

УДК 535.373:2, УДК 535.343:2, УДК 535.377

К.П. Попович, М.В. Примак, В.М. Красилиця

Інститут електронної фізики НАН України, 88017, Ужгород, вул. Університетська, 21
e-mail: kostyu@gmail.com

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОПРОМІНЕНОГО РЕНТГЕНІВСЬКИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ МОНОКРИСТАЛІЧНОГО $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$

Досліджено вплив високодозного рентгенівського опромінення і багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження на люмінесцентні властивості і оптичне поглинання монокристала $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ (ЛТВ:Cu). Встановлено, що їх дія призводить до перерозподілу концентрації наявних і утворення нових точкових дефектів, що супроводжується зміною оптичних властивостей монокристала. При перевищенні порогових доз опромінення або внаслідок багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження структурні зміни у монокристалічному ЛТВ:Cu стають незворотними.

Ключові слова: монокристал $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$, високодозне рентгенівське опромінення, фотолюмінесценція, оптичне поглинання, термостимульована люмінесценція.

Вступ

Кристалічний тетраборат літію $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, легований міддю (ЛТВ:Cu) є відомим термолюмінофором, який знайшов застосування в персональній дозиметрії іонізуючого випромінювання [1]. Згідно [2], його опромінення дозою рентгенівського випромінювання вище 300 Гр призводить до відхилення від лінійності дозової залежності інтенсивності термостимульованої люмінесценції (ТСЛ). Нами виявлено, що внаслідок багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження інтенсивність люмінесценції монокристалічного ЛТВ:Cu помітно зменшується [3]. Подібний ефект може бути спричинений як зменшенням чутливості зразків, так і зміщенням спектрального максимуму їх ТСЛ в бік області меншої чутливості фотоприймача (ФЕП). Тому в даній роботі досліджено вплив високих доз рентгенівського випромінювання на спектральні властивості монокристалічного ЛТВ:Cu.

Методика експерименту

Вирощування монокристалів ЛТВ:Cu здійснювали на установці НХ-620 за

методом Чохральського в атмосфері повітря в платиновому тиглі в напрямках [100] і [110] [4]. Вихідну шихту отримували сплавленням стехіометричної кількості попередньо дегідратованого оксиду бору B_2O_3 марки ос.ч. 12-3 і карбонату літію Li_2CO_3 марки ос.ч. 20-2, а також 0,75 мол.% CuO марки хч. З урахуванням інконгруентного характеру випаровування ЛТВ, до шихти додавали 0,2–0,3 мол% надлишку B_2O_3 . Швидкості витягування та обертання складали 3 мм/добу та 4,4 об/хв. відповідно. Для зменшення термічних напружень відірвані від розплаву кристали відпалювали протягом 12-24 год., після чого охолоджували зі швидкістю 20 К/год.

Монокристалічні зразки ЛТВ:Cu у вигляді плоскопаралельних пластинок з полірованою поверхнею розмірами 5x5x1 мм опромінювали за допомогою рентгенівської трубки з кобальтовим антикатодом при напрузі 35 кВ і струмі 15 мА. Експериментальні вимірювання спектрів рентгенолюмінесценції (РЛ) проводили на установці з використанням монохроматора МДР-23 [5], а оптичного поглинання (ОП) – на установці КСВУ-23. Інтенсивність РЛ і ОП реєстрували методом лічби фотонів з використанням фотоелектронних помножувачів ФЕП-106

і ФЕП–100 відповідно. Одержані спектри коригували з урахуванням спектральної чутливості експериментальних установок.

