

ПРОЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИСПЕРСИИ СВЕТА ВБЛИЗИ КВАДРУПОЛЬНОЙ ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ ЗАКИСИ МЕДИ

Л. Е. Соловьев и С. Б. Московский

Оптическая анизотропия кубических кристаллов впервые наблюдалась экспериментально в [1]. Исследованная линия $n=1$ желтой серии экситонного спектра кристалла Cu_2O , в отличие от остальных линий серии, значительно отклоняется по спектру от положения, приписываемого ей формулой Ридберга. Кроме того, она отличается от линий с $n \geq 2$ значительно меньшей интенсивностью и спектральной шириной. Исследования [1] проводились при температуре $T=77$ К. Было установлено, что анизотропия интенсивности и поляризации линии $n=1$ в закиси меди соответствует квадрупольному поглощению света. В работе [2] была сделана попытка использования теории пространственной теории света (ПД) для объяснения осцилляций интенсивности линии в зависимости от толщины кристалла.

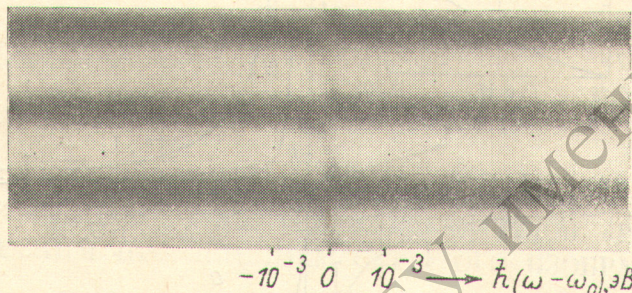


Рис. 1. Интерферограмма в спектральной области КЛП Cu_2O ($T=4.2$ К).

В данной работе теория ПД привлечена для описания дисперсии двупреломления вблизи квадрупольной линии поглощения КЛП. Нами использовались монокристаллические пластинки Cu_2O толщиной до 3 мм, вырезанные перпендикулярно оси C_2 (плоскости граней при этом содержат оси C_4 и C_2). В такой геометрии при нормальном падении света на пластинку КЛП полностью поляризована $E \parallel C_4$ [1, 3], что позволило применить методику интерференции поляризованных лучей с использованием компенсатора Бабиня [4]. Эксперимент проводился при температуре 4.2 К. Дисперсия спектрографа составляла 2 Å/мм. Очевидно, что методика [4] в пропускании позволяет наблюдать дисперсию двупреломления $\Delta n(\omega) = n^*(\omega) - n_0$, где n_0 — фоновый показатель преломления, соответствующий поляризации $E \parallel C_2$, $n^*(\omega)$ — эффективный показатель преломления в поляризации $E \parallel C_4$. Одна из полученных интерферограмм представлена на рис. 1. Несмотря на малую спектральную ширину картины двупреломления и наличие в ее центре линии поглощения, на рис. 1 видны две ветви, соответствующие областям нормальной дисперсии по разные стороны от резонанса.

Расчет кривой дисперсии проводился двумя способами: 1) на основе модели классического осциллятора (КО) с константами затухания 0.3 см^{-1} ; 2) с учетом ПД (рис. 2). Значения параметров были взяты из работ [5-6].

В классическом случае для n^* использовалась формула ¹

$$n^*(\omega) = \left[\epsilon_0 \left(1 - \frac{g}{\omega - \omega_0 + g + i\gamma} \right) \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где ϵ_0 — фоновая диэлектрическая постоянная, g — квадрупольный момент, ω_0 — частота исследуемого перехода, γ — константа затухания.

¹ Под показателями преломления всюду понимаются вещественные части соответствующих выражений.

При учете ПД в поляризации $E \parallel C_4$ распространяются две волны с показателями преломления [6-7]

$$n_{\pm}^2 = \frac{1}{2} [\xi \pm (\xi^2 - \mu)^{1/2}] \quad (2)$$

и соотношением амплитуд

$$q = \frac{E_-}{E_+} = - \frac{n_-(n_+^2 - \varepsilon_0)}{n_+(n_-^2 - \varepsilon_0)}, \quad (3)$$

где

$$\xi = \varepsilon_0 + \frac{2Mc^2}{\hbar\omega^2} (\omega - \omega_0 + g + i\gamma),$$

$$\mu = \frac{8Mc^2}{\hbar\omega^2} \varepsilon_0 (\omega - \omega_0 + i\gamma),$$

c — скорость света в вакууме, \hbar — постоянная Планка, M — эффективная масса экситона. При константах затухания порядка спектральной ширины

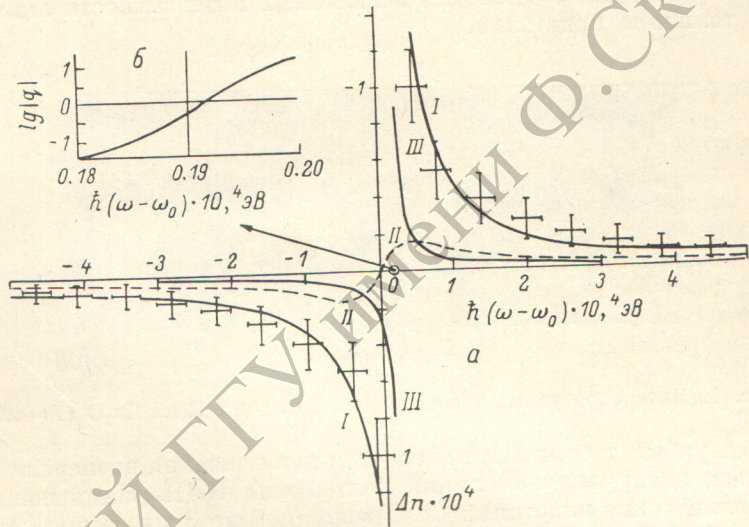


Рис. 2.

a — сопоставление эксперимента с расчетами. I — кривые $n_{\pm}(\omega)$, II — дупреломление в случае KO , III — кривые $n_{\pm}(\omega)$, рассчитанные для g из [6]. b — соотношение амплитуд $|q(\omega)|$.

