

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії СІРИК Юрій Вікторович, 1975 року народження, громадянин України, освіта вища: у 1999 році закінчив Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна за спеціальністю «Радіаційне матеріалознавство». З 01.11.2020 р. по 31.10.2024 р. навчався в денній аспірантурі Інституту монокристалів НАН України, працює молодшим науковим співробітником відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів Національної академії наук України, м. Харків, виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Монокристалічні, керамічні та наноструктурні матеріали».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Інституту монокристалів Національної академії наук України, м. Харків від «16» червня 2025 року № 26, у складі:

Голови разової спеціалізованої **БЕЗКРОВНА Ольга Миколаївна**, докторка технічних наук, старша дослідниця, старша наукова співробітниця відділу нелінійно-оптичних кристалів Інституту монокристалів НАН України;

Рецензентів: **ЯВЕЦЬКИЙ Роман Павлович**, доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту монокристалів НАН України.

КРИЖАНОВСЬКА Олександра Сергіївна, кандидатка технічних наук, старша наукова співробітниця відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України.

Офіційних опонентів: **БОГОМОЛ Юрій Іванович**, доктор технічних наук, член-кореспондент НАН України, професор, завідувач кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона КІП ім. Ігоря Сікорського.

БОЯРИНЦЕВ Андрій Юрійович, доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

На засіданні «**20» серпня 2025 року** разова спеціалізована вчена рада прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» СІРИКУ Юрію Вікторовичу на підставі публічного захисту дисертації «Отримання люмінесцентних евтектичних композитів $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ методом ГСК для LED/LD джерел білого світла» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Дисертацію виконано у Інституті монокристалів Національної академії наук України, м. Харків.

Науковий керівник – **НІЖАНКОВСЬКИЙ Сергій Вікторович**, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувач відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису державною мовою. Дисертація містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень щодо визначення умов отримання та закономірностей формування структурно-фазового стану евтектичних композитів $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ та їх впливу на механічні, оптичні, люмінесцентні характеристики евтектичних композитів та світлотехнічні параметри конвертерів на їх основі.

Здобувач має 6 наукових публікацій за темою дисертації, з них 4 опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection (2 статті у журналі, який відноситься до першого квартелю (Q1), 1 стаття у журналі другого квартелю (Q2), одна у журналі четвертого квартелю (Q4) (відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports), та 2 статті у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України («Functional Materials», четвертий квартал (Q4) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; категорія А Переліку наукових фахових видань України):

1. O. Vovk, **Yu. Siryk**, S. Nizhankovskii, O. Fedorov, P. Mateichenko. Morphology and microstructure of crystalline YAG-Al₂O₃ composites grown by the horizontal directional crystallization. Journal of Alloys and Compounds. 2023, 934, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.168004> Q1;
2. A. Shakhno, T. Zorenko, S. Witkiewicz-Łukaszek, M. Cieszko, Z. Szczepański, O. Vovk, S. Nizhankovskyi, **Yu. Siryk**, Yu. Zorenko. Ce³⁺ Doped Al₂O₃-YAG Eutectic as an Efficient Light Converter for White LEDs. Materials. 2023; 16(7):2701. <https://doi.org/10.3390/ma16072701> Q2;
3. A.V. Voloshin, O.M. Vovk, **Yu.V. Siryk**, L.O. Grin, V.V. Baranov, P.V. Mateichenko, A.G. Fedorov, S.V. Nizhankovskyi, The effect of the redox potential of annealing environment on the mechanical properties of Al₂O₃-YAG:Ce eutectics, Journal of Alloys and Compounds, 2023, 961, 170940, ISSN 0925-8388, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.170940> Q1;
4. S.V. Naydenov, O.M. Vovk, **Yu.V. Siryk**, S.V. Nizhankovskyi, I.M. Pritula. Efficiency of planar light converters based on Al₂O₃-YAG: Ce eutectic crystals. Functional Materials. 2021; 28(3): 533-541. <http://dx.doi.org/10.15407/fm28.03> Q4;
5. **Yu. Siryk**, O. Vovk, L. Gryn, A. Romanenko, V. Baranov, S. Nizhankovskyi. Eutectic Composites in Al₂O₃-Y₂O₃ System Solidified by Horizontal Directed Crystallization Method. Acta Physica Polonica A. 2022; 141(4): 268. <http://doi.org/10.12693/APhysPolA.141.268> Q4;
6. L.O. Gryn, **Yu.V. Siryk**, V.V. Baranov, O.M. Vovk, S.V. Naydenov, S.V. Nizhankovsky. The effect of cerium doping and rate of crystallization on the morphology and microstructure of the Al₂O₃/YAG eutectic composite. Functional Materials. 2023; 30 (4): 606-614, <https://doi.org/10.15407/fm30.04.606> Q4.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради:

