

УДК 539.216.539.26:546.162

ISSN 1729-4428

В.Ф. Зінченко¹, Н.П. Єфрюшина¹, О.Г. Єрємін¹, В.Я. Марків², І.В. Стоянова¹,
В.П. Антонович¹, О.В. Мозкова³, Н.М. Білявіна²
Структура і оптичні властивості фаз у системі EuF₃ - CeF₃

¹Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України,

Люстдорфська дорога, 86, 65080, Одеса, Україна; E-mail: vfzinchenko@ukr.net

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка,

вул. Володимирська, 64, 01003, Київ, Україна; E-mail: belmar@mail.univ.kiev.ua

³Центральне конструкторське бюро "Арсенал",

вул. Московська, 8, 02010, Київ, Україна E-mail: borisgor@i.com.ua

Методами рентгенівського дифракційного аналізу та спектроскопії дифузного відбиття досліджено взаємодію між EuF₃ й CeF₃ прожарюванні, плавленні і випаровуванні у вакуумі та склад фаз, що утворилися. Встановлено утворення нових фаз на основі складних фторидів Eu(II) та Ce(IV). Вони виявляють послаблення смуг поглинання у близькому ІЧ діапазоні спектру завдяки 4f-4f електронним переходам у іонах Eu(III) та значне посилення смуг поглинання в УФ діапазоні спектру. Одержані з матеріалів системи EuF₃-CeF₃ покриття мають вельми високі оптичні та експлуатаційні характеристики.

Ключові слова: лантаніди, взаємодія, складні фториди, фазовий склад, оптичне поглинання, покриття.

Стаття постуила до редакції 19.05.2004; прийнята до друку 31.08.2004.

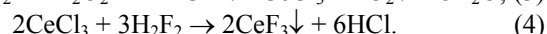
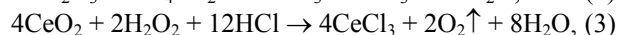
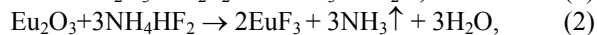
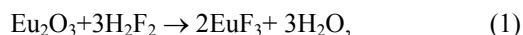
I. Вступ

Європій та церій відносяться до елементів лантанідного ряду, яким притаманна змінна валентність: III, II та III, IV, відповідно. Це має надавати певних специфічних рис взаємодії між сполуками згаданих елементів. Діаграму стану системи EuF₃-CeF₃ не вивчено, як і склад фаз, що утворюються при взаємодії цих фторидів. Якщо не зважати на змінну валентність європію і брати до уваги лише положення елемента у лантанідному ряді, то, за аналогією з системою CeF₃-GdF₃ [1], можна було б очікувати у зазначеній вище системі утворення неперервного ряду твердих розчинів тисонітної (типу анти-Cu₃P) структури. Нами було вивчено фазовий склад та структуру фаз, що утворюються в системі при певних співвідношеннях між EuF₃ та CeF₃ та різних умовах термообробки (температура, атмосфера).

II. Синтез зразків

Вихідні сполуки (EuF₃ та CeF₃) синтезовані фторуванням оксидів елементів Eu₂O₃ та CeO₂ фтороводневою кислотою (H₂F₂) або гідрофторидом амонію (NH₄HF₂); CeO₂ попередньо розчиняли у хлороводневій кислоті у присутності H₂O₂ як відновника. Рівняння відповідних реакцій можуть

бути записані таким чином:



Спечений зразок EuF₃ одержували прожарюванням попередньо зневодненого матеріалу при 1000⁰С у інертній атмосфері (He). Спечений зразок CeF₃ одержували за реакцією пірогідролізу [2]:



Отримані фториди також перетоплювали в інертному середовищі (He) у графітових тиглях.

Як випливає з наведених у табл.1 даних, параметри кристалічних ґраток спечених та плавлених матеріалів є досить близькими між собою. Проте, для плавленого зразка EuF₃ вони є дещо більшими, ніж для спеченого зразка, що пояснюється появою певної кількості Eu(II) у структурі EuF₃ за рахунок його часткового відновлення [3,4]. У випадку CeF₃ різниця у параметрах ґраток різних зразків, очевидно, обумовлена різним вмістом домішки Ce(IV).

Для вивчення взаємодії зразки вихідних матеріалів ретельно розтирали, змішували і пресували у таблетки ~Ø 20 мм та завтовшки 10-15 мм. Таблетки вміщували у скловуглецевий тигель і спікали шляхом прожарювання послідовно при 700, 800, 900, 1000 та 1100⁰С в інертному газі (He).

