

Рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії

Разова спеціалізована вчена рада Інституту монокристалів Національної академії наук України, м. Харків, прийняла рішення про присудження Балабанову Антону Едуардовичу ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» на підставі прилюдного захисту дисертації «Процеси синтезу та властивості ІЧ-прозорої кераміки в системі MgO-Y₂O₃» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

6 березня 2024 року.

Балабанов Антон Едуардович, 1996 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2019 році Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна за спеціальністю «Фізика та астрономія».

З 1 листопада 2019 р. по 31 жовтня 2023 р. навчався в аспірантурі Інституту монокристалів НАН України. Загальний стаж роботи 5 повних років.

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

Науковий керівник: Явецький Роман Павлович, завідувач відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, доктор технічних наук, професор.

Здобувач має 6 наукових публікацій за темою дисертації, з них 5 статті у періодичних наукових виданнях інших держав, 1 стаття у науковому фаховому виданні України:

1. O.S. Kryzhanovska, V.N. Baumer, S.V. Parkhomenko, A.G. Doroshenko, R.P. Yavetskiy, **A.E. Balabanov**, A.V. Tolmachev, S.N. Skorik, Jiang Li, A. Kuncser, Formation peculiarities and optical properties of highly-doped (Y_{0.86}La_{0.09}Yb_{0.05})₂O₃ transparent ceramics, *Ceramics International* 45 (2019) 16005–16010. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.05.111>. Q1.

2. O.S. Kryzhanovska, N.A. Safronova, **A.E. Balabanov**, R.P. Yavetskiy, M.V. Dobrotvorskaya, Jiang Li, S. Petrushenko, A.V. Tolmachev, N.A. Matveevskaya, E.N. Shulichenko, V.Yu. Mayorov, D. Sofronov, Y_2O_3 –MgO highly-sinterable nanopowders for transparent composite ceramics, *Functional Materials* 26 (2019) 829–837. <http://doi.org/10.15407/fm26.04.829>. Q3.
3. N.A. Safronova, O.S. Kryzhanovska, M.V. Dobrotvorskaya, **A.E. Balabanov**, A.V. Tolmachev, R.P. Yavetskiy, S.V. Parkhomenko, R. Brodskii, V.N. Baumer, D.Yu. Kosyanov, O.O. Shichalin, E.K. Papynov, Jiang Li, Influence of sintering temperature on structural and optical properties of Y_2O_3 –MgO composite SPS ceramics, *Ceramics International* 46 (2020) 6537–6543. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.11.137>. Q1.
4. R.P. Yavetskiy, **A.E. Balabanov**, S.V. Parkhomenko, O.S. Kryzhanovska, A.G. Doroshenko, P.V. Mateychenko, A.V. Tolmachev, Jiang Li, Nan Jiang, L. Gheorghe, M. Enculescu, Effect of starting materials and sintering temperature on microstructure and optical properties of $Y_2O_3:Yb^{3+}$ 5 at.% transparent ceramics, *Journal of Advanced Ceramics* 10 (2020) 49–61. <https://doi.org/10.1007/s40145-020-0416-3>. Q2.
5. N.A. Safronova, R.P. Yavetskiy, O.S. Kryzhanovska, M.V. Dobrotvorskaya, **A.E. Balabanov**, I.O. Vorona, A.V. Tolmachev, V.N. Baumer, I. Matolínová, D.Yu. Kosyanov, O.O. Shichalin, E.K. Papynov, S. Hau, C. Gheorghe, A novel IR-transparent $Ho^{3+}:Y_2O_3$ –MgO nanocomposite ceramics for potential laser applications, *Ceramics International* 47 (2021) 1399–1406. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.08.263>. Q1.
6. S. Parkhomenko, **A. Balabanov**, O. Kryzhanovska, N. Safronova, I. Vorona, A. Doroshenko, O. Vovk, O. Vashchenko, A. Tolmachev, R. Yavetskiy, Effect of green body annealing on microstructure and optical properties of $Y_2O_3:Yb^{3+}$ ceramics, *Ceramics International* 49 (2023) 29048–29054. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.06.179>. Q1.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради:

Безкровна Ольга Миколаївна, старша наукова співробітниця відділу нелінійно-оптичних кристалів Інституту монокристалів НАН України, докторка технічних наук. Оцінка позитивна без зауважень.

Вовк Олег Михайлович, старший науковий співробітник відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидат хімічних наук, старший дослідник. Оцінка позитивна із зауваженнями:

1. При визначені розчинності оксиду лантану в оксиді ітрію не вказана концентрація оксиду лантану.

