

С.О. САМОЙЛЕНКО,^{1,2} Е.В. ТРЕТЯК,³ С.Е. КІЧАНОВ,² Г.П. ШЕВЧЕНКО,³
Е.В. ФРОЛОВА,³ Д.П. КОЗЛЕНКО,² Л.А. БУЛАВІН,¹ Г.Е. МАЛАШКЕВИЧ,⁴
Б.Н. САВЕНКО²

¹ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
(Просп. Академіка Глушкова, 2, Київ 03022)

² Об'єднаний інститут ядерних досліджень
(Вул. Жоліо-Кюрі 6, Дубна 141980, Росія; e-mail: samoilenko_pp@mail.ru)

³ Науково-дослідницький інститут фізико-хімічних проблем БДУ
(Вул. Ленінградська, 14, Мінськ 220080, Білорусь)

⁴ Інститут фізики ім. Б.І. Степанова НАН Білорусі
(Просп. Незалежності, 68, Мінськ 220072, Білорусь)

НЕЙТРОННІ ТА ОПТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КРИСТАЛІЧНИХ ЛЮМІНОФОРІВ $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ ТА $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$

УДК 535.2, 538.9

Особливості кристалічної структури і спектрально-люмінесцентні властивості складних оксидних систем $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ і $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ досліджені методами дифракції нейтронів та оптичної спектроскопії. Обговорено вплив введеного оксиду на структурні і люмінесцентні властивості цих систем, який носить складний характер, і залежить не тільки від формування стійкої дефектної структури граната та дифузії іонів Ce^{3+} з матриці в оксид, а й від взаємодії оксиду з матрицею, що відбувається з утворенням нових фаз.

Ключові слова: дифракція нейтронів, люмінофори, люмінесценція, кристалічна структура, довжина міжатомного зв'язку.

1. Вступ

Розвиток методів і технологій синтезу матеріалів – люмінофорів є важливими завданнями сучасної фізики конденсованого стану та матеріалознавства [1]. Найбільш перспективним і широко вивченим матеріалом для лазерної та фотолюмінесцентної техніки є кристалічні люмінофори на основі алюмоітрієвих $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) і алюмолютеційових $Lu_3Al_5O_{12}$ (LuAG) гранатів [2, 3]. Алюмоітрієві гранати YAG, активовані іонами Ce^{3+} , мають широкі перспективи для виробництва світлодіодних діодів (СВД) білого кольору свічення [3, 4]. В той самий час люмінофори на основі алюмолютеційового граната, що характеризуються високою гальмієвою здатністю для рентгенівського випромінювання, знаходять широке застосування як оптичні конвертори в детекторах

іонізуючих випромінювань для рентгенівської та позитронно-емісійної томографії та у фізиці високих енергій [5]. На сьогодні актуальним завданням є отримання СВД з теплим білим кольором свічення, що вимагає зміщення смуги свічення люмінофора у жовто-червону область спектра. Як найбільш простий варіант вирішення такого завдання розглядається одночасне використання декількох видів іонів-активатора, що дозволяють отримувати додаткову смугу люмінесценції в червоній області спектра. Альтернативним варіантом є вплив на кристалографічне оточення іона-активатора [6, 7] у структурі граната, наприклад, формуванням складних оксидних систем гранат/оксид.

Одним з найбільш привабливих методів для вирішення даного завдання є залучення методів колоїдної хімії [8, 9], що дозволяють отримувати матеріали, які характеризуються високою гомогенністю в розподілі оптично активних іонів [10], більш простим їх введенням в кристалічну матрицю [11], а головне – можливістю формування складних композитних систем з контрольованим перерозпо-

© С.О. САМОЙЛЕНКО, Е.В. ТРЕТЯК, С.Е. КІЧАНОВ,
Г.П. ШЕВЧЕНКО, Е.В. ФРОЛОВА,
Д.П. КОЗЛЕНКО, Л.А. БУЛАВІН,
Г.Е. МАЛАШКЕВИЧ, Б.Н. САВЕНКО, 2014

ділом іонів-активаторів між компонентами [12, 13]. Було встановлено, що введення Lu_2O_3 як додаткового компонента при колоїдно-хімічному синтезі $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ дозволяє змістити максимум смуги його люмінесценції в червону область спектра до $\lambda_{\text{max}} \sim 590$ нм [14], а в роботі [11] показано, що для композитів $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+} + \text{Lu}_2\text{O}_3$ у вигляді оптично прозорої кераміки спостерігається збільшення інтенсивності люмінесценції і зміщення її смуги в довгохвильову область.