Таблиця 1

Результати рентгенівського фазового аналізу синтезованих фторидів Європію та церію

Зразок сполуки	Фазовий склад	Тип структури	Параметри кристалічних ґраток, нм		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
EuF_3 сп.	$\alpha\text{-EuF}_3$	Fe_3C (rh)	0,6616	0,7012	0,4392
EuF_3 пл.	$\alpha\text{-EuF}_3$	Fe_3C (rh)	0,6620	0,7016	0,4392
CeF_3 сп.	CeF_3	anti- Cu_3P (h)	0,7126		0,7284
CeF_3 пл.	CeF_3	anti- Cu_3P (h)	0,7129		0,7287

Примітка: сп. – спечений зразок, пл. – плавлений зразок, rh – ромбічна сингонія, h – гексагональна сингонія.

Частину попереднього зразка піддавали прожарюванню при 1100°C у вакуумі $\sim 10^{-1}$ Па. Крім того, два зразки складу 50 мол. % CeF_3 та 25 мол. % CeF_3 були перетоплені у графітових тиглях в інертній атмосфері.

З трьох таблеток різного складу шляхом термічного (резистивний варіант) випаровування у вакуумі були отримані тонкоплівкові покриття на підкладках з оптичного скла.

III. Методика досліджень

Кількісний рентгенівський фазовий аналіз проводили на автоматизованому рентгенівському апараті ДРОН-3 за методикою детальний опис якої наведено в роботі [5]. Дифракційні спектри одержували в мідному фільтрованому випромінюванні. Зйомку дифрактограм проводили у дискретному режимі з кроком сканування $0,05^\circ$ та часом експозиції в кожній точці 4 с для порошків та 8 с для покриттів. Відносна похибка визначення періодів кристалічної ґратки фазових складових не перевищувала 0,03 %. Характерні дифракційні спектри деяких зразків системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$ наведені на рис. 1.

Спектри дифузного відбиття полікристалічних зразків (порошків) знімали за допомогою спектрофотометра "Lambda-9" у діапазоні 200-2700 нм, зразком порівняння слугував тонкодисперсний MgO . Вимірювалися спектральні залежності $F(R) = f(\lambda)$, де $F(R)$ – функція Кубелки-Мунка, що визначається рівнянням:

$$F(R) = (1-R)^2/2R = k/s, \quad (6)$$

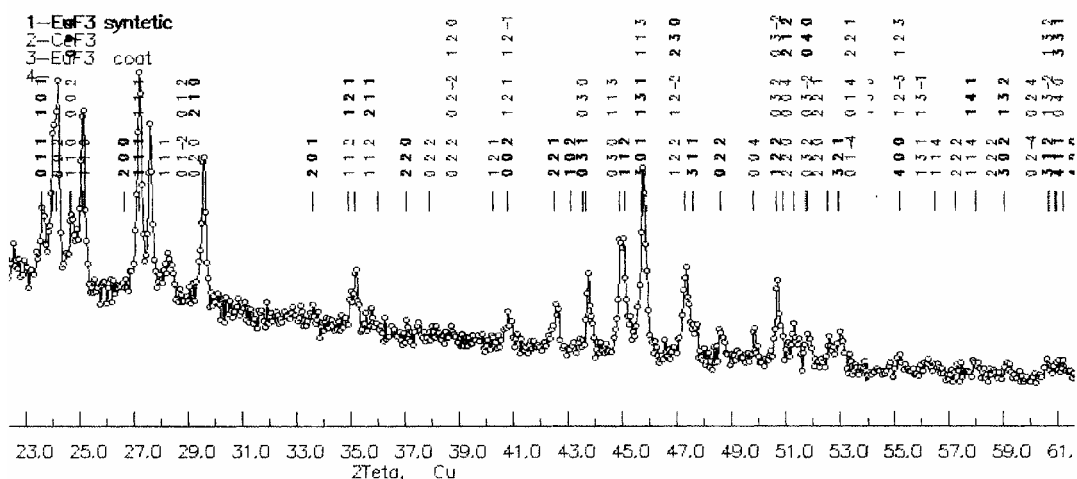
де R – відносне відбиття, k та s – коефіцієнти поглинання та розсіювання.