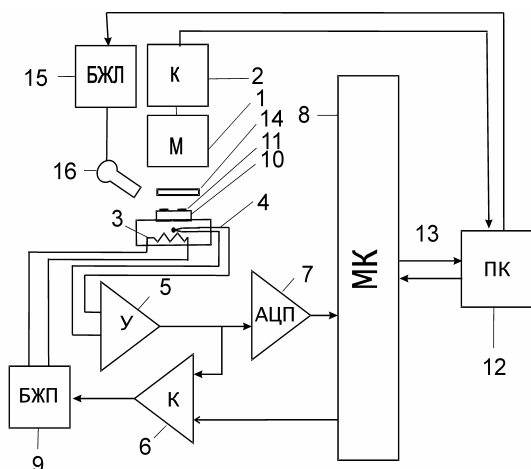


Рис. 1. Блок-схема установки для дослідження ТСЛ: 1 – монохроматор-спектрограф MS 7504i; 2 – PSI-камера; 3 – нагрівач; 4 – термопара; 5 – підсилювач е.р.с. термопари; 6 – компаратор; 7 – АЦП; 8 – мікроконтролер; 9 – блок живлення печі; 10 – досліджуваний зразок; 11 – діафрагма; 12 – персональний комп'ютер; 13 – оптоізольований канал RS-232; 14 – конденсор; 15 – блок живлення лазера 16 – лазер LF117 з лазерною системою Nd:YAG.

Для дослідження спектральних залежностей ТСЛ і фотолюмінесценції (ФЛ) використовували виготовлену нами установку, блок-схему якої зображено на рис. 1. Її електрична схема нагрівання подібна до описаної в роботі [6] (рис. 1, 5-8). Сигнал ТСЛ і ФЛ реєстрували за допомогою монохроматора-спектрографа MS 7504i 1, що містив турель з чотирма ґратками (2400, 1800, 1200, 150 штрихів/мм відповідно), які переключаються автоматично і PSI-камеру фірми Hamamatsu HS101 2. Дана конструкція установки дозволяє здійснювати виміри в спектральному діапазоні 190-1200 нм. Для досліджень спектральних залежностей ми використовували ґратку, що містила 150 штрихів/мм з робочим діапазоном 317-950 нм. Її обернена лінійна дисперсія складала 8,78 нм/мм.

Відомо, що спектри ТСЛ можуть суттєво спотворюватися через дисперсію і спектральну залежність коефіцієнта пропускання монохроматора, а також спектральну чутливість фотоприймача. В зв'язку із цим проведено контрольні

експерименти по визначенню спектральної чутливості $A(\lambda)$ (рис. 2) системи реєстрації установки згідно методики, описаної в [7].

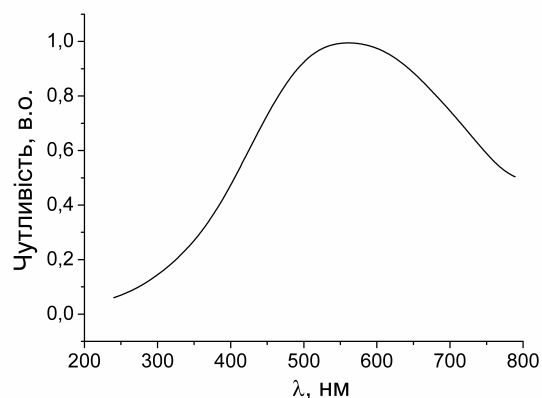


Рис. 2. Крива чутливості системи реєстрації монохроматора – спектрографа MS 7504i з дифракційною ґраткою 150 штрихів на мм і PSI-камерою фірми Hamamatsu HS101.

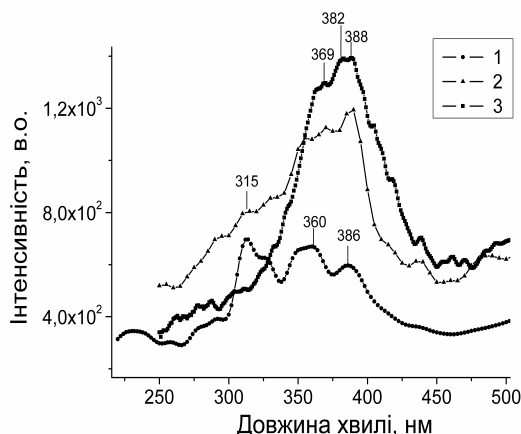


Рис. 3. Спектральна залежність рентгенолюмінесценції монокристалу $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$: 1 – для свіжовиготовленого зразка; 2 – для зразка, опроміненого дозою 400 Гр і відпаленого при 350 °C протягом 2 хв.; 3 – багатократно опроміненого і відпаленого при 350 °C протягом 2 хв. зразка (сумарна доза опромінення 8000 Гр).

