

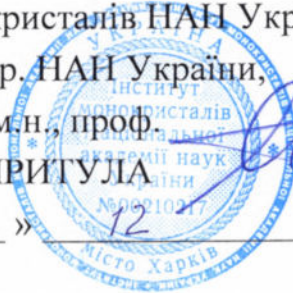
«ЗАТВЕРДЖУЮ»

директор Інституту  
монокристалів НАН України,  
чл.-кор. НАН України,

д.-ф.-м.н., проф.

Ігор ПРИТУЛА

« 15 » 12 2023 р.



### ВИТЯГ

з протоколу №1 розширеного засідання відділу кристалічних матеріалів  
складних сполук Інституту монокристалів НАН України  
від «08» грудня 2023 року

**ПРИСУТНІ:** головуючий на засіданні – заступник директора Інституту монокристалів НАН України, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор **Толмачов Олександр Володимирович**; завідувач відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, доктор технічних наук, професор **Явецький Роман Павлович**; заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів, кандидат технічних наук, старший дослідник **Герасимов Ярослав Віталійович**; старша наукова співробітниця відділу нелінійно-оптичних кристалів Інституту монокристалів НАН України, докторка технічних наук, старша дослідниця **Долженкова Олена Федорівна**; старша наукова співробітниця відділу нелінійно-оптичних кристалів Інституту монокристалів НАН України, докторка технічних наук **Безкровна Ольга Миколаївна**; завідувач відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидат технічних наук **Ніжанковський Сергій Вікторович**; старша наукова співробітниця відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидатка фізико-математичних наук, старша наукова співробітниця **Добротворська Марія Вікторівна**; старша наукова співробітниця відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидатка технічних наук **Вовк Олена Олександрівна**; старший науковий співробітник відділу оптичних та лазерних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидат хімічних наук, старший дослідник **Вовк Олег**

**Михайлович;** старша наукова співробітниця відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидатка технічних наук **Крижановська Олександра Сергіївна;** старший науковий співробітник відділу нелінійно-оптичних кристалів Інституту монокристалів НАН України, кандидат хімічних наук **Софронів Дмитро Семенович;** старший науковий співробітник відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидат фізико-математичних наук **Ворона Ігор Олегович;** старший науковий співробітник відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидат технічних наук **Пархоменко Сергій Володимирович;** молодша наукова співробітниця відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидатка технічних наук **Матвієнко Оксана Олегівна;** молодший науковий співробітник відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України **Балабанов Антон Едуардович.**

Серед присутніх 3 доктори технічних наук, 1 доктор фізико-математичних наук, 6 кандидатів технічних наук, 2 кандидата фізико-математичних наук, 2 кандидата хімічних наук – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

#### **СЛУХАЛИ:**

1. Результати дисертаційної роботи аспіранта ТИМОШЕНКА Арсенія Дмитровича на тему: «Закономірності формування та структурно-фазовий стан високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

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

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Інституту монокристалів НАН України (протокол № 12 від 24.11.2019 р.). Уточнену редакцію теми дисертаційного дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Інституту монокристалів НАН України (протокол № 8 від 23.10.2020 року).

2. Виступ здобувача.

3. Запитання до аспіранта по темі дисертації ставили: член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор **Толмачов Олександр Володимирович;** докторка технічних наук **Безкровна Ольга**

**Миколаївна**; кандидат технічних наук **Ніжанковський Сергій Вікторович**; кандидатка технічних наук **Вовк Олена Олександрівна**; кандидатка фізико-математичних наук **Добротворська Марія Вікторівна**; кандидат хімічних наук **Вовк Олег Михайлович**; кандидатка технічних наук **Крижановська Александра Сергіївна**; кандидат хімічних наук **Софронов Дмитро Семенович**; кандидат технічних наук **Пархоменко Сергій Володимирович**.

4. Виступ наукового керівника.

5. В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь: член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор **Толмачов Олександр Володимирович**; докторка технічних наук **Безкровна Ольга Миколаївна**; кандидат технічних наук **Ніжанковський Сергій Вікторович**; кандидатка фізико-математичних наук **Добротворська Марія Вікторівна**; кандидат технічних наук **Вовк Олена Олександрівна**; кандидат хімічних наук **Вовк Олег Михайлович**.

