

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 299 (2015), 60 – 63

CALCULATION OF THE OPTICAL CONSTANTS OF THE TETRAGONAL LITHARGE CRYSTALS FROM THE ANALYSIS OF TRANSMISSION SPECTRA

K. K. Nurakhmetova¹, T. M. Akbekov²

¹Kazakh national technical university after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,

²KSU named after I. Arabayev, Bishkek, Kyrgyzstan

E-mail: nurakhmetova52@mail.ru

Key words: spectrum, plane-parallel, interference, Fabry-Perot, crystal, polarization.

Abstract. The subject of this paper is to determine the optical constant spectra of bandwidth PbO_t in the energy region from 1.5 to 3.0 eV. The measurement was carried out on natural samples polarized light, having the form of right rectangular prisms with mirrored surfaces. For retrieving data from the spectral dependences surveyed the transmission spectra of thin plane-parallel plates with different thicknesses. The study found that the position of the extrema of the interference spectra and their frequency depends on the polarization of light.

УДК.546.815/819:535.37:66-97

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ КРИСТАЛЛОВ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ МОНООКИСИ СВИНЦА ИЗ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ ПРОПУСКАНИЯ

К. К. Нурахметова¹, Т. М. Акбеков²

¹Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

²Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, Кыргызстан,

НИИФ при СбГУ г.Санкт-Петербург

Ключевые слова: спектр, плоскопараллельность, интерференция, Фабри-Перо, кристалл, поляризация.

Аннотация. Работа посвящена определению оптических постоянных из спектров пропускания PbO_t в энергетической области от 1,5 эВ до 3,0 эВ. Измерения проводились на естественных образцах поляризованного света, имеющих форму правильных прямоугольных призм с зеркальными поверхностями. Для получения данных со спектральных зависимостей проводилось исследование спектров пропускания тонких плоскопараллельных пластин с различными толщинами. В результате исследования было обнаружено, что положение экстремумов интерференционных спектров и их частота зависит от поляризации света.

Спектральные характеристики оптических констант $n(h\nu)$ и $\alpha(h\nu)$ в области малых коэффициентов поглощения $\alpha < 3,0 \text{ эВ}$ определялись из спектров пропускания плоскопараллельных пластин по методике, описанной в [1]. Для слоистого соединения PbO условия, необходимые для наблюдения таких спектров – плоскопараллельность пластин выполняются идеально. Спектры пропускания состоят из последовательности максимумов и минимумов, спектральное положение которых и соотношение интенсивностей несет информацию не только о величине показателя преломления $n(h\nu)$, но и $\alpha(h\nu)$ величине поглощения. Обычно $n(h\nu)$ определяется по спектральному положению максимумом λ_{\max} и минимумом λ_{\min} пропускания по формулам:

$$\text{условия максимумов } n(\lambda_{\max}) = \frac{N\lambda_{\max}}{d}; N = 2, 4, 6;$$

$$\text{условия минимумов } n(\lambda_{\min}) = \frac{N\lambda_{\min}}{d}; N = 1, 3, 5;$$

где d – толщина образца, N – порядок интерференции.

Для получения данных со спектральными зависимостями проводилось исследование спектров пропускания тонких плоскопараллельных пластин с различными толщинами от 0,2 до 100 мкм. Необходимость использования такого широкого набора толщин образцов была вызвана двумя обстоятельствами. Первое – сильным уменьшением пропускания с ростом энергии, особенно в спектральном интервале 2,8-3,0 эВ. Второе – тем, что интерференционная методика позволяет вычислять только при фиксированных энергиях в экстремумах интерференционной картины. Для получения $n(\alpha)$ в других точках нужно изменять толщину образца, смешая тем самым интерференцию картины.

В методике расчета с учетом интерференции Фабри-Перо необходимо определить порядок интерференции N . Проводя измерения в области малых коэффициентов поглощения области прозрачности, можно одновременно определить толщину кристалла d и порядок интерференции N только в случае отсутствия на поверхности исследуемого образца чужеродной пленки. Контролировать правильность вычислений можно непосредственно измеряя толщину кристалла или сравнивая вычисленные значения $n(h\nu)$ с независимо измеренными. Из литературы [2] известно, что PbO обладает повышенной химической активностью, в результате которой на поверхности могут образовываться различные пленки.

Для того чтобы определить, насколько действительно активна поверхность исследуемых нами кристаллов PbO и для учета эффектов, связанных с возможным появлением пленок, было проведено исследование интерференционных спектров пропускания в области прозрачности на различных кристаллах, имеющих как естественные поверхности роста, так и на образцах полученные скальванием. В результате исследований было установлено, что отношение

$$\text{интенсивностей в максимуме и минимуме } M = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} \text{ пропускания изменяется от образца к об-}$$

разцу. Максимальное значение M было получено на кристаллах со свежесколотыми поверхностями. Как показали вычисления, максимальное значение M соответствует «чистой» поверхности. Наблюдения показали, что это отношение M не меняется в процессе отдельного эксперимента. При длительном хранении кристаллов в обычной атмосфере резкость интерференционной структуры уменьшалась. Однако спектральное положение экстремумов спектра пропускания не менялось. Таким образом, даже в случае кристаллов с «испорченной» поверхностью, изменения длины волн максимумов и минимумов интерференционного спектра, можно вычислить $n(h\nu)$.