При калібровці системи реєстрації використовували еталонні джерела з лінійчатим спектром: ртутну лампу, вольфрамову лампу СИ-8-200 для спектральної області 350-800 нм (неполяризоване випромінювання) та газорозрядну дейтерієву лампу ДДС-30 для області 200-350 нм. Дійсний спектральний розподіл інтенсивності вольфрамової

лампи СИ-8-200 обчислено за формулою Планка для заданої температури з урахуванням випромінювальної здатності сірого тіла [8], який отримано за допомогою комп'ютерної програми. Спектр випромінювання лампи ДДС-30 порівнювали з теоретично розрахованим спектром, який було взято з роботи [9] і прив'язано до кривої розподілу інтенсивності вольфрамової лампи СИ-8-200.

Швидкість лінійного нагрівання зразків складала $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Запис результатів

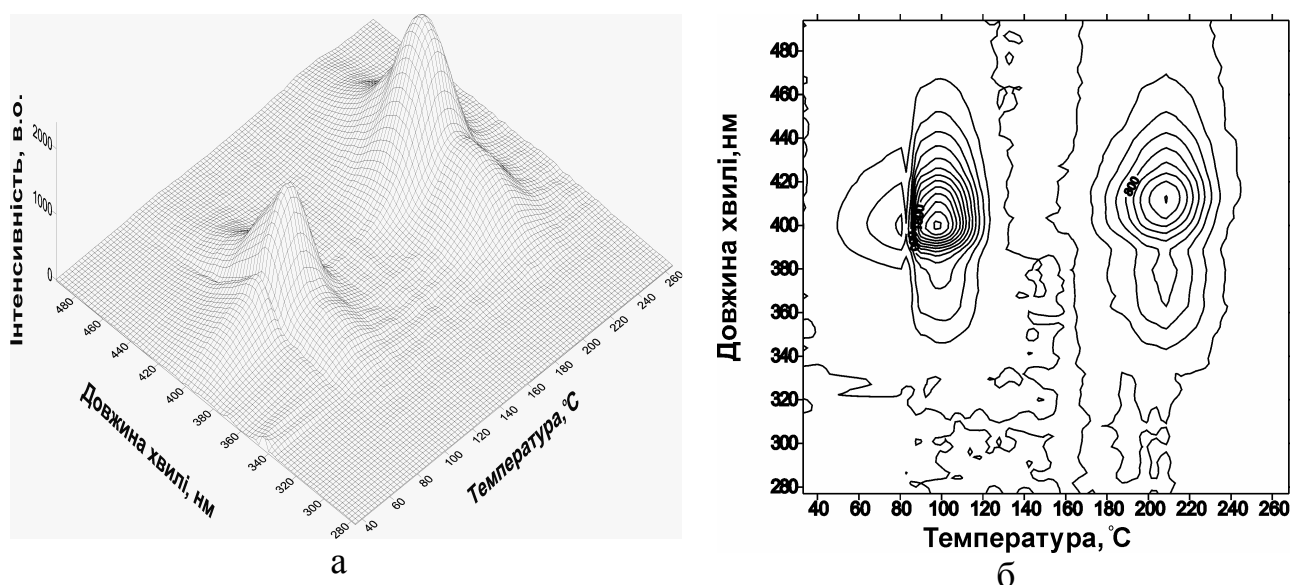


Рис. 4. Спектральний (а), контурний спектральний (б) розподіл ТСЛ монокристала $\text{Li}_2\text{V}_4\text{O}_7:\text{Cu}$. Доза опромінення 600 Гр.

Результати і їх обговорення

Раніше нами в процесі дослідження РЛ і катодолумінесценції зразків монокристалічного $\text{LTB}:\text{Cu}$ встановлено [3], що внаслідок багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження в них відбуваються незворотні зміни. Так, зокрема, з'являється жовто-коричневе забарвлення, інтенсивність їх спектральних максимумів РЛ помітно зменшується, а спектральний максимум в області 350-450 нм розширюється.