**УХВАЛИЛИ:**

### **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну та практичне значення результатів дисертації  
ТИМОШЕНКА Арсенія Дмитровича за темою: «Закономірності  
формування та структурно-фазовий стан високолегованої оптичної  
кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з  
галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132**

**Матеріалознавство**

**Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Одним з найперспективніших методів підвищення потужності традиційних лазерних систем YAG:Nd<sup>3+</sup> є використання прозорої кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup> в якості поглинача, що забезпечує пригнічення паразитних коливань, посиленого спонтанного випромінювання та більш ефективного відведення тепла. Максимальна оптична якість при високих концентраціях легування є вирішальною умовою для забезпечення максимально ефективного поглинання. Визначення закономірностей формування високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup> є актуальною матеріалознавчою задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до затвердженої теми дисертаційної роботи, індивідуального плану аспіранта, а також в рамках наступних наукових проєктів:

- Цільової наукової програми Відділення ФТПМ НАН України «Фундаментальні проблеми створення матеріалів з наперед заданими властивостями, методів їх з'єднання і обробки» за темою «Наукові основи технології отримання лазерних керамічних композитів для створення сучасних малогабаритних джерел випромінювання» (2017-2021 р.р., № держреєстрації 0112U000777)
- Конкурсу НФДУ «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» за темою «Новітні та традиційні ІЧ-прозорі кераміки складної архітектури для екстремальних умов експлуатації» (2020-2022 р.р., № держреєстрації 2020.02/0293).
- Програми «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок» Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України за темою «Розробка нового покоління лазерної кераміки YAG:Nd для потужних лазерних джерел спеціального призначення» (2020-2021 р.р., № держреєстрації 0116U008004с).
- Проєкту доступу до Центрально-європейської науково-дослідницької інфраструктури (CERIC) CERIC-ERIC Project No. 20202040 “Structural and compositional homogeneity of transparent ceramics YAG:Sm on micro- and nano-scale”, 2020.

Дослідження Тимошенка А.Д. стали складовою частиною даних науково-дослідних робіт.

#### **Мета і завдання дослідження.**

Метою дисертаційної роботи є визначення закономірностей формування фазового складу, структури, оптичних властивостей високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>, а також оптимізація фізико-технологічних умов її синтезу.

Основні задачі:

- Визначення особливостей спікання високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup> в умовах фазових перетворень.
- Встановлення впливу концентрації іонів самарію на структурно-фазовий стан, спектроскопічні властивості кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>.

- Визначення умов отримання монофазної високолегованої кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ .
- Встановлення впливу комплексної домішки  $\text{Mg}^{2+}+\text{Si}^{4+}$  на особливості консолідації, формування мікроструктури та оптичні властивості кераміки  $\text{YAG}$  та  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ .

#### **Об'єкт дослідження.**

Процеси формування, формування мікроструктури та властивості високолегованої оптичної кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ , отриманої консолідацією в умовах фазових перетворень.

#### **Предмет дослідження.**

Структурно-фазовий стан, морфологія, оптичні та люмінесцентні властивості високолегованої кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ .

#### **Методи дослідження.**

Порошкові суміші отримували методом високоенергетичного помелу. Компакти формували методом одновісного та холодного ізостатичного пресування. Консолідацію компактів у високощільну прозору кераміку здійснювали методом реакційного спікання у вакуумі. Фазовий склад кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$  досліджували методом рентгенфазового аналізу. Мікроструктуру отриманої кераміки досліджували методом оптичної мікроскопії. Морфологію та елементний склад зразків кераміки досліджували методами автоемісійної скануючої електронної мікроскопії (FESEM) та енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (EDX). Люмінесцентні та оптичні властивості визначали методом оптичної та люмінесцентної спектроскопії.

