаризация света лишь изменит контраст полос.

кости поляризации от времени (рис. 3), и рассчитать температуру фокальной области. Характерное время выравнивания температуры, определенное по графику рис. 3 составляет  $\sim 10^{-2}$  сек, что по порядку величины совпадает со временем релаксации температуры,

определяемым уравнением теплопроводности  $\tau = \frac{\rho C a^2}{\kappa} \sim 10^{-2}$  сек,

где  $\rho$  – плотность,  $C$  – удельная теплоемкость,  $a$  – характерный линейный размер,  $\kappa$  – коэффициент теплопроводности. Это свидетельствует о тепловом характере наблюдаемой нелинейности. Изменение угла поворота плоскости поляризации, непосредственно после прохождения импульса рубинового лазера рис. 2, а 2 составляет  $\Delta\theta^T = 42 \pm 7^\circ$  при начальном  $\theta_0 = 450^\circ$ , что соответствует нагреванию образца на  $475^\circ\text{C}$ . Как видно из рисунка 2, в кристаллическом кварце тепловая дефокусировка пробного луча практически не наблюдалась. В жидкости (рис. 2, б) наоборот, тепловая дефокусировка подавляет явление НОА. Как видно из рис. 2, б 2, непосредственно после прохождения импульса рубинового лазера, свет пробного луча уходит из фокальной области вследствие дефокусировки. Искривление полос видно только в последующие моменты времени. (рис. 2, б 3; 2, б 4; 2, б 5). Таким образом в случае жидкости можно говорить лишь о качественном согласии наблюдаемого эффекта с расчетом [6].

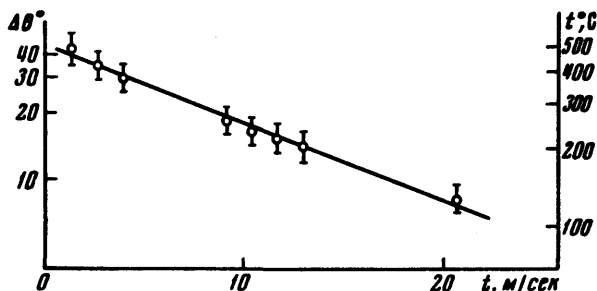


Рис. 3. По оси ординат отложено: справа – температура в логарифмическом масштабе, слева – соответствующее изменение угла поворота плоскости поляризации в кристаллическом кварце. По оси абсцисс отложено время

Сильная дефокусировка пробного луча может, вообще говоря, привести к искривлению наблюдаемых полос. Экспериментальное доказательство того, что влияние дефокусировки мало, было получено при повороте призмы Корней – Прата на  $180^\circ$ . При этом, в случае НОА меняется знак кривизны полос, в то время, как возможное влияние дефокусировки, инвариантно относительно подобного поворота. Эти контрольные эксперименты показывают, что искривление полос вследствие тепловой дефокусировки отсутствует в кварце и мало по сравнению с эффектом НОА в жидкости.

Очевидно, что методику регистрации, предложенную в этой работе, можно использовать, при соответствующем подборе масштаба временной развертки, для измерения НОА, обусловленной электрострикционным, ориентационным [2] и другими механизмами [1 - 6].

Самовоздействие света вследствие НОА может быть использовано для получения амплитудной модуляции мощных световых импульсов. Оценки показывают, что при гелиевых температурах на тепловом механизме в кварце можно получить субнаносекундную модуляцию гигантского импульса. Более короткие импульсы могут быть получены при НОА, обусловленной возбуждением внутри молекулярных степеней свободы [3], а также ориентационным механизмом [2].

Авторы глубоко благодарны И.Л.Фабелинскому за ряд ценных предложений, В.С.Старунову за критические замечания, а также Е.И.Кузнецовой за помощь в подготовке растворов.

Физический институт  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
30 июня 1971 г.

### Литература

- [ 1 ] С.А.Ахманов, В.И.Жариков. Письма в ЖЭТФ, 6, 644, 1967.
- [ 2 ] S.Kielich. J. of Opto-electronics, 1, 75, 1969.
- [ 3 ] P.A.Atkins, L.D.Barron. Proc. Royal. Soc., 304, 303, 1968.
- [ 4 ] S.Kielich. Opt. Commun., 1, 129, 1969.
- [ 5 ] С.И.Рыжикова, И.В.Гомов. Вестник МГУ, 2, 218, 1971.
- [ 6 ] Д.В.Власов. Тепловой механизм НОА (в печати).
- [ 7 ] Измерение характеристик ОКГ. М., 1969.
- [ 8 ] R.Bünnagel, H. Nahne. Zeitschrift für Instrumentunde. 75, 389, 1967.
- [ 9 ] S.Shandrasekhar. Proc Ind. Acad. Sci, 35, 103, 1952.
- [ 10 ] R.B.Sosman. "Silica". New-York. 1927.