В даній роботі представлені результати детального дослідження методом нейтронної дифракції кристалічної структури складних оксидних систем $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ для визначення можливих механізмів формування їх оптичних властивостей. Підкреслимо, що у разі вивчення складних оксидних з'єднань нейтронографія є найбільш інформативним методом, що дозволяє вивчати атомну структуру кристалів, які містять легкі елементи, а зокрема, кисень. Як відомо, за допомогою рентгенографії такий аналіз зробити практично неможливо.

2. Експеримент

Зразки кристалічних люмінофорів $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ були отримані за допомогою колоїдно-хімічного методу, докладний опис якого представлено в роботах [11, 12, 15]. У даній серії експериментів використовували зразки $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ та $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$, що містили 0, 10 і 30 мас.% Lu_2O_3 .

Спектри фотолюмінесценції вимірювали при кімнатній температурі на спектрофлуориметрі СДЛ-2. Довжина хвилі збудження люмінесценції в експерименті становила $\lambda_{\text{exc}} = 440$ нм. Отримані спектри коректувалися на спектральну чутливість системи реєстрації.

Експерименти з дифракції нейтронів проводилися на спектрометрі ДН-12 [16] імпульсного реактора ІБР-2 в Лабораторії нейтронної фізики ім. І.М. Франка Об'єднаного Інституту ядерних досліджень (м. Дубна, Росія). Дифракційні спектри були отримані для кута розсіяння $2\theta = 90^\circ$. Для даного кута розсіяння роздільна здатність дифрактометра на довжині хвилі $= 2 \text{ \AA}$ становила $\Delta d/d = 0,02$. Характерний час вимірювання одного спектра – 1 година. Об'єм досліджуваних зразків становив $V \sim 50 \text{ мм}^3$. Аналіз дифракційних

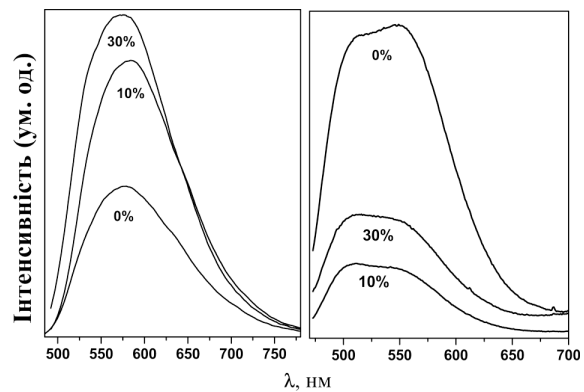


Рис. 1. Спектри люмінесценції мультикомпонентних люмінофорів $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ (ліворуч) і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ (праворуч) для різних концентрацій оксиду Lu_2O_3

даних проводився методом Рітвельда [17] за допомогою програм VMRIA [18].

3. Результати та їх обговорення

На рис. 1 наведено спектри люмінесценції $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$. Аналіз рис. 1 показує, що при додаванні Lu_2O_3 до $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ спостерігається зсув максимуму смуги люмінесценції в червону область (~ 580 нм) та суттєве збільшення інтенсивності при збільшенні кількості Lu_2O_3 . Для $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ спектри люмінесценції характеризуються слабо вираженим дублетом з максимумами при $\lambda_{\text{max}} \sim 510$ і 550 нм [19]. Явного зсуву положення максимумів цього дублету залежно від концентрації Lu_2O_3 не спостерігається. Разом з тим має місце зміна відносної інтенсивності максимумів дублету. Зазначимо, що у випадку зразка $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ (0 мас.% Lu_2O_3) є більш високою інтенсивність довгохвильової складової, а для зразків $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ інтенсивнішою є короткохвильова складова. Крім того, інтенсивність люмінесценції при додаванні Lu_2O_3 зменшується. Найбільше зменшення (в ~ 4 рази) спостерігається у випадку зразка $\text{LuAG}:\text{Ce}+10\% \text{ Lu}_2\text{O}_3$. При збільшенні концентрації Lu_2O_3 до 30% спостерігається незначне зростання інтегральної інтенсивності люмінесценції, але при тому вона залишається значно меншою, ніж для $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ (0 мас.% Lu_2O_3). Спостережувана зміна оптичних властивостей досліджуваних систем, яка зумовлена введенням оксиду лютецію,