Д.т.н., проф. ЯВЕЦЬКИЙ Роман Павлович оцінив роботу позитивно, висловив наступні зауваження:

1. Стаття здобувача **Yu. Siryk**, O. Vovk, L. Gryn, A. Romanenko, V. Baranov, S. Nizhankovskyi. Eutectic Composites in Al₂O₃-Y₂O₃ System Solidified by Horizontal Directed Crystallization Method. Acta Physica Polonica A. 2022; 141(4): 268. <http://doi.org/10.12693/APhysPolA.141.268> Q4 є статтею за матеріалами конференції (Proceedings of the International Conference on Oxide Materials for Electronic Engineering (OMEE 2021)), тобто належить до робіт, які додатково відображають наукові результати дисертації.
2. Представлення фазової діаграми системи Y₂O₃-Al₂O₃ на рис. 2.1, на мою думку, є не досить вдалим, тому що пунктирна лінія, що відповідає лінії ліквідусу метастабільної евтектики, повинна закінчуватися в точці плавлення сполуки AlYO₃.
3. Вплив технологічних умов вирощування на особливості мікроструктури евтектичних композитів майже не описано в літературному огляді, що ускладнює аналіз отриманих здобувачем даних, викладених у Розділі 3.
4. На рис. 3.15 наведено мікроструктуру евтектики Al₂O₃/YAG:Ce, одержаної з різною концентрацією Ce і різними швидкостями витягування. На мою думку, вплив кожного із чинників на мікроструктуру треба розглядати окремо.

5. З тексту дисертації незрозуміло, яке значення має коефіцієнт розподілу іонів церію між рідкою та твердою фазою евтектичного композиту $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$?
6. На рис. 3.21 відсутні експериментальні точки.
7. Який фізичний механізм підвищення концентрації мікропор в присутності Ce-вмисної домішкової фази в евтектиці $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$?
8. Наведіть механізм, за яким утворюються рівноважна евтектика $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ в процесі термообробки метастабільної евтектики $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAP}$.
9. В таблиці 4.3 мікротвердість досліджуваних матеріалів помилково вказана в МПа.
10. На мою думку, здобувачеві варто було б порівняти фізико-механічні властивості евтектичних композитів $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$, отриманих методом кристалізації рівноважної та метастабільної евтектики.
11. Для аналізу впливу відпалу на оптичні властивості евтектичних композитів бажано було б дослідити диференційні спектри оптичного поглинання.
12. Наявність смуг люмінесценції іонів Ce^{3+} в фазі Al_2O_3 є дискусійним питанням і потребує додаткових досліджень (рис. 5.13).
13. Дисертація написана гарною науковою українською мовою, але в тексті зустрічаються граматичні помилки: «Рентген-фазовий аналіз було проведе...» (с. 29); «...складає 150 сторінку» (с.30); « $\text{Y}_2\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG)...» (с. 57); «відпоaidно» (с. 62); «ФЕУ Hamamatsu R2658P» (с. 67); «Встановленоя, що...» (с. 87); «В роботі [119] було отримано високощільну наноу...» (с. 112); «Встановлено, що зменшення розміру характерного евтектичного інтервалу з $3,9 \pm 0,9$ мкм до $11,4 \pm 0,9$ мкм...» (с. 123); «5.3.1 Розподіл люмінесцентних характеристик в вздовж злитку» (с. 144).