Нами досліджено дію високих доз рентгенівського випромінювання на оптичні і люмінесцентні властивості монокристалічного $\text{LTB}:\text{Cu}$. На спектральних залежностях їх РЛ для свіжовиготовлених зразків (рис. 3) окрім інтен-

сивних максимумів в області 300-450 нм [3, 10], характерних для $\text{LTB}:\text{Cu}$, спостерігаються також максимуми при 315 та 350 нм, наявність яких може бути обумовлена існуванням генетичних дефектів LTB . Так, згідно [11, 12], на спектральній залежності РЛ нелегованого монокристала LTB спостерігається широкий складний пік в інтервалі 300-450 нм, причому спектральне положення індивідуальних максимумів і їх співвідношення в ньому може змінюватись в залежності від технологічних умов одержання монокристала.

Спектральні залежності РЛ монокристалічних зразків $\text{LTB}:\text{Cu}$, попередньо опромінених рентгенівським випромінюванням (дозу збільшено до 1200 Гр), наведено на рис. 3. Загалом

проводили через кожні 10 с., тривалість одного циклу складала 450–550 с.

При дослідженні ФЛ збудження здійснювали лазером LF117 16 (рис. 1) на основі монокристала $\text{Nd}:\text{YAG}$, що випромінює на трьох довжинах хвилі - 740, 370 і 260 нм. Збудження здійснювали випромінюванням з довжиною хвилі 260 нм, яка попадає в смугу збудження ФЛ кристалічного $\text{LTB}:\text{Cu}$.

положення спектральних максимумів залишилось незмінним, однак спостерігалися помітне падіння загальної інтенсивності РЛ і суттєвий перерозподіл інтенсивностей індивідуальних піків. Після подальших багатократних циклів опромінення новостворені особливості спектральних залежностей РЛ залишилися незмінними, їх відпал при 350°C протягом 2 хв. не призводить до суттєвих змін, тобто новостворена дефектна структура стабілізується.

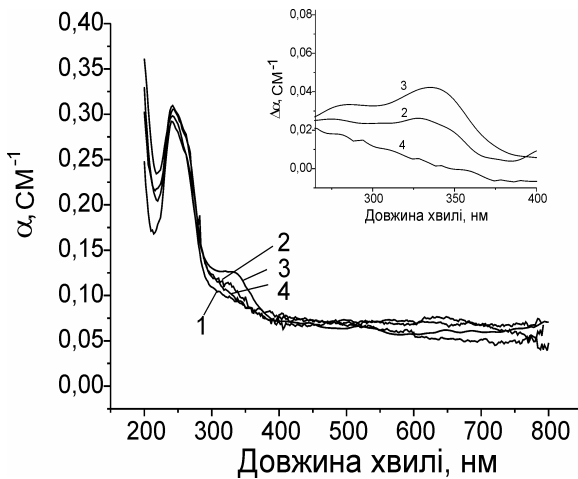


Рис. 5. Спектр оптичного поглинання монокристала $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ при різних дозах опромінення. 1 – 0 Гр, 2 – 600 Гр, 3 – 2000 Гр, 4 – відпалений після опромінення 2000 Гр. В правому верхньому куті різниця між кривими по відношенню до неопроміненого зразка.

На температурно-спектральних залежностях інтенсивності ТСЛ монокристалічних зразків $\text{LTB}:\text{Cu}$ спостерігається два складних піки в областях 80-120°C і 180-230°C (рис. 4 а,б). Ці значення близькі до наведених авторами [13,14], але дещо зміщені в довгохвильову область, що можна пояснити утворенням радіаційно-індукованих і перерозподілом концентрацій генетичних точкових дефектів внаслідок сукупності високих доз опромінення (600 Гр) і нагрівання зразків. Положення спектральних максимумів $\text{LTB}:\text{Cu}$ в усьому діапазоні температур нагрівання залишається сталим (рис. 4 а,б).