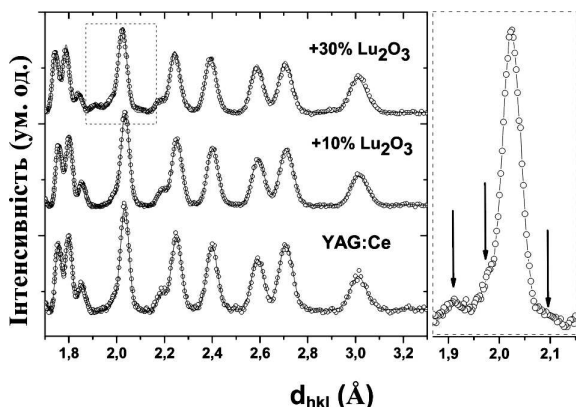


Рис. 2. Нейтронні дифракційні спектри $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$. Концентрація доданого оксиду Lu_2O_3 становить 0, 10 і 30 мас.%. Представлені експериментальні точки та обчислений за методом Рітвельда профіль спектра. Справа наведена збільшена частина нейтронного спектра $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ для концентрації Lu_2O_3 30 мас.%. Стрілками позначені додаткові рефлекси від утвореної в процесі синтезу кристалічної фази $Y_{3-x}Lu_xAl_5O_{12}:Ce^{3+}$

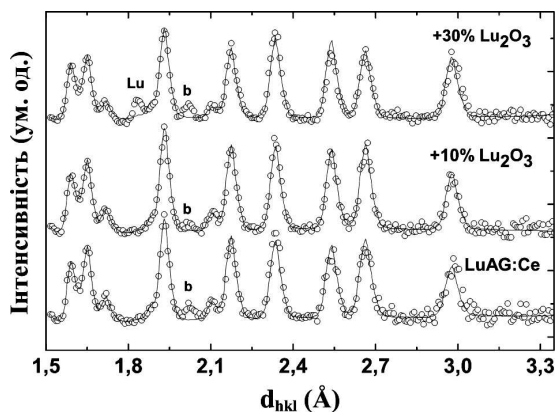


Рис. 3. Нейтронні дифракційні спектри для мультикомпонентних люмінофорів $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ з концентраціями введеного Lu_2O_3 0, 10 і 30 мас.%. Представлені експериментальні точки та обчислений за методом Рітвельда профіль. Символом “b” позначений рефлекс від матеріалу контейнера зразка – алюмінію. Символом “Lu” – позначений слабкий пік від кристалічної фази Lu_2O_3

може свідчити про викривлення локального кристалічного оточення іона активатора [20].

На рис. 2 і 3 наведені нейтронні дифракційні спектри систем $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ і $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$, відповідно. На нейтронних дифракційних спектрах $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ з максимальним вмістом Lu_2O_3 присутній

дифракційний максимум $d_{hkl} \sim 1,9 \text{ \AA}$, який відноситься до найбільш інтенсивного відображення фази Lu_2O_3 з кубічною структурою (просторова група $I2_13$). В спектрах $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ спостерігається поява слабоінтенсивного плеча при дифракційному піку на $d_{hkl} \sim 2,0 \text{ \AA}$, яке може відповідати найбільш інтенсивному рефлексу сформованої в процесі синтезу фази $(Y_{3-x}Lu_x)Al_5O_{12}$, що утворилась в результаті взаємодії компонентів системи $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ та Lu_2O_3 [12, 13]. Обробка нейтронних дифракційних даних здійснювалася за допомогою структурної моделі для гранатових з'єднань: кубічна симетрія з просторовою групою $Ia\bar{3}d$ [12, 21], в якій атоми Y і Lu знаходяться в кристаліграфічних позиціях – 24 (c) $(1/8, 0, 1/4)$, атоми алюмінію розташовані в двох нееквівалентних положеннях Al1 – 16 (a) $(0, 0, 0)$ і Al2 – 24 (d) $(3/8, 0, 1/4)$, а атоми кисню знаходяться в позиціях – 96 (h) (x, y, z) . Кубічна структура гранатів характеризується трьома типами нееквівалентного кисневого оточення: складного додекадричного навколо атомів Y або Lu, октадричного і тетрадричного для атомів алюмінію Al1 і Al2 [12]. З аналізу дифракційних даних нами були отримані структурні параметри і міжатомні довжини зв'язків для $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ і $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$.