#### **Наукова новизна дослідження** базується на таких основних положеннях:

1. Оптимізовано технологічний маршрут отримання оптичної кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$  (5 ат.%), що виключає аномальний ріст зерен під час консолідації та забезпечує ефективне видалення залишкових пор по розвиненій системі міжзеренних меж з характерним розміром кристалітів близько 20 мкм.

2. Реалізовано умови отримання монофазної високолегованої кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$  із вмістом іонів самарію  $\leq 9$  ат.%. За вищих концентрацій відбувається частковий розпад пересиченого твердого розчину заміщення з утворенням самарій-вмісної домішкової фази по границях зерен кераміки. Це

збільшує оптичні втрати через розсіювання світла на межах розділу матричної та вторинної фаз, що мають різні коефіцієнти оптичного заломлення.

3. Показано, що розширення ліній поглинання в діапазоні 1050-1100 нм ( ${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{F}_{9/2}$  переходи іонів  $\text{Sm}^{3+}$ ) зі збільшенням концентрації іонів  $\text{Sm}^{3+}$  з 3 до 15 ат. % відбувається за рахунок підвищення інтенсивності сателітів та зростання напівширини спектральних ліній. Монофазна кераміка  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  (9 ат. %) демонструє коефіцієнт оптичного поглинання  $\alpha = 4,5 \text{ см}^{-1}$  на довжині хвилі випромінювання  $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$  лазера.

4. Показано, що сумісне легування оптичної кераміки  $\text{YAG}$ ,  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  (3 ат. %) неізовалентними домішками  $\text{Si}^{4+} + \text{Mg}^{2+}$  у співвідношенні  $C_{\text{Si}}/C_{\text{Mg}} = 1,6$  активує процеси протидифузії, а також сприяє ефективному ущільненню за рахунок формування дефектів в катіонній підгратці, що контролюють дифузійні процеси в сполуках зі структурою гранату.

5. Визначено, що формування електрично нейтральних комплексів  $\text{Mg}'_{\text{Al}(\text{octa})} + \text{Si}''_{\text{Al}(\text{tetra})}$  у сусідніх вузлах кристалічної ґратки, які не вносять вклад в підвищення дифузійної рухливості за вакансійним механізмом, має наслідком деградацію оптичної прозорості через аномальне зростання залишкової пористості керамік  $\text{YAG}$ ,  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  (3 ат. %) із  $C_{\text{Si}}/C_{\text{Mg}} = 1$ .

### **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Оптимізовано базовий підхід та визначено основні фізико-технологічні параметри синтезу оптичної кераміки  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  для поглиначів паразитного випромінювання неодимових лазерів методом реакційного спікання. Елементи розробки використовувалися при виконанні договірної тематики Інституту монокристалів, що підтверджено відповідними актами використання.

2. Одержано монофазну високолеговану оптичну кераміку  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  (9 ат. %) із рекордним значенням коефіцієнту оптичного поглинання  $\alpha \approx 4,5 \text{ см}^{-1}$  на довжині хвилі 1064 нм, відносною щільністю вище 99,99% та середнім розміром зерен близько 20 мкм.

3. Визначено кількісний вміст комплексної домішки  $\text{Si}^{4+} + \text{Mg}^{2+}$ , що сприяє спіканню (0,071 ат. %  $\text{Si}^{4+}$ , 0,044 ат. %  $\text{Mg}^{2+}$ ), який забезпечує зниження оптичних втрат кераміки  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  у три рази у порівнянні із такою, отриманою з традиційною домішкою  $\text{Si}^{4+}$ . Функціональні параметри синтезованої кераміки  $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$  знаходяться на рівні монокристалічних аналогів.

**Особистий внесок здобувача** полягає в участі в постановці мети досліджень та обговоренні отриманих результатів, оптимізації умов синтезу кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ , вивченні структури, фазового складу та оптичних властивостей отриманої кераміки, встановленні впливу температури спікання та концентрації іонів самарію на структурно-фазовий стан та оптичні властивості кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$  та визначенні умов отримання монофазної високолегованої кераміки  $\text{YAG:Sm}^{3+}$ . Одержання експериментальних зразків проводилось за допомогою к.т.н. А.Г. Дорошенка, к.т.н. С.В. Пархоменка і к.ф.-м.н. І.О. Ворони. Дослідження мікроструктури кераміки методом EDX та FESEM здійснювались за допомогою І. Matolínova, визначення фазового складу методом РФА – к.х.н. В.М. Баумером. Люмінесцентні властивості визначені спільно з Dr. S. Nau, Dr. C. Gheorghe. Здобувачем разом з науковим керівником і співавторами проводився аналіз та інтерпретація отриманих результатів.