2. Формулювання розчинення оксиду лантану за участі проміжних фаз не коректне, краще з утворенням проміжних фаз.

3. Вживання терміну «прожарювання» не коректне, краще «відпал».

4. При розгляді оптичних властивостей композитної кераміки $MgO-Y_2O_3$, на думку рецензента, більший вплив має розсіяння за рахунок різних індексів заломлення, а не присутність пор.

5. Питанню щодо того, що легування іонами Ho^{3+} активізує дифузійний масоперенос при отриманні кераміки $MgO-Y_2O_3:Ho^{3+}$ (3-12 ат.%) через перерозподіл електронної щільності поблизу легуючих іонів слід було приділити більше уваги.

6. Автор стверджує що кераміка Y_2O_3 одержувалась за допомогою реакційного спікання. Необхідно вказати, яка твердофазна реакція при цьому відбувалася.

7. Зауваження щодо співробітництва і співавторства з представниками росії.

8. Слід відзначити, що в тексті багато орфографічних помилок і жаргонних висловів, як наприклад, ітрієва кераміка, замість кераміка оксиду ітрію.

Кривоногов Сергій Іванович, науковий співробітник відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидат технічних наук. Оцінка позитивна із зауваженнями:

1. Введення ізовалентних іонів лантану в Y_2O_3 супроводжується формуванням точкових дефектів заміщення La_Y . Але оскільки іон La (0,103 нм) має значно більший радіус аніж іон Y (0,090 нм), тому при входженні в решітку, виникає деформація матриці. Таким чином для зменшення такої деформації повинен виникнути механізм релаксації напружень. Чи розглядався такий механізм?

2. Кераміка Y_2O_3 з високою концентрацією іонів La^{3+} має тенденцію до розтріскування. В роботі механізмом такої поведінки розглядається фазові перетворення з переходом гексагонального La_2O_3 в кубічний, що супроводжуються збільшенням питомого об'єму майже на 6%, а також наявність фаз $La(OH)_3$, $La_2O_2CO_3$, утворених при взаємодії La_2O_3 з H_2O і CO_2 з атмосферою через високу гігроскопічність оксиду лантану.

3. По-перше, яка концентрація вважається високою? По друге як було встановлено наявність цих фаз? А також не є окрім зазначеного механізму більш вагомим вплив релаксації залишкової термо-пружної деформації при високотемпературному відпалі та подальшому спіканні?

4. На рис. 3.15 наведено STEM-зображення кераміки, але у підпису зазначено, що границя лежить не між зернами а осторонь.

5. На цьому ж зображенні спостерігаються періодичні смуги, які переходять з одного зерна на інше. Це є артефактом прибору при зйомці, чи відображенням смуг легкого ковзання які притаманні решітці.

6. Спостерігаючи утворення границь зерна робиться висновок, що зерно Y_2O_3 і MgO може складатися з 4-5 кристалічних блоків. Чи визначалась кристалографічна орієнтація (пріоритетна) самої кераміки, а також разорієнтація цих блоків?

Богомол Юрій Іванович, завідувач кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона, доктор технічних наук, професор. Оцінка позитивна із зауваженнями:

1. В тексті дисертації автор часто використовує термінологію «іскрове спікання» та «іскрове плазмове спікання». Не зовсім зрозуміло чи мається на увазі один і той же процес, чи різні?

2. По тексту дисертації зустрічаються графіки і рисунки з підписами англійською мовою (наприклад, рис. 1.6, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, тощо).

3. На стор. 105 автор стверджує, що «Оптичне пропускання керамік $Y_2O_3:Yb^{3+}$ збільшується зі зростанням температури спікання від $1750^\circ C$ до $1800^\circ C$, а при подальшому збільшенні температури спікання дещо знижується». З чим може бути пов'язане зниження оптичного пропускання для зразків спечених при температурах вище $1800^\circ C$?

4. На стор. 138 автор стверджує, що «найвищі значення 10,9 ГПа демонструють зразки, виготовлені при $1200^\circ C$. Це набагато вище, ніж у однофазної кераміки Y_2O_3 та MgO [12, 104, 110]». Чим це можна пояснити?

5. В дисертації з механічних властивостей досліджена тільки мікротвердість, хоча автор декілька разів згадує про міцність кераміки і необхідність її забезпечення.