На рис. 4 наведено залежності відносних довжин зв'язку Al–O для тетрадричного і октадричного кисневого оточення алюмінію. Аналіз рис. 4 показує, що при збільшенні кількості Lu_2O_3 , незалежно від системи, спостерігається помітне зростання довжини зв'язку Al–O в октадричному кисневому оточенні. Це можна пояснити формуванням стійкої дефектної структури в оксидній підґратці досліджуваних люмінофорів, які були отримані колоїдно-хімічним методом [10, 12]. Така дефектна структура повинна характеризуватися наявністю кисневих вакансій і антиструктурних дефектів $[Lu(Y)^{3+}Al]$ (катіони $Lu(Y)^{3+}$ в позиціях катіонів Al^{3+}), а також їх асоціатами [22, 23].

При додаванні Lu_2O_3 до $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ спостерігається незначне збільшення більшого міжатомного зв'язку Y–O1 і зменшення зв'язку Y–O2. Для $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ при збільшенні концентрації Lu_2O_3 також спостерігається зростання більшої міжатомної відстані Lu–O1 і зменшення зв'язку Lu–O2. Це вказує на анізотропний характер зміни об'єму кисневого додекаедра навколо атомів Y і Lu (рис. 5). Анізотропний характер зміни киснево-

го додекаедра навколо Y або Lu повинен приводити до змін кристалографічного оточення оптично-активного іона Ce^{3+} і, відповідно, до перерозподілу інтенсивності люмінесценції між двома каналами релаксації $^5\text{D}_1 \rightarrow ^2\text{F}_{5/2}$ і $^5\text{D}_1 \rightarrow ^2\text{F}_{7/2}$ (див. рис. 1).

Отримані експериментальні дані дозволяють проаналізувати механізм формування оптичних властивостей в складних оксидних системах $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$, що отримані колоїдно-хімічним методом синтезу. Встановлено, що в обох системах $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ відбувається формування стійкої дефектної області. Це підтверджується зміною всіх структурних характеристик досліджених люмінофорів після введення оксиду лютецію. Зокрема, спостерігається зміна довжин зв'язків Al–O для кисневого октаедра в бік її збільшення, що може вказувати на значне зростання кількості антиструктурних дефектів $[\text{Lu}(\text{Y})^{3+}\text{Al}]$.

Зазначимо, що крім наявності процесів, які пов'язані з розсіюванням енергії на дефектах кристалічної ґратки, зменшення інтенсивності люмінесценції при додаванні Lu_2O_3 до $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ можна пояснити також дифузією іонів церію з матриці $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ в Lu_2O_3 , що супроводжується зменшенням їх концентрації в LuAG: Ce^{3+} , і як наслідок, зменшенням інтегральної інтенсивності люмінесценції, оскільки Ce^{3+} в Lu_2O_3 не люмінесцує [24]. При введенні Lu_2O_3 в $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ також відбувається перерозподіл іонів Ce^{3+} в системі, проте він відбувається не між фазою $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ і Lu_2O_3 , а між утвореними додатковими фазами $\text{Y}_{3-x}\text{Lu}_x\text{Al}_5\text{O}_{12}$ та / або $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, (див. рис. 3), в яких іон Ce^{3+} має добру люмінесценцію. При цьому внаслідок зміни складу матриці спостерігається зсув максимуму люмінесценції Ce^{3+} в довгохвильову область, що і спостерігається у випадку $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$. Таким чином, можна вважати, що це і є однією з причин такого різного впливу Lu_2O_3 на спектрально-люмінесцентні властивості $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$.