#### **Апробація результатів дослідження.**

Основні результати досліджень були представлені на International Workshop for Young Scientists "Functional Materials for Technical and Biomedical Applications", 2020. – September 7-10. – Kharkiv, Ukraine; Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології СММТ-2021, 2021. – 19-20 Жовтня Київ; VIII<sup>th</sup> International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds” 2022. – May 24-27. – Kyiv, Ukraine; Modern Problems of Materials Science, MSSE2023, 2023. – 27-29 September – Lviv, Ukraine, та опубліковані в збірниках тез доповідей вищезазначених конференцій.

#### **Публікації.**

За темою дисертації опубліковано 7 робіт, у тому числі 3 статті у фахових наукових виданнях та 4 тези доповідей наукових конференцій.

Список публікацій здобувача:

1. **A.D. Timoshenko**, A.G. Doroshenko, S.V. Parkhomenko, I.O. Vorona, O.S. Kryzhanovska, N.A. Safronova, O.O. Vovk, A.V. Tolmachev, V.N. Baumer, I. Matolínová, R.P. Yavetskiy, (INVITED) Effect of the sintering temperature on microstructure and optical properties of reactive sintered  $\text{YAG:Sm}^{3+}$  ceramics, Opt. Mater.: X 13 (2022) 100131 (Q2), <https://doi.org/10.1016/j.omx.2021.100131>.

2. I.O. Vorona, R.P. Yavetskiy, S.V. Parkhomenko, A.G. Doroshenko, O.S. Kryzhanovska, N.A. Safronova, **A.D. Timoshenko**, A.E. Balabanov, A.V. Tolmachev, V.N. Baumer, Effect of complex  $\text{Si}^{4+}+\text{Mg}^{2+}$  additive on sintering and

properties of undoped YAG ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.* 42 (2022) 6104-6109 (Q1), <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.05.017>.

3. **A.D. Timoshenko**, O.O. Matvienko, A.G. Doroshenko, S.V. Parkhomenko, I.O. Vorona, O.S. Kryzhanovska, N.A. Safronova, O.O. Vovk, A.V. Tolmachev, V.N. Baumer, I. Matolínová, S. Hau, C. Gheorghe, R.P. Yavetskiy, Highly-doped YAG:Sm<sup>3+</sup> transparent ceramics: Effect of Sm<sup>3+</sup> ions concentration, *Ceram. Int.* (2023) (Q1), <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.10.257>.

4. Microstructure and optical properties of Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Sm<sup>3+</sup> (3-15 at.%) transparent ceramics / **A. Timoshenko**, V. Baumer, I. Vorona, A. Doroshenko, O. Kryzhanovska, S. Parkhomenko, I. Matolínová, D. Cherkashin, A. Tolmachev, R. Yavetskiy // Book of Abstracts VIIIth International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds” (MSRC-2022), 2022. – May 24-27 – Kyiv, Ukraine – P. -10.

5. Мікроструктура та оптичні властивості прозорої кераміки Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Sm<sup>3+</sup> (3-9 ат.%) / **А.Д. Тимошенко**, В.Н. Баумер, І.О. Ворона, А.Г. Дорошенко, О.С. Крижановська, С.В. Пархоменко, А.В. Толмачев, Р.П. Явецький // Матеріали III всеукраїнської конференції молодих учених «Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології СММТ-2021», 2021. – 19-20 Жовтня – Київ, Україна – С. 40.