К.т.н., с.н.с КРИЖАНОВСЬКА Олександра Сергіївна оцінила роботу позитивно, висловила наступні зауваження:

1. В Розділі 3.2 (стор. 76) для параметра λ_{eut} автор пропонує використовувати назву «характерна евтектична відстань», яку вважає найбільш коректною. Але надалі в більшості випадків використовує вираз «розмір мікроструктури», який іноді означає λ_{eut} , а іноді узагальнені параметри мікроструктури. Також зустрічаються вирази «середній розмір мікроструктури», «середня міжфазна відстань», «розмір характерного евтектичного інтервалу» і т. ін., які також відносяться до λ_{eut} . Зважаючи на складний ієрархічний характер морфології, що описується, брак уніфікації ускладнює сприйняття тексту.
2. В Розділі 3.5 (стор. 90-92) процес утворення комірчастої структури евтектичного композиту $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ 0.25 at.% описується як двостадійний, що видається не дуже коректним, оскільки „стадії” зміни структури в даному експерименті є не відображенням еволюції системи, а фактично її відгуком на примусову зміну швидкості росту (витягування) в рамках одного ростового процесу. Також, оскільки в даній системі концентрація церію змінюється вздовж напрямку кристалізації, що теж має призводити до змін у структурі ЕК, описувати залежності структури від двох параметрів, що змінюються одночасно, слід дуже обережно.
3. В Розділі 3.7 (стор. 105) наводиться посилання на літературне джерело, в якому описується отримання рівноважної евтектичної структури $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ шляхом плавлення метастабільної евтектичної структури $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAP}$. Автор використовує даний підхід для отримання свого матеріалу методом ГСК. У Висновку 13 до Розд. 3 (стор. 110) вказано, що евтектичний композит $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ отримується шляхом твердофазного перетворення YAP в YAG, тобто не шляхом плавлення, однак в тексті відсутні пояснення механізмів фазового переходу YAP в YAG.
4. Також, згідно фазової діаграми (Рис. 2.1, стор. 57), метастабільній евтектиці відповідає

інший склад компонентів, ніж стабільний (23.5 і 18.5 mol.%. Y_2O_3 відповідно). Для отримання метастабільної евтектики автор обирає склад, що відповідає стабільній, не пояснюючи свій вибір.

5. В тексті, на жаль, відсутнє пряме чисельне порівняння світлотехнічних властивостей отриманих в роботі матеріалів з комерційними зразками, лише зазначено, що вони є порівняними.
6. Емітування світла в відбувається в однію з двох фаз евтектичного композиту, проте в тексті не вказане об'ємне співвідношення фази, що емітує, і фази, що розсіює.
7. На Рис 2.31 (стор. 98) відсутні точки, за якими були побудовані залежності.

Д.т.н., чл.-кор. НАН України, проф. БОГОМОЛ Юрій Іванович оцінив роботу позитивно, висловив наступні зауваження:

1. По тексту дисертаційної роботи спостерігається певна кількість орфографічних і граматичних помилок.
2. У Розділі 2 автор описує отримання таблеток з суміші порошків під час пресування при 40 МПа. Чи використовувався при цьому якийсь пластифікатор? Якщо так, то який?
3. Яким чином автор контролював температурний градієнт під час вирощування евтектичних композитів? Чи є можливість його зміни за даною методикою?
4. У підрозділі 3.3 автор вказує на різницю у величині евтектичного інтервалу у евтектичних композитах вздовж і поперек до напрямку вирощування. Чим можна пояснити такий ефект?
5. Під час допущення евтектичних композитів церієм, чи не досліджував автор, в яких саме структурних складових композиту він локалізувався? І яка при цьому була його концентрація?
6. Вважаю, що було б доцільно провести випробування на міцність отриманих композитів, а також її залежності від швидкості вирощування.