Порядок интерференции и толщину кристалла можно определить, зная зависимость $n(h\nu)$ только в некотором участии исследуемого интерференционного спектра.

Таким образом, процедура определения $n(h\nu)$ состояла в последовательной записи частично перекрывающихся интерференционных спектров. Вычислялся по формулам (1) ход изменения $n(h\nu)$ на кристаллах с «чистой» поверхностью и далее эти значения использовались при дальнейших вычислениях $n(h\nu)$. Полученные таким образом зависимости $n(h\nu)$ в изотропной геометрии $E \perp C, K \amalg C$ представлены на рисунке 1.

Спектральная зависимость показателя преломления в поляризации света $E \perp C$ $n(h\nu)$ определялась из спектров пропускания объемных образцов.

Измерения проводились на естественных образцах, имеющих форму правильных прямоугольных призм с зеркальными поверхностями. В таких кристаллах две боковые грани были перпендикулярны оптической оси, а четыре – содержали оптическую ось. При распространении света

вдоль слоев ($K \perp C_4$) хорошо наблюдалась интерференция Фабри-Перо, хотя и менее резкая по сравнению с геометрией $K \Pi C_4$. Было обнаружено, что положение экстремумов интерференционных спектров и их частота зависит от поляризации света. Это указывало на различный ход показателя преломления света в поляризациях $E \Pi C_4$ и $E \perp C_4$. Измеренная в геометрии $K \perp C_4$ спектральная зависимость $n(h\nu)$ совпадает с результатами [3] полученными на пластичных кристаллах в геометрии $K \Pi C_4$. Это указывает на возможность получения достоверных результатов и для $n_{\Pi}(h\nu)$. Спектральные зависимости $n_{\Pi}(h\nu)$ представлены на рисунке 1.

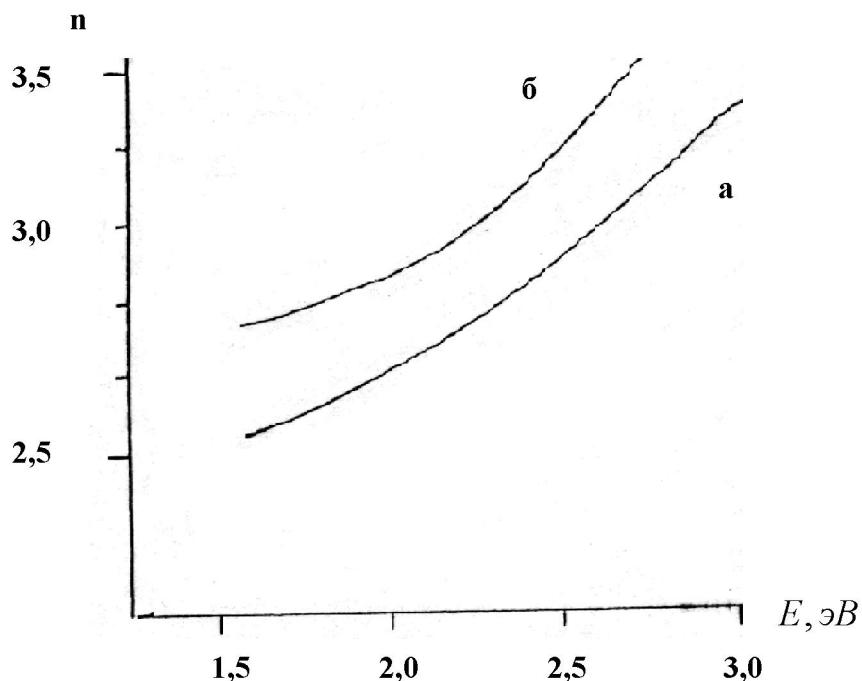


Рисунок 1 – Спектральные зависимости показателя преломления, измеренные при 77К в поляризациях $E \perp C$ - n_{\perp} (a) и $E \Pi C$ - n_{Π} (б)

Во всем измеренном нами интервале энергий рисунка 1 однако скорость нарастания n_{Π} с увеличением энергии больше чем n_{\perp} .

Анализируя полученные данные можно заключить, что оптический резонанс, ответственный за появление дисперсии показателя преломления $n_{\perp}(h\nu)$ имеет большую силу осциллятора и расположен при больших энергиях, чем резонанс, приводящий к появлению дисперсии $n_{\Pi}(h\nu)$.

При уменьшении температуры спектральные n_{Π}, n_{\perp} кривые, не изменяя своей структуры, смещаются в область больших энергий. Спектральная зависимость коэффициента поглощения α определялась только при $E \perp C$, $K \Pi C$, так как для проведения надежных измерений требовались кристаллы с высоким качеством отражающих поверхностей. Результаты вычислений представлены на рисунке 2.