Зауважимо, що при розгляді оптичних властивостей люмінесцентних систем на основі системи гранат – Lu_2O_3 необхідно враховувати також процеси дифузії іонів церію з початкової фази граната в утворенні нових фаз, в яких іон-активатор може перебувати в оптично активному або неактивно-

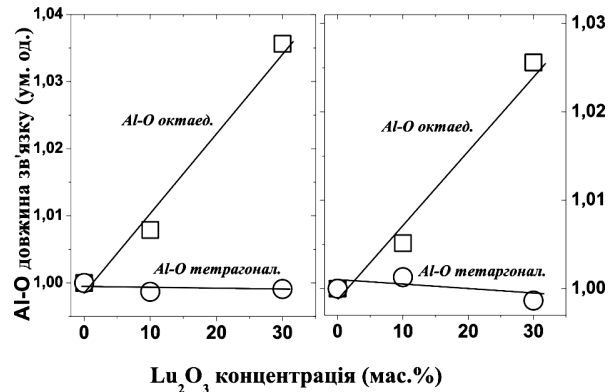


Рис. 4. Залежність відносної зміни довжини зв'язку Al–O в октаедричному і тетраедричному кисневому оточеннях у структурі $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ (праворуч) і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ (ліворуч) залежно від концентрації Lu_2O_3 . Довжини зв'язку пронормовані на величини довжин зв'язків для недопованих з'єднань $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$. Суцільні лінії – лінійна апроксимація експериментальних даних

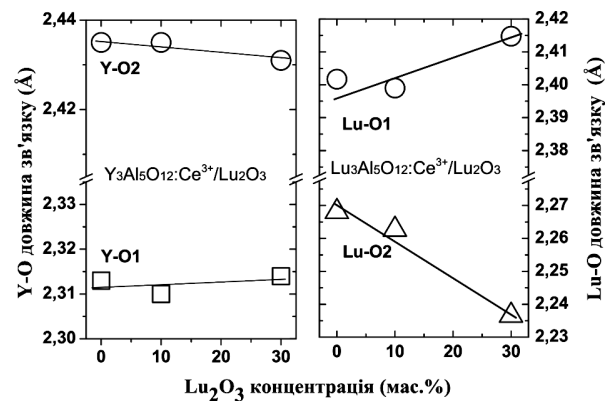


Рис. 5. Залежність довжини зв'язку Y–O1 і Y–O2 для $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ та Lu–O1 і Lu–O2 для $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ від концентрації введеного Lu_2O_3 . Суцільні лінії – лінійна апроксимація експериментальних даних

му стані. Крім того, їх оптичні властивості значною мірою залежатимуть від концентрації іона-активатора в матриці граната.

4. Висновки

У роботі досліджено структурний аспект формування оптичних властивостей складних оксидних систем $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ і $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$, отриманих за допомогою колоїдно-хімічного методу. Встановлено, що в досліджуваних системах у кисневій підґратці даних люміно-

форів формується стійка дефектна структура, що підтверджується змінами структурних параметрів цих люмінофорів після введення оксиду лютецію. В люмінофорі $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ із збільшенням концентрації Lu_2O_3 спостерігається значне зростання інтенсивності люмінесценції, в той час, як для $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ за таких самих умов спостерігається зменшення люмінесценції. Така відмінність, на нашу думку, може бути пояснена перерозподілом іонів церію між фазами, сформованими в процесі синтезу, в яких Ce^{3+} може випромінювати: $Y_{3-x}Lu_xAl_5O_{12}$ в $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$, що дає внесок у загальний спектр люмінесценції, а може знаходитися в невивпромінюючому стані: Lu_2O_3 в $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$, і тоді спостерігається в експерименті подавлення люмінесценції.