Спектральні залежності ОП для свіжовиготовлених і опромінених зразків $\text{LTB}:\text{Cu}$ наведено на рис. 5. На неопромінених зразках виявлено смуги ОП

при 242 і 267, які раніше спостерігали в роботах [15-17]. Їх інтенсивність залежить від вмісту іонів Cu^+ , а спектральні максимуми внаслідок опромінення не зміщуються. Наведені смуги ОП утворюються в області 280-390 нм, яка відповідає смугі поглинання у спектрі збудження ФЛ [17]. Різницевий спектр ОП представлений на рис. 5. Згідно нього, із збільшенням дози опромінення збільшується і ОП наведених смуг з виразними максимумами при 285 і 335 нм, причому більш інтенсивно зростає смуга при 335 нм, а її спектральний максимум зміщується в довгохвильову область. Для смуги із спектральним максимумом при 285 нм такого зміщення не спостерігається. Наведені смуги ОП цілком релаксують внаслідок відпалу на повітрі протягом 2 хв. при 350°C. Утворення смуг наведеного поглинання може бути пояснено перезарядженням генетичних точкових дефектів.

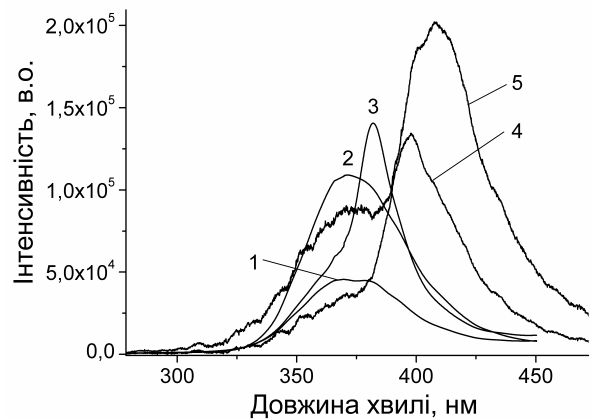


Рис. 6. Фотолюмінесценція монокристала $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ 1 – неопроміненого іонізуючим опроміненням; 2 – при дії рентгенівського опромінення до 2000 Гр; 3 – багатократному опроміненні і відпалі зразка; 4 – Спектр випромінювання ТСЛ для низькотемпературного піка; 5 – Спектр випромінювання ТСЛ для високотемпературного піка опроміненого рентгенівським опроміненням дозою 600 Гр.

Отримані спектральні залежності ФЛ зразків монокристалічного $\text{LTB}:\text{Cu}$ як неопромінених, так і опромінених різними дозами рентгенівського випромінювання, наведено на рис. 6, крива 1. Для неопромінених зразків характерна наявність одного розмитого піка в області 365-380 нм з

максимумом при ~ 370 нм, що співпадає з [17]. Опромінення дозою 2000 Гр рентгеновського випромінювання не призводить до суттєвих змін характеру спектра (рис. 6, криві 2). Дещо інша картина спостерігається для зразків LTB:Cu, підданих дії багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження (сумарна доза 8000 Гр.) (рис. 6, крива 4). Так, замість одного піку при 370 нм утворюється максимум при 382 нм із невеликим плечем при 365 нм. Відпал протягом 2 хв. при 350°C не призводить до відновлення попередньої спектральної залежності ФЛ.

За нашими даними [18], при опроміненні нелегованих монокристалів LTB незначними дозами рентгеновського випромінювання (менше 10 Гр) відбувається лише перезарядження генетичних точкових дефектів, інтенсивність ТСЛ незначна і ненабагато перевищує фонові значення, а окремі піки ТСЛ не відтворюються від зразка до зразка. Наявність цих піків можна пояснити присутністю у монокристалі LTB точкових дефектів, як власних, так і обумовлених вмістом невеликої кількості випадкових домішок.

