

УДК 535:548.0

ЗАСТОСУВАННЯ КРИСТАЛІВ CaWO_4 В АКУСТООПТИЧНИХ ДЕФЛЕКТОРАХ УФ-ДІАПАЗОНУ

Д. т. н. О. А. Бурий¹, Д. М. Винник², к. ф.-м. н. Н. М. Дем'янишин³,
д. ф.-м. н. Б. Г. Мицик³, к. т. н. І. М. Сольський², к. ф.-м. н. Д. Ю. Сугак^{1,2}

¹Національний університет «Львівська політехніка»,
²Науково-виробниче підприємство «Карат»,
³Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАНУ
Україна, м. Львів
dm_sugak@yahoo.com

Проведено дослідження спектральних, акустичних та пружнооптичних властивостей кристалу вольфрамату кальцію. Отримані результати вказують на перспективність використання цих кристалів для створення акустооптичних дефлекторів на довжині світлової хвилі $\lambda = 355$ нм.

Ключові слова: вольфрамат кальцію, пружнооптичні властивості, акустооптичний дефлектор.

Акустооптичні (АО) пристрої ультрафіолетового (УФ) діапазону світлових хвиль широко застосовуються в науці і техніці. Це і лазерна обробка матеріалів, і літографія, і медикобіологічні застосування, які використовують ефект лазерної флюоресценції біологічних об'єктів. У вказаних областях широко використовуються твердотільні лазери з діодним збудженням, які працюють на третій гармоніці ($\lambda=355$ нм) основного випромінювання (1064 нм). Перспективними АО пристроями УФ-діапазону являються двокоординатні акустооптичні дефлектори.

Вибір матеріалів для конструювання двокоординатних дефлекторів УФ-області спектру обмежений. Матеріали, які традиційно використовуються в УФ-області (KDP і SiO_2) внаслідок надзвичайно низького коефіцієнта акустооптичної якості M_2 ($< 1 \cdot 10^{-15}$ с³/кг) мало придатні для створення двокоординатних акустооптичних дефлекторів.

Розробка акустооптичних дефлекторів для $\lambda = 355$ нм може бути здійснена на кристалах парателуриту (TeO_2) [1]. Однак TeO_2 в УФ-області спектру має аномально високе питоме обертання площини поляризації. Це призводить до необхідності використання під час виготовлення двокоординатних дефлекторів чвертьхвильової і півхвильової пластинок [1], що зумовлює ускладнення конструкції і збільшення ціни двокоординатного дефлектора.

Отже, для вирішення задачі створення акустооптичних дефлекторів, які працюють в УФ-області спектру, потрібні кристали, що мають високе оптичне пропускання на довжині хвилі $\lambda = 355$ нм і високий коефіцієнт акустооптичної якості M_2 та позбавлені недоліків, притаманних TeO_2 .

Одним із матеріалів, прозорих в УФ-ділянці спектру, є кристал вольфрамату кальцію (CaWO_4). Літературні дані щодо області прозорості цього матеріалу значно відрізняються. Так, в [2] область пропускання визначена в межах 0,13...5,6 мкм, тоді як у [3] вона лежить у діапазоні 0,3...6,0 мкм.

Дана робота присвячена дослідженню спектральних, фотолюмінесцентних і фотопружних властивостей вольфрамату кальцію. Кристали вирощені на НВП «Карат» методом Чохральського. Максимальні розміри кристалів становили $\text{Ø}65 \times 100$ мм. Слід відзначити, що вольфрамат кальцію не гігроскопічний, не токсичний і має хорошу механічну міцність (приблизно 600 кГ/см³).

Спектри пропускання зразків товщиною 10 мм в області 0,2...1 мкм реєструвались на спектрофотометрі SHIMADZU UV3600. На довжині хвилі $\lambda = 355$ нм пропускання зразка становило 70%. Величина коефіцієнта відбивання R за нормального падіння променя вказаної довжини хвилі, була розрахована з використанням показника заломлення, визначеного на основі апроксимаційної формули [4] $n_o^2 = 1 + 2,5493 \cdot \lambda^2 / [\lambda^2 - (0,1347)^2] + 0,9200 \cdot \lambda^2 / [\lambda^2 - (10,815)^2]$. Розраховані коефіцієнти відбивання і пропускання кристалу CaWO_4 відрізняються від їх експериментальних значень, обговорюються причини вказаних розбіжностей. Виявлено невелике поглинання світла на довжині хвилі $\lambda = 355$ нм. Од-

нак це не призводить до стимульованої люмінесценції кристала в області довжин хвиль $\lambda = 355$ нм (перевірено експериментально).

Визначено п'єзооптичні π_{im} та пружнооптичні p_{im} коефіцієнти вольфрамату кальцію [5–7], значення яких подано в таблиці.