1. H. Chandler, Mater. Sci. Eng. R **49**, 113 (2005).
2. M.Globus, B.Grinyov, and J.K. Kim, *Inorganic Scintillators for Modern and Traditional Applications* (Institute for Single Crystals Publ. House, Kharkiv, 2005).
3. A. Lempicki, J. Wojtowicz, and C. Brecher, in *Wide-Gap Luminescent Materials: Theory and Applications*, edited by S.R. Rotman (Kluwer, Norwell, MA, 1997), p. 235.
4. T. Tamura, T. Setomoto, and T. Taguchi, J. Luminesc. **1180**, 87 (2000).
5. M. Globus, B. Grinyov, M. Ratner *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. **51**, 1297 (2004).
6. M. Nazarov, Moldav. J. Phys. Sci. **4**, 3 (2005).
7. R. Hansel, S. Allison, and G. Walker, J. Mater. Sci. **45**, 146 (2010).
8. J.M. Nedelec, J. Nanomater. **2007**, 36392 (2007).
9. *Proceedings of the International Symposium on Soft Chemistry Routes to New Materials, Nantes, France, September 1993*, edited by J. Rouxel, M. Tournoux, and R. Brec (Trans Tech Publ., 1994).
10. E.V. Frolova and M.I. Ivanovskaya, in *Thesis Book of Defect and Diffusion Forum, Annual Retrospective VII, Switzerland* (Trans. Tech. Publ., 2005), p. 143; p. 242.
11. G.P. Shevchenko, E.V. Tretyak, M.V. Korzhik, and S.K. Rakhmanov, Dokl. Nats. Akad. Nauk Belarus **56**, No. 6, 56 (2012).
12. S.E. Kichanov, E.V. Frolova, G.P. Shevchenko *et al.*, Fiz. Tverd. Tela **55**, 813 (2013).
13. S. Kichanov, E. Frolova, G. Shevchenko *et al.*, in *Abstracts of the International Conference on Neutron Scattering (ICNS-2013), Edinburgh, UK, 8-12 July 2013*, p. 27.
14. G.E. Malashkevich, G.P. Shevchenko, and M.V. Korzhik, Patent RU 2396302 C1. 10.08.2010, Bull No. 22.
15. E.V. Frolova, M.I. Ivanovskaya, and H.K. Hlushonak, Opt. Mater. **28**, 660 (2006).
16. D.P. Kozlenko, B.N. Savenko, V.P. Glazkov, and V.A. Somenkov, Neutron News **16**, No. 3, 13 (2005).

17. H.M. Rietveld, J. Appl. Crystallogr. **2**, 65 (1969).
18. V.B. Zlokazov and V.V. Chernyshev, J. Appl. Cryst. **25**, 447 (1992).
19. A.G. Petrosyan, V.F. Popova, V.V. Gusarov *et al.*, J. Cryst. Growth **293**, 74 (2006).
20. P.J. Dorenbos, J. Luminesc. **91**, 155 (2000).
21. S.Z. Geller, Z. Kristallogr. **125**, 1 (1967).
22. V.V. Laguta, A.M. Slipenyuk, M.D. Glinchuk *et al.*, Radiat. Meas. **42**, 835 (2007).
23. Y. Zorenko, J.A. Mares, P. Prusa *et al.*, Radiat. Meas. **45**, 389 (2010).
24. M. Nikl, A. Yoshikawa, A. Vedda, and T. Fukuda, J. Cryst. Growth **292**, 416 (2006).

Одержано 08.04.14

С.А. Самойленко, Е.В. Третьяк,
С.Е. Кичанов, Г.П. Шевченко, Е.В. Фролова,
Д.П. Козленко, Л.А. Булавин,
Г.Е. Малашкевич, Б.Н. Савенко

НЕЙТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЮМИНОФОРОВ
 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ И $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$

Резюме

Особенности кристаллической структуры и спектрально-люминесцентные свойства сложнооксидных систем $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ и $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ исследованы методами нейтронной дифракции и оптической спектроскопии. Обсуждается влияние вводимого оксида на структурные и люминесцентные свойства этих систем, которое носит сложный характер и зависит не только от формирования устойчивой дефектной структуры граната и диффузии ионов Ce^{3+} из матрицы в оксид, но и от взаимодействия оксида с матрицей, что происходит с образованием новых фаз.

S.O. Samoilenko, E.V. Tretyak, S.E. Kichanov,
G.P. Shevchenko, E.V. Frolova, D.P. Kozlenko, L.A. Bulavin,
G.E. Malashkevich, B.N. Savenko

NEUTRON AND OPTICAL
RESEARCHES OF MULTICOMPONENT
CRYSTALLINE $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$
AND $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ LUMINOPHORS

Summary

Peculiarities in the crystal structure and spectral-luminescent properties of compound oxide systems $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ and $Lu_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}/Lu_2O_3$ are studied using the neutron diffraction and optical spectroscopy methods. The influence of the introduced oxide on the structural and luminescent properties of those systems is shown to have a complicated character depending not only on the formation of a stable defect garnet structure and the diffusion of Ce^{3+} ions from the matrix into the oxide, but also on the interaction between the oxide and the matrix, which gives rise to the formation of new phases.