Тонкоплівкові покриття наносили у вакуумній установці ВУ-1А при залишковому вакуумі $(2-3) \cdot 10^{-3}$ Па з швидкістю нанесення 25-30 нм/хв. Оптична товщина (nd , де n – показник заломлення, d – фізична товщина) покриттів встановила 1,5-2,5 мкм. Визначення n покриття проводили на мікроспектрофотометрі МСФУ шляхом визначення

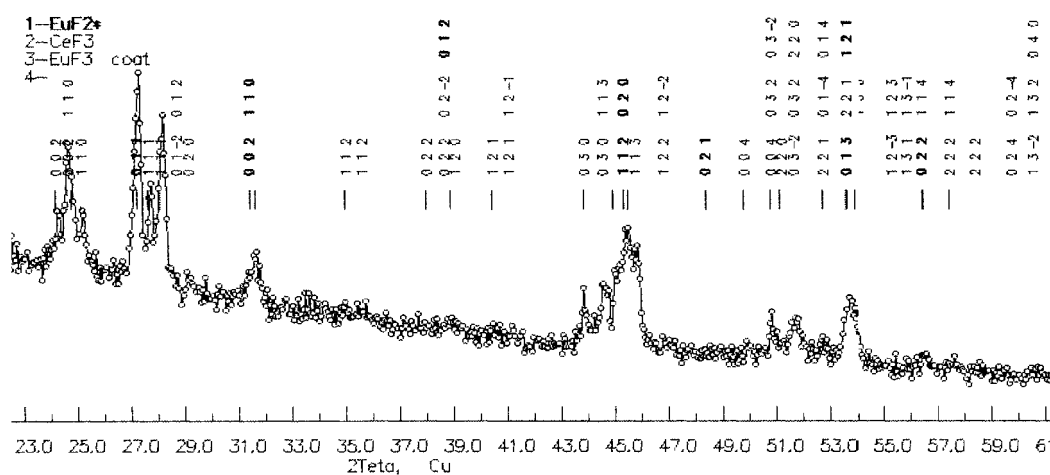
відбиття (R) від клиновидної пластини з нанесеним на неї покриттям [5]. Характерна спектральна залежність $(R) = f(\lambda)$ для одного з покриттів представлена на рис. 2. Коефіцієнт розсіювання покриття (σ) вимірювався на лазерному стенді із застосуванням (He-Ne) лазера ($\lambda = 682$ нм). Неоднорідність n за товщиною визначалася за допомогою спеціальної програми. Механічну міцність (H_m) покриттів визначали на пристрої СМ-55 методом стирання покриття за кількістю обертів до появи подряпини. Термічну міцність (H_t) оцінювали шляхом якісної оцінки стану покриття після термоудару у діапазоні $\pm 60^\circ\text{C}$ протягом 3-5 хв.

IV. Хімічні та структурні перетворення у системі

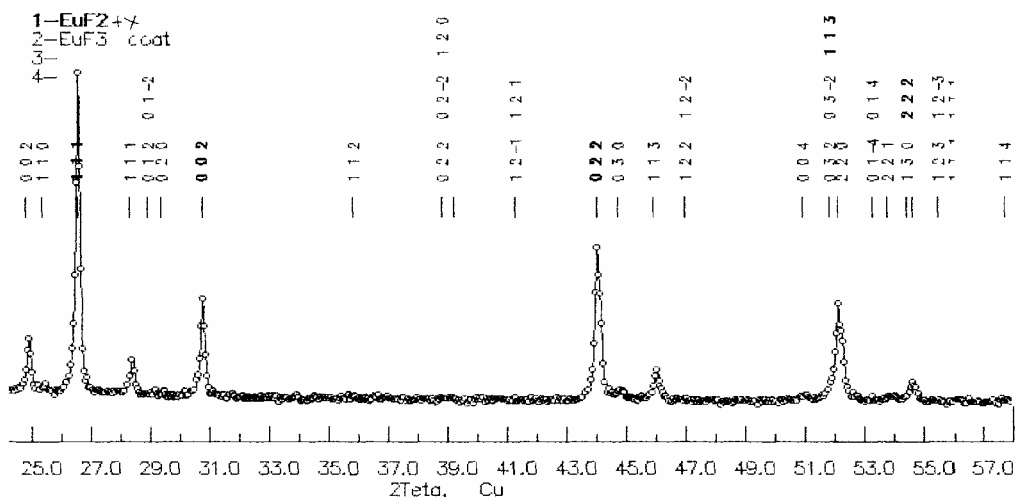
При розгляді даних рентгенівського фазового аналізу зразків системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$, що пройшли термообробку у різних умовах (табл. 2), впадає в око суттєва зміна фазового складу продуктів порівняно з вихідними компонентами. Так, вже при 700°C спостерігається поява помітної кількості високотемпературної β -фази EuF_3 (температура фазового переходу індивідуальної сполуки становить 700°C). Особливо значним її вміст є для зразка, що був отриманий з EuF_3 пл. Вже при 900°C з'являється помітна кількість фази EuF_{2+x} , що містить Eu(II) , причому з підвищенням температури її частка постійно зростає, натомість вміст фази CeF_3 в цілому зменшується. Надзвичайно вираженими є зміни фазового складу для зразків, що пройшли термообробку у вакуумі. Так, залишок від випаровування спеченого зразка взагалі не містить фази CeF_3 і складається переважно з EuF_{2+x} . Дифрактограма останнього наочно відображує переважно кубічну структуру зразка (рис. 1, крива 3). Вельми значним також є вміст фаз типу EuF_{2+x} у залишках від випаровування плавлених зразків. Цікавим видається той факт, що параметри ґраток $\alpha\text{-EuF}_3$, а також новоутвореної фази EuF_{2+x} є тим