Хоча, згідно [19, 20], нелеговані монокристали LTB мають високий поріг радіаційного пошкодження, в них внаслідок опромінення високими дозами синхротронного випромінювання утворюються додаткові точкові дефекти, що призводить до появи нових інтенсивних піків ТСЛ у широкому спектральному діапазоні [12]. Як впливає з результатів наших експериментальних досліджень, поріг утворення радіаційно-індукованих точкових дефектів в монокристалах LTB:Cu суттєво нижчий у порівнянні з нелегованим LTB, особливо стосовно таких чутливих властивостей, як люмінесцентні. Очевидно, сукупність точкових дефектів в монокристалах LTB:Cu можна розглядати як суперпозицію власних і домішкових точкових дефектів, в тому числі додатково утворених під дією високих доз опромінення і/або термічного відпалу, внаслідок чого відбувається утворення наведених смуг ОП і нових піків

люмінесценції, а також зміщення їх спектральних максимумів.

Вважається, що домішка міді утворює в монокристалі LTB твердий розчин заміщення і входить в нього переважно у вигляді іона Cu (I), займаючи позицію Cu^+_{Li} [17]. Більш детальні дослідження ЕПР [21] свідчать про те, що іон Cu^+ в монокристалі LTB:Cu дещо зміщений з позиції іона Li^+ , має симетрію C_1 , тому, очевидно, його позицію можна розглядати як до певної міри проміжкову між Cu^+_{Li} і позаузловою Cu_i . Очевидно, внаслідок дії сукупності таких факторів, як високодозове іонізуюче опромінення і/або серія циклів опромінення-нагрівання-охолодження в монокристалі LTB:Cu відбуваються процеси дефектоутворення, часткового катіонного розупорядкування і радіаційної дифузії, внаслідок чого може здійснюватися локальна зміна кристалічного поля в околі частини іонів Cu^+ і, відповідно, зміщення спектральних максимумів люмінесценції монокристалів LTB:Cu.

На користь цього припущення свідчить належність монокристала LTB до одновимірних суперіоніків [22]. В інтервалі 390-410 K в ньому відбувається часткове розупорядкування в катіонній підгратці [23, 24], чому сприяє наявність в ній додаткових вакансій. Створенню вакантних катіонних позицій сприяє вирощування монокристалів LTB:Cu із складів з надлишком B_2O_3 . За даними [24], енергія активації розупорядкування катіонної підгратки складає 0,46 еВ. Згідно результатів аналізу структурних даних [25], в монокристалі LTB іони літію знаходяться на відстані $0,17 \text{ \AA}$ від площини, утвореної атомами O(2)-O(3)-O(3)' і зміщені у напрямку більш віддаленого атома O(4). Разом з тим, існування значних величин компонент анізотропних теплових зміщень атомів літію, найбільша з яких складає $0,2 \text{ \AA}$ вздовж напрямку Li-O(4), дозволяє припустити наявність альтернативної позиції з близьким значенням потенційної енергії, розміщеної по інший бік площини O(2)-O(3)-O(3)'. При цьому розподіл потенціалу для атомів літію в напрямку,

перпендикулярному вищезгаданій площині повинен мати вигляд асиметричного двохямного потенціалу [26].

Висновки

1. Дія високих доз рентгенівського опромінення і/або багатократних циклів опромінення-нагрівання-охолодження призводить до перерозподілу концентрації наявних і утворення нових точкових дефектів (як власних, так і домішкових) у монокристалічному

ЛТВ:Cu, що супроводжується зміною його оптичних властивостей.

2. При перевищенні дози опромінення ~400 Гр або внаслідок багатократних циклів опромінення-нагрівання структурні зміни у монокристалічному ЛТВ:Cu стають незворотніми.