экспериментальной кривой формулы (2)—(3) не имеют смысла. Согласно [6], разумные значения $\hbar\gamma \sim 10^{-9}$ эВ. Варьирование $\hbar\gamma$ в широких пределах (от 10^{-11} до 10^{-7} эВ) практически не вносило изменений в спектральный ход кривых $n_{\pm}(\omega)$, $|q(\omega)|$. Интегральное поглощение при этом растет с увеличением $\hbar\gamma$.

Использование величины квадрупольного момента g по данным [6] в расчетах дисперсии KO дало результат, совершенно не соответствующий эксперименту. Кривые $n_{\pm}(\omega)$ при таком значении g лишь качественно повторяют ход экспериментальной кривой (см. кривые III на рис. 2, a). Таким образом, потребовалось количественное уточнение величины g , использованной в [6]. Для этого из мнимой части (1) обычным образом было рассчитано интегральное поглощение и найдена величина g , соответствующая поглощению [5]. Затем было учтено уменьшение интегрального поглощения с температурой [8]. Кривые $I(n_{\pm}(\omega))$ и $II(KO)$ рис. 2, a соответствуют одинаковому интегральному поглощению света ($\sim 6 \text{ см}^{-2}$), при этом в расчетах с ПД использовалось значение $\hbar\gamma = 8 \cdot 10^{-8}$ эВ. Из рисунка 2, a видно, что кривые $n_{\pm}(\omega)$ находятся в пределах погрешности, а дисперсия KO не описывает эксперимента.

Следует заметить, что на рис. 2, a изображены лишь те части кривых $n_{\pm}(\omega)$, где соответствующая волна доминирует над другой, согласно рис. 2, b . Кроме того, кривые $n_{\pm}(\omega)$ не изображены в узкой спектральной области вблизи ре-

зонансной частоты $\omega_{рез} = \omega_0 + (\epsilon_0 \hbar \omega^2 / 2Mc^2)$, так как ширина этой области сравнима с шириной аппаратной функции спектрографа, и измерение больших значений дисперсии, возникающих здесь, становится невозможным.

При температуре 77 К размах кривой дисперсии становится значительно меньше. Это объясняется, по-видимому, тем, что в данной области температур формулы (2), (3) теряют смысл, а дисперсия КО становится малой из-за увеличения затухания [8]. Вместе с тем, при данной температуре сильно возрастает поглощение в области КЛП, что также соответствует [8].

Л и т е р а т у р а

- [1] Е. Ф. Гросс, А. А. Каплянский. ДАН СССР, 132, 38, 1960.
- [2] И. С. Горбань, В. Б. Тимофеев. ДАН СССР, 140, 791, 1961.
- [3] В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. «Наука», М., 1979.
- [4] Л. Е. Соловьев, А. В. Бабинский. Письма ЖЭТФ, 23, 291, 1976.
- [5] Е. Ф. Гросс, А. А. Каплянский. ДАН СССР, 139, 75, 1961.
- [6] A. S. Davudov, A. A. Eremko. Phys. Stat. Sol. (b), 59, 251, 1973; A. C. Давыдов. Теория твердого тела. «Наука», М., 1976.
- [7] С. И. Пекар, В. Н. Писковой, Б. Е. Цеквава. ФТТ, 23, 1905, 1981.
- [8] Ф. И. Крейнгольд, В. Л. Макаров. Письма ЖЭТФ, 20, 441, 1974.

Поступило в Редакцию 23 ноября 1981 г.

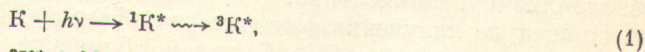
УДК 771.5

ОБЪЕМНЫЕ ФАЗОВЫЕ РЕГИСТРИРУЮЩИЕ СРЕДЫ «РЕОКСАН» С ФИЗИЧЕСКИМ ПРОЯВЛЕНИЕМ СКРЫТОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Г. И. Лашков, А. П. Попов и О. Б. Ратнер

Ранее сообщалось о регистрирующих средах «реоксан», фазовый эффект записи излучения в которых обусловлен реакциями сенсibilизированного красителями фотоокисления антраценовых соединений в твердых полимерных матрицах [1, 2]. В этих материалах фоторефракция в видимой части спектра обусловлена трансформацией антраценовых соединений в их трансаннулярные перекиси, резко отличающиеся по интенсивности и спектральному положению поглощения в УФ области. Очувствление пластмасс к заданной рабочей длине волны видимого излучения осуществляется за счет спектрального сенсibilизатора-красителя, инициирующего фотоокисление путем возбуждения кислорода в синглетное состояние.

Последовательность фотопроцессов, имеющих место при записи излучения $h\nu$ можно изобразить следующей схемой:



где K , ${}^1K^*$, ${}^3K^*$ — краситель в основном, синглетном и триплетном возбужденных состояниях; 1O_2 , 3O_2 — кислород в возбужденном синглетном и триплетном состояниях; A , AO_2 — антраценовое соединение и его трансаннулярная перекись.

В соответствии с принципом построения сред реоксан [2] соотношение рабочих концентраций A и K составляет величину 100 ÷ 500 и исчерпывающее окисление A , приводящее к максимальному изменению показателя преломления Δn под действием света, возможно при многократном участии K в актах (1) и (2).

Существенным этапом разработки сред явилось создание полимерной композиции на основе полиметилметакрилата (ПММА), обеспечивающей величину