1



2



3

Рис. 1. Фрагменти рентгенівських дифракційних спектрів зразків системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$:
1 – зразок №1, 2 – зразок №6, 3 – зразок №8.

більшими, чим жорсткішими є умови термообробки, натомість для фази $\beta\text{-EuF}_3$ спостерігається зворотне явище. У поєднанні зі зростанням частки фази EuF_{2+x} це є свідченням на користь збільшення вмісту Eu(II) у системі з підвищенням температури та поглибленням вакууму. Як випливає з даних табл. 2, покриття складається переважно з фаз $\beta\text{-EuF}_3$, або CeF_3 , хоча містить також певну кількість EuF_{2+x} .

Таким чином, співвідношення фаз у плівці є зворотнім до такого, що має місце у залишку.

Як випливає з рис. 3, спектральні характеристики зразків, що пройшли термічну обробку, суттєво відрізняються від спектрів вихідних речовин. На них з'являється і посилюється (по мірі поглиблення ступеня термообробки) широка смуга поглинання в УФ діапазоні (табл. 3), що частково захоплює

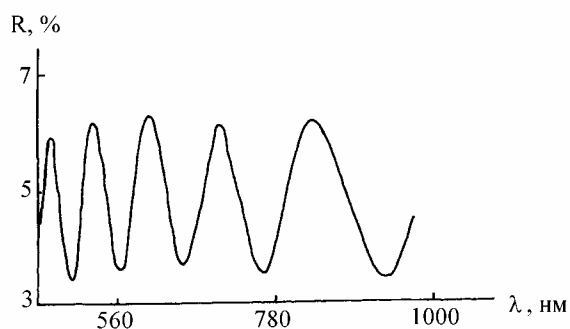


Рис. 2. Спектральна характеристика відбиття тонкоплівкового покриття завтовшки 1,36 мкм, отриманого з матеріалу системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ на підкладці зі скла ТФ-5 (зразок №11).

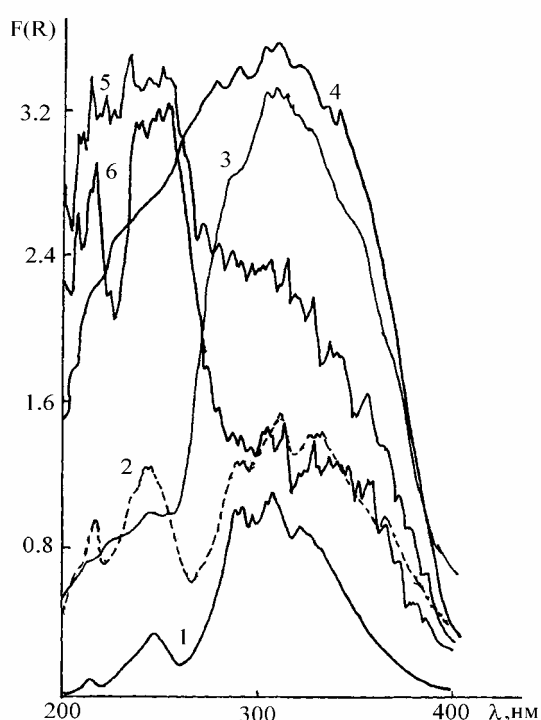


Рис. 3. Спектри дифузного відбиття зразків системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ в УФ діапазоні спектру:

1 – зразок №2, 2 – зразок №4, 3 – зразок №5, 4 – зразок №8, 5 – зразок №9, 6 – зразок №13.

видимий діапазон. Це позначається і на кольорі зразків, який набуває жовтувато-рудих відтінків, поглиблюючись при посиленні термообробки. Поява зазначеної смуги є відображенням наявності іонів Eu(II) і відповідних електронних переходів у них, а також між різновалентними іонами Eu(II) і Eu(III) . Крім того, на спектральних характеристиках зразків спостерігається поступове послаблення характерних смуг 4f-4f-електронного переходу в іоні Eu(III) у близькому ІЧ діапазоні спектру (рис. 4).