Автори висловлюють щире подяку за допомогу в роботі к.х.н. Головею В.М., к.ф.-м.н. Гоєру Д.Б., проф. Кельману В.А., інж. Звенигородському В.В.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lopez-Ponte M.A., Castellani C.M., Curri-van L. et al. A catalogue of dosimeters and dosimetric services within Europe – an update // *Radiat. Prot. Dosim.* – 2004. – Vol. 112, № 1. – P. 45-68.
2. Nariyama N., Tanaka S., Nakane Y. et al. Responce and Glow Curves of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$, BeO and $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ TLD's to 10-40 KeV Monoenergetic Photons from Synchrotron Radiation // *Radiat. Prot. Dosim.* – 1997. – Vol. 74, № 3. – P. 155-161.
3. Красилиця В.М., Гунда Б.М., Ердевді М.М. та ін. Дослідження катодолюмінесценції твердих тіл на модернізованій експериментальній установці „Атом” // *Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Сер. Фіз.* – 2003. – № 14. – С. 138-141.
4. Hunda V.M., Hunda T.V., Puga P.P., Solomon A.M., Holovey V.M., Puga G.D. Concentration and temperature dependence of luminescence for the copper-doped lithium tetraborate single crystals // *J. Optoelectron. Adv. Mater.* – 1999. – Vol. 1, № 4. – P. 49-56.
5. Гунда Б.М. Багатофункціональна установка для дослідження рентгенолюмінесценції та термостимульованої люмінесценції // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика.* – 1999. – №5. – С. 198 – 202.
6. Lyamayev V.I. A low-cost microcontroller-based measurement system for a fractional glow technique // *Meas.Sci.Technol.* – 2006. – №17. – С. 75 – 80.
7. Парфианович И.А., Саломатов В.Н. Люминесценция кристаллов. – Москва: Наука, 1988. – 247 с.
8. Малишев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. – Москва: Наука, 1979 – 396 с.
9. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. Техника и практика спектроскопии. Москва: Наука, 1976. – 392 с.
10. Holovey V.M., Sidey V.I., Lyamayev V.I., Puga P.P. Influence of reducing annealing on the luminescent properties of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ crystals // *J. Lumin.* – 2007. – Vol. 126, – № 2. – P. 408-412.
11. Гунда Б.М., Головей В.М., Турок И.И., Соломон А.М., Пуга П.П., Пуга Г.Д. Люминесцентные свойства монокристаллов тетрабората лития, выращенных из расплавов различного состава // *Неорган. материалы.* – 2005. – Т. 41, – № 9. – С. 1125-1129.
12. Ogorodnikov I.N., Pustovarov V.A., Isaenko L.I. et al. Kinetics of non-equilibrium processes in non-linear crystals of lithium borates excited with synchrotron radiation // *Nucl. Instrum. Meth. A.* – 2000. – Vol.448. – P. 467-470.
13. Martini M., Meinardi F., Kovacs L., Polgar K. Spectrally resolved thermoluminescence of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ single crystals // *Radiat. Prot. Dosim.* – 1996. – Vol. 65, № 1-4. – P. 343-346.
14. Lee D.H., Hong U., Lee S.Y., Kang H.D. The Physical Characteristics of the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}/\text{Cu}$ TL Phosphors and the