Беспалова Ірина Ігорівна, провідна наукова співробітниця відділу наноструктурних матеріалів імені Ю.В. Малюкіна, докторка технічних наук, старша дослідниця. Оцінка позитивна із зауваженнями:

1. На сторінках 71-72 вказано, що «...Наявність прозорості кераміки $(Y_{0,86}La_{0,09}Yb_{0,05})_2O_3$ означає, що її відносна щільність перевищує 99,5 %. ікрофотографії кераміки $(Y_{0,9}La_{0,1})_2:Yb^{3+}$ приведена на рис. 3.6. Після вакуумного спікання при фіксованій температурі $1750^\circ C$ кераміки виходять на стадію формування закритої пористості ($\rho \geq 95\%$). Можна бачити, що всі

кераміки мають щільну тонку структуру, розмір зерен лежить в діапазоні від 10 до 30 мкм...». На мою думку, дане твердження потребує уточнення. А саме, яким чином було встановлено автором, що відносна щільність керамік становить 99,5%? Яким методом було виміряно або розраховано значення відносної щільності та закритої пористості у даних випадках? До того ж розмір зерен не може бути мірою відносної щільності кераміки? Також тут необхідно зазначити, чи йдеться про однаковий склад кераміки, а саме про вміст рідкісноземельних елементів: $(Y_{0,86}La_{0,09}Yb_{0,05})_2O_3$ та $(Y_{0,9}La_{0,1})_2O_3:Yb^{3+}$? До того ж у виводах до розділу 3 склад кераміки зазначено, як $(Y_{0,9}La_{0,1})_2O_3:Yb^{3+}$. Який вміст іонів Ітербію у даному складі?

2. У розділі 2.3 «Методи компактування і дослідження сумішей нанопорошків Y_2O_3 » вказано, що «...суміші ущільнювали в сталевій прес-формі одновісним пресом під тиском 50 МПа з використанням олеїнової кислоти...». Чому саме така кислота була обрана, а не низькомолекулярні спирти, які досить широко використовуються у методах компактування та мають значно нижчі температури розкладення?

3. На сторінці 92 вказано, що «Широкий пік ДТГ при $85^\circ C$ пов'язаний із видаленням поглиненої води, тоді як пік з максимумом при $315^\circ C$ відноситься до розкладу органічної домішки (олеїнової кислоти), а також вивільнення CO_2 , поглинутого з атмосфери. Варто зазначити, що зразок відновлює 2,1% втрати ваги протягом 24 годин після проведення вимірювань ТГА-ДТГ. Цей факт підтверджує незворотне видалення залишкових органічних речовин.» Що є джерелом органічних речовин у досліджуваних зразках (виключаючи олеїнову кислоту)?

4. На мою думку позначення кераміки складу $(Y_{0,93}Yb_{0,05}La_{0,005}Zr_{0,015})_2O_3$ к $Y_2O_3:Yb^{3+}$ (стор. 102) у розділі 4.3 є не досить вдалим, адже у роботі вище також зустрічаються аналогічні позначення дещо іншого складу кераміки (наприклад, стор. 64, розділ 3.1).

5. У тексті дисертації згадується «відношення Холла-Петча» (стр. 138) та «зміцнення Холла-Петча» (стр. 151). Вважаю, що тут необхідно пояснити

різницю між даними термінами та навести мінімальне пояснення стосовно «моделі Холла-Петча», допущення якої використано у дисертаційній роботі.

6. Текст дисертаційної роботи має деяку кількість друкарських помилок (пропущені/зайві букви, символи, крапки тощо) та має не дуже зручне розташування рисунків у тексті, деякі рисунки є не досить чіткими. Також присутні розбіжності у введених та використаних скорочень, наприклад, DLS та ДЛС тощо.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради,

На підставі результатів відкритого голосування та прийнятого рішення

**РАЗОВА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВЧЕНА РАДА
ІНСТИТУТУ МОНОКРИСТАЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ
УХВАЛИЛА:**

1. Дисертація Балабанова Антона Едуардовича на тему «Процеси синтезу та властивості ІЧ-прозорої кераміки в системі $MgO-Y_2O_3$ », що подана на здобуття наукового ступеню доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» є завершеним самостійним науковим дослідженням і відповідає вимогам **«Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261; «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти,**

наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

2. Присудити Балабанову Антону Едуардовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

3. Рішення разової спеціалізованої вченої ради затвердити і передати до відділу аспірантури Інституту монокристалів Національної академії наук України.

4. Відділу аспірантури підготувати Наказ про видачу Балабанову Антону Едуардовичу диплома доктора філософії та додатка до нього європейського зразка.

Голова спеціалізованої вченої ради
докторка технічних наук

Ольга БЕЗКРОВНА

Підпис Ольги БЕЗКРОВНОЇ засвідчую

Вчений секретар Інституту
монокристалів НАН України



Костянтин КУЛИК