Усі ці дані свідчать про глибокі хімічні перетворення, що відбуваються у досліджуваній системі. Виявити їх характер допомагає співставлення з раніше вивченими перетвореннями,

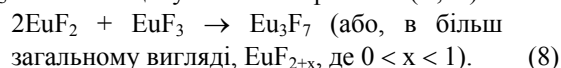
що відбуваються з EuF_3 у процесі термообробки в вакуумі [3,4].

V. Механізм перетворень

Запропоновано механізм процесів хімічної взаємодії між фторидами Eu(III) та Ce(III) . Суть його полягає у окиснювально-відновній реакції між компонентами:

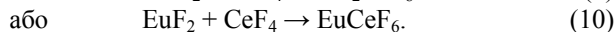
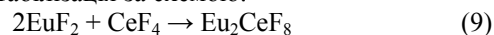


Проте термодинамічні розрахунки перебігу цієї реакції із використанням параметрів вихідних реагентів та продуктів реакції [6,7] ($\Delta G_{298}^\circ \approx 127$ кДж / моль) свідчать про неможливість процесу за стандартних умов (аналогічно тому, що це мало місце з термічним розкладом EuF_3). Очевидно, цьому процесові сприяє стабілізація валентних станів Eu(II) та Ce(IV) завдяки вторинним реакціям. Так, одним з варіантів, як і у випадку індивідуального EuF_3 є стабілізація у змішаних фазах Eu(II,III) :



При умові, що x лежить в межах $0 \div 0,43$, утворюються флюоритоподібні фази; з іншого боку, при $0,8 < x < 1$ стабілізується високотемпературна фаза $\beta\text{-EuF}_3$ або ромбічна фаза $\alpha\text{-EuF}_3$, що містять Eu(II) [8]. Стабілізація Ce(IV) також можлива за рахунок утворення змішаних фаз Ce(III, IV) , наприклад Ce_2F_7 . Однак, через відсутність даних про діаграму стану системи $\text{CeF}_3 - \text{CeF}_4$ це припущення поки що не може бути підтверджено.

Ймовірнішим, з огляду на розмірно-зарядове співвідношення іонів Eu(II) та Ce(IV) , має бути їхня взаємна стабілізація за схемою:



Непрямым підтвердженням можливості такого процесу можуть слугувати дані про взаємодію у аналогічних системах $\text{SrF}_2 - \text{ZrF}_4$ та $\text{SrF}_2 - \text{HfF}_4$ [1], а також відомості про існування сполук SrCeF_6 та EuThF_6 [9].

Наведений вище механізм також пояснює той факт, що починаючи з певних температур (понад 1000°C) спостерігається різке зменшення вмісту Ce -вмісних фаз. Справа в у тому, що CeF_4 є досить легкою сполукою, і при достатньо високій температурі (особливо у поєднанні з вакуумом) починається інтенсивний розклад Ce(IV) – вмісних сполук і вилітання CeF_4 . До речі, останній у помітній кількості виявлено на стінках реактора у його холодній зоні. Крім того, скловуглецевий тигель після прожарювання виявив помітні ознаки корозії (CeF_4 є сильним окисником), чого не спостерігається

Структура та параметри кристалічних ґраток фаз, що утворюються у системі $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$