- Thermal Neutron Dosimetry // New Physics (Korean Physical Soc.). - 1991. - Vol. 31, № 5. - P. 510-516.
15. Ishii M., Kuwano Y., Asai T., Senguttuvan N., Hayashi T., Kobayashi M., Oku T., Sakai K., Adachi T., Shimizu H.M., Suzuki J. Growth of Cu-doped $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ single crystals by vertical Bridgman method and their characterization // J. of Cryst. Growth, 2003, v.257, P. 169-176.
 16. Burak Ya.V., Adamiv V.T., Antonyak O.T., Malynych S.Z., Pidzyrailo M.S., Teslyuk I.M. Thermoluminescence in doped single crystals $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{A}$ (A = Cu, Ag) // Ukr. J. Phys., 2005, V.50, N10, P.1153-1158.
 17. Ignatovych M., Holovey V., Watterich A., Vidoczy T., Baranyai P., Kelemen A., Chuiko O. Luminescence characteristics of Cu- and Eu-doped $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ // Radiat. Meas. - 2004. - Vol. 38. - P. 567-570.
 18. Гунда Б.М., Головей В.М., Турок И.И., Соломон А.М., Пуга П.П., Пуга Г.Д. Люминесцентные свойства моно-кристаллов тетрабората лития, выращенных из расплавов различного состава // Неорган. материалы. - 2005. - Т. 41, № 9., С. 1125-1129.
 19. Matkovskii A.O., Sugak D.Yu., Burak Ya.V. et al. Radiation defect formation in lithium tetraborate (LTB) single crystals // Radiat. Eff. Def. S. - 1994. - Vol. 132. - P. 371-376.
 20. Бурак Я.В., Копко Б.Н., Матковский А.О., Лісейко И.Т., Слипецкий Р.Р., Улманис У.А. Центры окраски в монокристаллах $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ // Неорган. Материалы. – 1989. –Т. 25, № 7. –С. 1226-1228.
 21. Nagirnyi V., Kotlov A., Corradi G. et al. Electronic transitions in $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ single crystals // Phys. Stat. Sol. C. - 2007. - Vol. 4, № 3. - P. 885-888.
 22. Aliev A.E., Kholmanov I.N., Khabibullayev P.K. Study of the thermoelectric power in the amorphous and single crystalline lithium tetraborate – $\text{Li}_2\text{O} + 2\text{B}_2\text{O}_3$ // Solid State Ionics. - 1999. - Vol. 118, № 1-2. - P. 111-116.
 23. Bilanych V.S., Baisa N.D., Rizak V.M. et al. Internal Friction of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ Single Crystals // Phys. Solid State. - 2003. - Vol. 45, № 1. - P. 80-83.
 24. Vdovin A.V., Moiseyenko V.N., Burak Ya.V. Hyper-Rayleigh Scattering Characterization of the Movement of Lithium Ions in $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ Crystals // Ukr. J. Phys. Opt. - 2004. - Vol. 4, № 1. - P. 38-40.
 25. Радаев С.Ф., Мурадян Л.А., Малахова Л.Ф. и др. Атомная структура и электронная плотность тетрабората лития $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ // Кристаллография. - 1989. - Т. 34, № 6. - С. 1400-1407.
 26. Горелик В.С., Вдовин А.В., Моисеенко В.Н. Комбинационное и гипер-релеевское рассеяние света в кристаллах тетрабората лития. - М.: ФИАН им. П.Н. Лебедева, 2003. - 99 с. - Препр. № 14.

Стаття надійшла до редакції 28.05.2011

К.Р. Popovich, N.V. Primak, V.N. Krasilinec

Institute of Electron Physics NAS Ukraine, 88017, Uzhhorod, Universitetska Str., 21

OPTICAL PROPERTIES OF X-RAY IRRADIATED SINGLE CRYSTALLINE $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$

Influence of the high-dose X-Ray radiation and of the multiple heating-irradiation-cooling cycles on the luminescence properties and optical absorption of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ (LTB:Cu) single crystal was studied. It was found that these cycles lead to the concentration redistribution of the present point defects and to the formation of new ones, provoking the changes of optical properties. Both the exceeding of the threshold radiation doses and multiple heating-irradiation-cooling cycles lead to irreversible changes in single crystalline LTB:Cu.

Key words: $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ single crystal, high-dose X-ray radiation, photoluminescence, optical absorption, thermoluminescence.

К.П. Попович , Н.В. Примак , В.Н. Красилиця

Институт электронной физики НАН Украины, 88017, Ужгород, ул. Университетская, 21

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБЛУЧЁННОГО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$.

Резюме. Изучено воздействие высокодозного рентгеновского облучения и многократных циклов облучение-нагрев-охлаждение на люминесцентные свойства и оптическое поглощение монокристалла $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ (ЛТВ:Cu). Установлено, что они приводят к перераспределению концентрации имеющихся и образованию новых точечных дефектов, которое сопровождается изменением оптических свойств монокристалла. При превышении пороговых доз облучения или вследствие многократных циклов облучение-нагрев-охлаждение структурные изменения в монокристаллическом ЛТВ:Cu становятся необратимыми.

Ключевые слова: монокристалл $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$, высокодозное рентгеновское облучение, фотолюминесценция, оптическое поглощение, термостимулированная люминесценция.