П'єзооптичні π_{im} та пружнооптичні p_{im} коефіцієнти CaWO_4 ($\lambda = 633$ нм, $T = 20^\circ\text{C}$)

π_{im} , 10^{-12} м ² /Н	π_{11}	π_{12}	π_{13}	π_{31}	π_{33}	π_{44}	π_{45}	π_{16}	π_{61}	π_{66}
		1,86 $\pm 0,12$	-0,60 $\pm 0,03$	1,52 $\pm 0,15$	1,02 $\pm 0,12$	1,01 $\pm 0,14$	0,33 $\pm 0,17$	-1,77 $\pm 0,44$	-5,64 $\pm 0,65$	0,16 $\pm 0,02$
p_{in}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{31}	p_{33}	p_{44}	p_{45}	p_{16}	p_{61}	p_{66}
		0,40 $\pm 0,03$	-0,02 $\pm 0,02$	0,24 $\pm 0,02$	0,25 $\pm 0,02$	0,21 $\pm 0,02$	0,011 $\pm 0,006$	-0,06 0 $\pm 0,015$	-0,27 $\pm 0,03$	-0,001 $\pm 0,004$

Акустичним методом [8] визначено пружні модулі C_{ij} , на основі яких розраховано поверхні швидкостей акустичних хвиль V_i в кристалах CaWO_4 .

Аналіз цих поверхонь показав, що кристали CaWO_4 володіють значною анізотропією величин V_i (залежністю V_i від напрямку поширення акустичних хвиль).

На основі коефіцієнтів p_{im} та відповідних значень V_i оцінено коефіцієнт акустооптичної якості M_2 . Максимальне значення M_2 для поздовжньої акустичної хвилі складає $14 \cdot 10^{-15}$ с³/кг. Проводиться подальша робота щодо уточнення значень M_2 на основі екстремальних поверхонь акустооптичної якості (згідно з методикою, описаною в [9, 10]).

Проведені дослідження вольфрамату кальцію вказують на перспективність використання цих кристалів для створення ефективних акустооптичних дефлекторів на довжині світлової хвилі 355 нм.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Молчанов В.Я., Макаров О.Ю., Колесников А.И., Смирнов Ю.М. Перспективы применения монокристалов TeO_2 в акустооптических дефлекторах УФ диапазона // Вест. ТГУ, сер. физ.– 2004.– № 4(6).– С. 88–93.
2. Bass M. Handbook of optics. Vol. 2.– New York: McGraw-Hill Inc., 1995.
3. Рябцев И. Материалы квантовой электроники.– Москва: Сов. радио, 1972.
4. Bond W. L. Measurement of the refractive index of several crystals // J. Appl. Phys.– 1965.– Vol. 36.– P. 1674–1677.
5. Mytsyk B., Demyanyshyn N., Kost' Ya. Analytical relations describing piezo-optic effect in tetragonal crystals // Ukr. J. Phys. Opt.– 2013.– Vol. 14.– P. 101–118.
6. Mytsyk B., Kost' Ya., Demyanyshyn N., Andruschak A., Solskii I. Piezo-optic coefficients of CaWO_4 crystals // Crystallography Reports.– 2015.– Vol. 60.– P. 130–137.
7. Mytsyk B., Demyanyshyn N., Kost' Ya. Signs of elasto-optic coefficients in low-symmetry materials // Material Science.– 2015.– Vol. 50.– P. 762–770.
8. Davis T., Vedam K. Pressure dependence of the refractive indices of the tetragonal crystals: ADP, KDP, CaMoO_4 , CaWO_4 and rutile // J. Opt. Soc. Am.– 1968.– Vol. 85.– P. 1446–1451.
9. Бурый О., Винник Д., Кайдан М., Андрущак А. Новый метод оптимізації геометрії акустооптичної взаємодії в кристалічних матеріалах довільного класу симетрії // Вісник НУ «Львівська політехніка».– 2011.– Т. 708.– С. 184–195.
10. Buryy O., Andruschak A., Kushnir O., Ubizskii S., Vynnyk D., Larchenko A., Chaban K., Gotra Yu., Kityk A. Method of extreme surfaces optimizing geometry of acousto-optic interactions in crystalline materials: Example of LiNbO_3 crystals // J. Appl. Phys.– 2013.– Vol. 113.– P. 083103/1–12.

O. A. Buryy, D. M. Vynnyk, N. M. Demyanyshyn, B. G. Mytsyk, I. M. Solskii, D. Yu. Sugak
 CaWO_4 crystals in UV acousto-optical deflectors

Spectral, acoustic and elasto-optical properties of calcium tungstate crystals are investigated. The obtained results indicate such crystals are a promising material for acousto-optical deflectors for the light wavelength of $\lambda = 355$ nm.

Keywords: *calcium tungstate, elasto-optic properties, acousto-optic deflector.*