№ зразка	Склад шихти (мол. %)	Умови та характер обробки	Фазовий склад продукту (об. %) і параметри кристалічних ґраток, нм			
			Вміст та склад	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	2	3	4	5	6	7
1	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	700 ⁰ С, He, спікання	60% α - EuF_3 (rh) 40% CeF_3 сліди β - EuF_3 (h)	0,6620 0,7124 0,6985	0,7015	0,4390 0,7272 0,7116
2	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	800 ⁰ С, He, спікання	51% α - EuF_3 36% CeF_3 13% β - EuF_3	0,6639 0,7125 0,6937	0,7032	0,4394 0,7260 0,7272
3	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	900 ⁰ С, He, спікання	47% CeF_3 46% α - EuF_3 7% EuF_{2+x} (β -с)	0,7130 0,6641 0,5763	0,7038	0,7285 0,4403
4	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	1000 ⁰ С, He, спікання	43% α - EuF_3 42% CeF_3 15% EuF_{2+x} (β -с), сліди β - EuF_3	0,6680 0,7118 0,5781 0,7012	0,7076	0,4401 0,7277 0,7233
5	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	1100 ⁰ С, He, спікання	37% β - EuF_3 33% EuF_{2+x} (α -с), 30% CeF_3	0,7038 0,5828 0,7167		0,7179 0,7297
6	EuF_3 сп.- CeF_3 пл. (50/50)	1100 ⁰ С, вакуум, спікання	44% EuF_{2+x} (t), 36% β - EuF_3 20% CeF_3	0,3968 0,7004 0,7107		0,5679 0,7282 0,7282
7	Покриття	Вакуум, термічне випаровування зразка №2	78% β - EuF_3 22% EuF_{2+x} (β -с)	0,7035 0,5764		0,7114
8	Залишок	Вакуум, термічне випаровування зразка №2, плавлення	89% EuF_{2+x} (α -с) 11% β - EuF_3	0,5823 0,7016		0,7170
9	EuF_3 пл.- CeF_3 пл. (50/50)	700 ⁰ С, He, спікання	46% CeF_3 33% α - EuF_3 21% β - EuF_3	0,7132 0,6620 0,7035	0,7024	0,7262 0,4410 0,7223
10	EuF_3 пл.- CeF_3 пл. (50/50)	>1300 ⁰ С, He, плавлення	72% CeF_3 28% EuF_{2+x} (α -с)	0,7034 0,5825		0,7191
11	Покриття	Вакуум, термічне випаровування зразка №10	100% CeF_3	0,7040		0,7189
12	Залишок	Вакуум, термічне випаровування зразка №10, плавлення	69% CeF_3 31% EuF_{2+x} (α -с)	0,7048 0,5839		0,7191
13	EuF_3 пл.- CeF_3 пл. (75/25)	>1300 ⁰ С, He, плавлення	100% α - EuF_3	0,6702	0,7084	0,4404

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
14	Покриття	Вакуум, термічне випаровування зразка №13	86% CeF_3 14% EuF_{2+x} (α -с)	0,6979 0,5731		0,7136
15	Залишок	Вакуум, термічне випаровування зразка №13, плавлення	65% EuF_{2+x} (α -с) 35% α - EuF_3	0,5802 0,6702	0,7054	0,4410

Примітка: rh - ромбічна типу Fe_3C , h - гексагональна типу anti- Cu_3P , t - тетрагональна, c - кубічна типу CaF_2 .

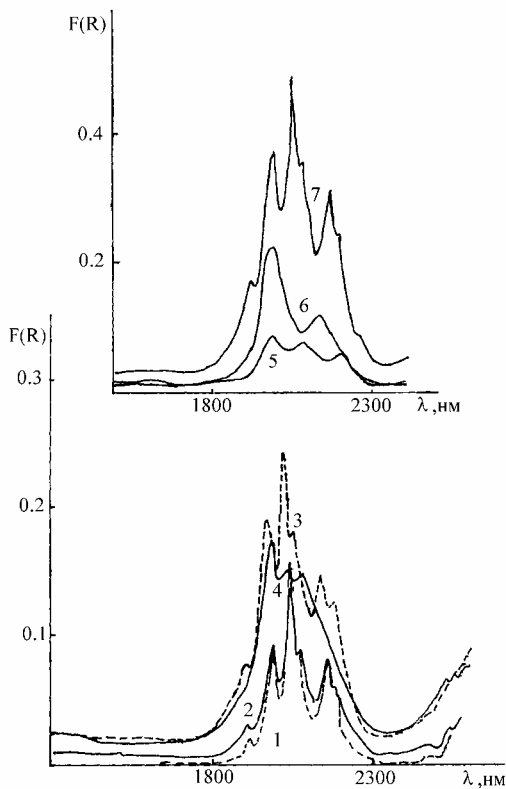


Рис. 4. Спектри дифузного відбиття зразків системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ в близькому ІЧ діапазоні спектру:
1 – зразок №1, 2 – зразок №2, 3 – зразок №4,
4 – зразок №5, 5 – зразок №8, 6 – зразок №10,
7 – зразок №13.

при окремому прожарюванні EuF_3 та CeF_3 . Те ж явище має місце при термічному вакуумному випаровуванні зразка системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$, при якому помітну корозію виявили деталі і конструкції внутрішньої частини вакуумної камери. Оскільки сполуки Eu(II) є найменш леткими, то вміст фаз на їх основі при високих температурах і особливо в умовах

вакууму має зростати, що й спостерігається насправді.