Д.т.н., проф. БОЯРИНЦЕВ Андрій Юрійович оцінив роботу позитивно, висловив наступні зауваження:

1. Було б корисно побачити графічні залежності $\lambda_{\text{eut}}(V)$ для різних концентрацій Се і перевірити узгодженість із моделлю Джексона–Ханта та результатами інших дослідників;
2. Поява церійвмісних фаз потрібно конкретизувати умови, Яким чином отримано евтектичний композит (без додаткових церійвмісних фаз) при таких високих концентраціях Се (4 ат.%)? В пункті 3.5.3 вказано що «концентрація Се 0,25 ат.% є критичною, після якої розпочинається активне утворення фази, збагаченої Се»;
3. Які ще є механізми утворення метастабільної евтектики Al_2O_3/YAP в системі $Al_2O_3-Y_2O_3$ окрім вказаного в пункті 3.7, чи є практичне застосування евтектичного композита Al_2O_3/YAG отриманого шляхом перетворення YAP в YAG (при $T > 1700$ °C) в композиті Al_2O_3/YAP , одержаного при перегріві розплаву евтектичного складу вище 100 °C від T_E та чи проводились спроби отримати так композит $Al_2O_3/YAG:Ce$
4. Поточна структура розділу 3 дещо порушує логічну послідовність викладу, що ускладнює сприйняття зв'язку між початковими умовами вирощування та отриманою мікроструктурою евтектичних композитів. Зокрема, підпункт 3.6 «Вплив початкових умов кристалізації на морфологію та дефектну структуру евтектик» логічно продовжує п. 3.1 «Фазовий склад та дефектна структура евтектичних композитів», і тому має з'явитися безпосередньо після нього;
5. Які фізичні механізми, на Вашу думку, лежать в основі істотного підвищення мікротвердості та тріщиностійкості після високотемпературного відпалу у вакуумі? Чому

саме вакуумне середовище при температурі 1700 °C виявилось найбільш ефективним для покращення механічних характеристик $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ в порівнянні з іншими атмосферами (наприклад, окисним або відновними);

6. В пункті 4.5 вказано що існує орієнтаційна залежність мікротвердості у зразках недопованої евтектики $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ та її відсутність у допованих Ce^{3+} зразках, якими чинниками, на Вашу думку це обумовлено?
7. Поясніть чому інтенсивність люмінесценції аналогічних евтектичних та монокристалічних зразків різняться майже у 7 разів (пункт 5.3), тоді як ефективність фотоконвертерів на основі $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ вдвічі перевищує ефективність кристалічних конвертерів?
8. Як Ви пояснюєте зростання інтенсивності люмінесценції на ~15% після високотемпературного відпалу в окислювальному середовищі?
9. В пункті 5.3.3 не вказано мотивацію дослідження «впливу відпалу на електронні рівні в іоні Ce^{3+} в ґратці YAG»;
10. В пункті 5.5 не зазначено розмір оптимізованого конвертера, що є важливим;
11. У тексті дисертації присутні поодинокі орфографічні та пунктуаційні помилки, які, втім, не впливають принципово на розуміння змісту й наукову якість роботи.

Д. т. н., ст. досл. **БЕЗКРОВНА Ольга Миколаївна** оцінила роботу позитивно.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» — членів ради,

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує СІРИКУ Юрію Вікторовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається

Голова разової спеціалізованої вченої ради

Безкровна

Ольга БЕЗКРОВНА

Підпис Ольги БЕЗКРОВНОЇ засвідчую

В.о. вченого секретаря Інституту монокристалів Національної академії наук України



Роман БРОДСЬКИЙ