6. Вплив способу введення добавки MgO на мікроструктуру та оптичні властивості кераміки YAG:Cr<sup>4+</sup>,Ca<sup>2+</sup>,Mg<sup>2+</sup> / **А.Д. Тимошенко**, А.Г. Дорошенко, С.В. Пархоменко, А.В. Толмачов, Р.П. Явецький, // Abstracts Book of International Workshop for Young Scientists "Functional Materials for Technical and Biomedical Applications", 2020. – September 7-10. – Kharkiv, Ukraine – P. 42.

7. Effect of Mg<sup>2+</sup>+Si<sup>4+</sup> complex additive on consolidation features, microstructure and optical properties of YAG, YAG:Sm<sup>3+</sup> ceramics / **A. Timoshenko**, I. Vorona, R. Yavetskiy, S. Parkhomenko, A. Doroshenko, O. Kryzhanovska, N. Safronova, O. Tolmachev // International Young Scientists Conference on Modern Problems of Materials Science: MSSE2023 Proceedings, MSSE2023, 2023. - 27-29 September – Lviv, Ukraine – P. 93-95.

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літературних джерел та 3 додатків. Загальний об'єм роботи складає 133 сторінки, містить 62 рис., 7 табл., 101 посилання на літературні джерела та 3 додатки.



### **Характеристика особистості здобувача.**

Тимошенко Арсеній Дмитрович, 1996 року народження, у 2019 році закінчив Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна (магістр за спеціальністю «Фізика та астрономія»). З 15.04.2019 р. по 31.10.2019 р. навчався в аспірантурі Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України. З 01.11.2019 р. по 14.04.2023 р. навчався в денній аспірантурі Інституту монокристалів НАН України. Інженер 1 категорії відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України з 01.11.2019 р. по 31.03.2023 р.; в.о. молодшого наукового співробітника відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України з 01.04.2023 р. Загальний стаж роботи – 4 повних роки. Тимошенко А.Д. є достатньо кваліфікованим молодим науковцем, що працює в галузі матеріалознавства. Під час навчання в аспірантурі проявив себе як зацікавлений спеціаліст, здатний до самостійної роботи. Приймав активну участь в отриманні експериментальних зразків оптичної кераміки, а також в характеристиці її структурно-фазового стану та оптичних властивостей. Спільно з керівником та співаторами підготував та опублікував 3 роботи у журналах, що індексуються в системі Scopus (з квартилем Q1-Q2, з них 1 запрошена стаття).

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

У результаті попередньої експертизи дисертації **ТИМОШЕНКА Арсенія Дмитровича** і повноти публікації основних результатів дослідження

### **УХВАЛЕНО:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну та практичне значення результатів дисертації **ТИМОШЕНКА Арсенія Дмитровича** на тему: «Закономірності формування та структурно-фазовий стан високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Тимошенка А.Д. відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство

та 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, пп. 6, 7, 8 «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.

3. Рекомендувати дисертацію Тимошенка А.Д. на тему: «Закономірності формування та структурно-фазовий стан високолегованої оптичної кераміки YAG:Sm<sup>3+</sup>» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

4. Рекомендувати вченій раді Інституту монокристалів НАН України затвердити такий склад разової спеціалізованої вченої ради:

**Голова ради:**

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

**Рецензенти:**

**Добrotворська Марія Вікторівна**, старша наукова співробітниця відділу кристалічних матеріалів складних сполук Інституту монокристалів НАН України, кандидатка фізико-математичних наук, старша наукова співробітниця.

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

**Офіційні опоненти:**

**Саввова Оксана Вікторівна**, професорка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, докторка технічних наук, професорка.

**Герасимов Ярослав Віталійович**, заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, кандидат технічних наук, старший дослідник.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації  
Тимошенка А.Д.:

«За» – 15

«Проти» – немає

«Утримались» – немає

Презентація Тимошенка А.Д. на 25 стор. додається.

**Головуючий на засіданні**

заступник директора Інституту  
монокристалів НАН України  
чл.-кор. НАН України,  
д.-ф.-м.н., проф,

**Олександр ТОЛМАЧОВ**

**Секретар засідання**

м.н.с. відділу  
кристалічних матеріалів складних сполук  
Інституту монокристалів НАН України,  
к.т.н.

**Оксана МАТВІЄНКО**