VI. Властивості тонкоплівкових покриттів

Тонкоплівкові покриття, одержані, термічним випаровуванням у вакуумі спеченого (зразок 7) і плавлених (зразки 11, 14) помітно відрізняються за своїм фазовим складом (табл. 2). Так, зразок 7, крім твердого розчину на основі CeF_3 або β - EuF_3 гексагональної структури (можливо, й сполуки EuCeF_6 того ж структурного типу), містить значну домішку фази EuF_{2+x} кубічної структури. Подібний фазовий склад має й покриття, одержане випаровуванням плавленого зразка іншого складу. Це свідчить про значний вплив складу та характеру попередньої обробки вихідних матеріалів на фазовий склад отримуваних з них покриттів. Проте, спрогнозувати такий взаємозв'язок поки ще не вдається, і не тільки у випадку даної системи.

За оптичними властивостями покриттів, отримані з матеріалів системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ (табл. 3), помітно відрізняються одне від одного та від вихідних компонентів. Так, вони мають помітно вищий показник заломлення порівняно з вихідними компонентами, кращі експлуатаційні властивості, а також, в цілому нижчий коефіцієнт розсіювання (особливо по відношенню до CeF_3). Крім того, покриття на основі системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ відрізняються помітно нижчою дисперсією показника заломлення за довжиною хвилі (рис. 5) навіть у порівнянні з EuF_3 . У той же час, для них властива певна неоднорідність показника заломлення за товщиною (рис. 6), що, очевидно, пов'язано з наявністю градієнту складу через відмінність у леткості компонентів. Поєднання дуже високої механічної міцності покриттів з низьким коефіцієнтом розсіювання робить матеріали системи $\text{EuF}_3 - \text{CeF}_3$ вельми перспективними для створення інтерференційної оптики різного функціонального призначення [10].

Оптичні та експлуатаційні властивості матеріалів системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$

№ зразка	Порошки ($\lambda_{\text{макс}}$, нм / F(R))		Покриття			
	Вихідний матеріал	Залишок від випаровування	$n_{\lambda=400 \text{ нм}}$	σ , %	$H_{\text{т,об}}$	$H_{\text{т}}$
EuF_3	2039/1,137	—	1,53	0,03	17000	
CeF_3		—	1,53	0,26	1000	
2/8/7	308/1,029 2036/0,147	303/3,656 1988/0,099	1,59	0,07	18000	+
10/ 12/11	233/3,357 1980/0,232	—	1,56	0,015	>20000	+
13/15/14	250/3,332 2036/0,519	—	1,58	0,017	>20000	+

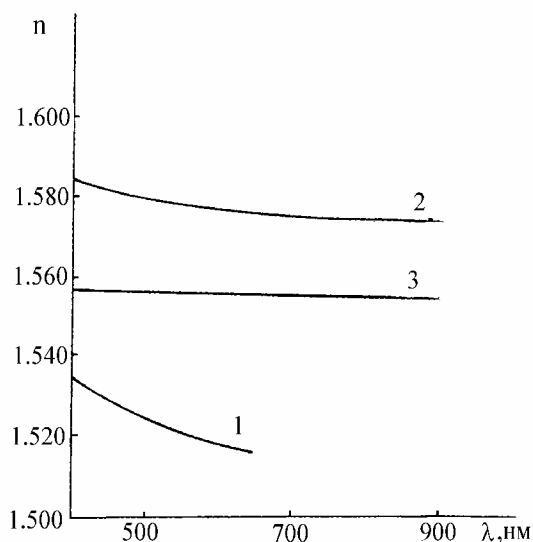


Рис. 5. Дисперсія показника заломлення покриттів, отриманих з матеріалів системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$: 1 – EuF_3 , 2 – зразок №11, 3 – зразок №14.

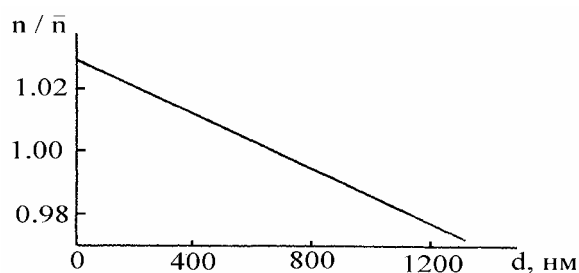


Рис. 6. Характеристика неоднорідності показника заломлення тонкоплівкового покриття завтовшки 1,36 мкм, отриманого з матеріалу системи $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$, на підкладці зі скла ТФ-5 (зразок №11).