В области энергий 2,24-2,34 эВ наблюдаются две слабые размытые ступеньки, за которыми следует участок линейного роста. В основных чертах это поглощение повторяет структуры в области 1,9-2,3 эВ и также, вероятно, связано с непрямыми переходами, не с более глубокими зонами. С ростом температуры спектр расширяется и смещается в область больших энергий, аналогично температурному смещению длинноволнового края.

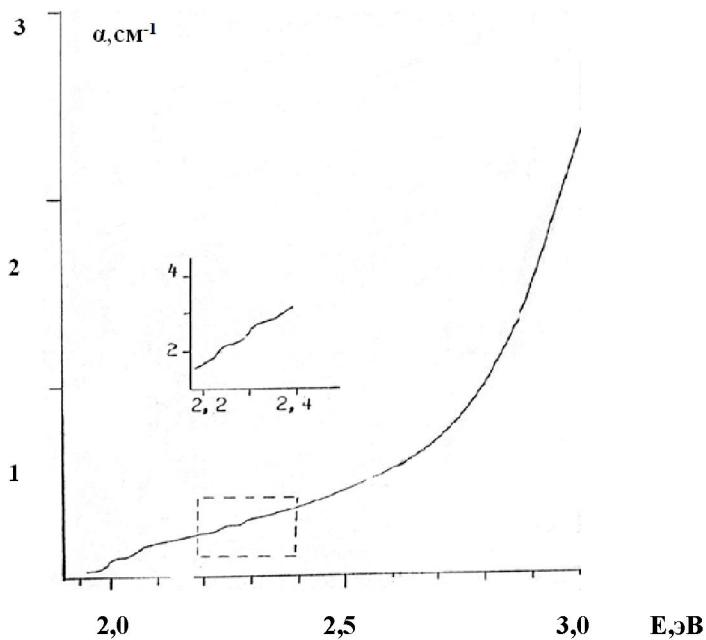


Рисунок 2 – Спектральные зависимости коэффициента поглощения α , см^{-1} , при 77К в поляризации $E \perp C$

Анализируя ход изменения оптических констант $n(h\nu)$ и $\alpha(h\nu)$, вычисленных из спектров пропускания и отражения [3], можно сделать вывод, что прямые разрешенные зона-зонные переходы начинаются при энергиях $h\nu > 3,06\text{эВ}$ в поляризации $E \perp C$ и $h\nu > 3\text{эВ}$ в поляризации $E \parallel C$. Об этом свидетельствует резкое нарастание поглощения и его большая величина, достигающая в максимуме.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников. – 1977. – С. 56-70.
- [2] Извозчиков В.А., Тимофеева О.А. Фотопроводящие окислы свинца в электронике. – Л., 1979. – С. 140-142.
- [3] Акбеков Т.М, Гайсин В.А., Недзвецкий Д.С. Оптические константы тетрагональной окиси свинца в области 800-250 нм // Вестник ЛГУ. – 1991. – Сер. 4, вып. 3.

REFERENCES

- [1] Uhanov Ju.I. Optical properties of semiconductors, 1977, p. 56-70 (in Russ.).
- [2] Izvozchikov V.A., Timofeeva O.A. Photoconductive lead oxides in electronics. L.: 1979, p. 140-142 (in Russ.).
- [3] Akbekov T.M, Gajsin V.A., Nedzveckij D.S. Optical constants of Tetragonal lead oxide in 800-250 nm. Vestnik LGU. Ser. 4, № 3, 1991 (in Russ.).

ҚОРҒАСЫН ТЕТРАГОНАЛЬДЫ МОНОТОТҚЫСЫНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ТҮРАҚТЫЛАРЫН ӨТКІЗУ СПЕКТРЛЕРІН ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ ЕСЕПТЕУ

К. К. Нұрахметова¹, Т. М. Ақбеков²

¹К. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазакстан,

²И. Арабаев атындағы Қыргыз мемлекеттік университеті, Бішкеқ, Қыргызстан

Тірек сөздер: спектр, жалпақпараллельділік, интерференция, Фабри-Перо, кристалл, поляризация.

Аннотация. Атылмыш жұмыс 1,5 эВ пен 3,0 эВ энергетикалық аудан аралығындағы PbOT өткізу спектрлерінен оптикалық түрақтыларды анықтауға арналған. Өлшеулер айналы беттері бар дұрыс тік төртбұрышты призмалардың формасында болатын поляризацияланған жарықтың табиғи үлгілерінде өткізілген. Спектрлік тәуелділіктерден деректер алу үшін жуандықтары әр түрлі жінішке жазық параллел пластиналардың өткізу спектрлерінің зерттелуі жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде интерференционды спектрлер экстремумдарының орындары мен олардың жиілігі жарықтың поляризациясына байланысты екені аныкталды.

Поступила 27.01.2015 г.