Зінченко В.Ф. – доктор хімічних наук, доцент, провідний науковий співробітник відділу фізико-хімії люмінесцентних матеріалів;

Єфрюшина Н.П. – доктор хімічних наук, професор, завідувач відділу фізико-хімії люмінесцентних матеріалів;

Єрьомін О.Г. – молодший науковий співробітник відділу фізико-хімії люмінесцентних матеріалів;

Марків В.Я. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізики металів;

Стоянова І.В. – кандидат хімічних наук, старший

науковий співробітник відділу фізико-хімії координаційних сполук і аналітичної хімії;

Антонович В.П. – доктор хімічних наук, професор, завідувач відділу фізико-хімії координаційних сполук і аналітичної хімії;

Мозкова О.В. – провідний конструктор лабораторії оптичних вакуумних покриттів;

Білявіна Н.М. – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник кафедри фізики металів.

[1] Б.Г. Коршунов, В.В. Сафонов. *Галогенидні системи*. Металлургия, М., 304 с. (1984).

- [2] Патент №4518А України, МКІ7С01F17/00. Спосіб одержання тетрафториду і трифториду церію / В.Ф. Зінченко, О.Г. Єрьомін. – Опубл. 15.03.2002 р., Бюл. №3.
- [3] V.F. Zinchenko, N.P. Efrushina, O.G. Eryomin. Optical absorption of Eu_{3+} and Eu_{2+} on europium oxides and europium fluorides // *Proc. SPIE*, **4766**, pp. 43-46 (2001).
- [4] В.Ф. Зінченко, Н.П. Єфрюшина, І.В. Стоянова, В.П. Антонович, О.Г. Єрьомін, Н.М. Білявіна, В.Я. Марків, О.В. Мозкова. Вплив термообробки у вакуумі на оптичні властивості плівкоутворюючого матеріалу EuF_3 // *Фізика і хімія твердого тіла*, **4(2)**, сс. 305-311 (2003).
- [5] В.Ф. Зінченко, Н.П. Єфрюшина, Г.І. Кочерба, О.Г. Єрьомін, В.П. Соболев, О.В. Мозкова, В.Я. Марків, Н.М. Білявіна. Оптичні і експлуатаційні властивості тонкоплівкових покриттів, отриманих методом вакуумного випаровування фторидів РЗМ // *Фізика і хімія твердого тіла*. **2(3)**, сс. 351-360 (2001).
- [6] Н.П. Галкин, Ю.Н. Туманов, Ю.П. Бутылкин. *Термодинамические свойства неорганических фторидов. Справочник*. Атомиздат, М., 144 с. (1972).
- [7] Г.В. Ионова, В.Г. Вохмин, В.И. Спицын. *Закономерности изменения свойств лантанидов и актиноидов*. Наука, М., 240 с. (1990).
- [8] O. Greis. Über neue Verbindungen in den systemen $\text{EuF}_2\text{-EuF}_3$ und $\text{SrF}_2\text{-EuF}_3$ // *Ztschr. anorg. allg. Chem.*, **441**, ss. 39-46 (1978).
- [9] Д. Браун. *Галогениды лантаноидов и актиноидов*. Атомиздат, М., 272 с. (1972).
- [10] Патент №60760А України, МКІ7С03С17/22 Плівкоутворюючий матеріал для інтерференційних покриттів / В.Ф. Зінченко, О.Г. Єрьомін, Н.П. Єфрюшина, В.Д. Козлов, О.В. Мозкова, Б.А. Горштейн. – Опубл. 15.10.2003 р., Бюл. №10.

V.F. Zinchenko¹, N.P. Efrushina¹, O.G. Eryomin¹, V.Ya. Markiv², I.V. Stoyanova¹,
V.P. Antonovich¹, O.V. Mozkova³, N.M. Bilyavina²

Structure and Optical Properties of Phases in the System $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$

¹Bogatsky Institute on Physical Chemistry NASU,
86, Lyustdorfska Doroga Str., Odesa, 65080, Ukraine, vfzinchenko@ukr.net
²Taras Shevchenko Kyiv National University,
64, Volodymyrska Str., Kyiv, 01003, Ukraine, belmar@mail.univ.kiev.ua
³"Arsenal" Central Design Office,
8, Moscovska Str., Kyiv, 02010, Ukraine, borisgor@i.com.ua

Interaction between $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$ at annealing, melting and evaporation in vacuum and a composition of the phases produced, have been studied by the methods of X-ray diffraction analysis and spectroscopy of diffuse reflectance. Formation of new phases based on the complex Eu(II) , Ce(IV) fluorides was established. They reveal weakening of absorption bands in the near IR interval due to the 4f-4f electronic transition in the Eu(III) ions and strong increasing of absorption bands in the UV interval of spectrum. Coatings obtained from the materials of the $\text{EuF}_3\text{-CeF}_3$ system have rather high optical and operational characteristics.