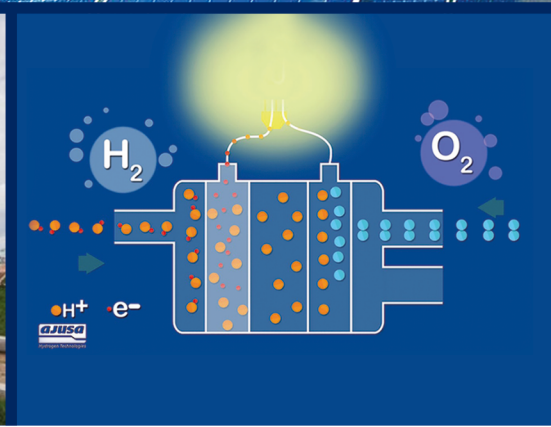


ВІДНОВЛЮВАНО-ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА І ПАЛИВНІ КОМІРКИ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЮВАНО-ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ПАЛИВНО-КОМІРЧАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

за загальною редакцією
Ю.М. Солоніна

Київ
ВИДАВНИЦТВО
КІМ
2018

БАГАТОШАРОВІ СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ТОВСТИХ ПЛІВОК ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ (600 °С) ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ

Білоус А.Г.⁽¹⁾, В'юнов О.І.⁽¹⁾, Янчевський О.З.⁽¹⁾, Коваленко Л.Л.⁽¹⁾, Солопан С.О.⁽¹⁾,
Васильєв О.Д.⁽²⁾, Рагуля А.В.⁽²⁾, Бродніковський Є.М.⁽²⁾, Полішко І.О.⁽²⁾, Іванченко С.Е.⁽²⁾,
Бродніковський Д.М.⁽²⁾, Лисуненко Н.О.⁽²⁾, Бродніковська І.В.⁽²⁾, Барановський Д.І.⁽²⁾

⁽¹⁾Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
03680, м. Київ, пр. Палладіна, 32/34, <belous@ionc.kiev.ua>

⁽²⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03680, Київ, вул. Кржижановського, 3, <bregor@ukr.net>

Вступ

Створення надійної зі сприятливою ціною твердо-оксидної (керамічної) паливної комірки для генерування електричної енергії є чи не найпершочерговішим завданням сучасного матеріалознавства. Керамічні паливні комірки (КПК), які працюють при 1000 °С, вже відомі і досить широко використовуються у Світі. Втім, їх недолік – дорогі комплектуючі та складність у виготовленні. Сьогодні багато уваги приділяється пониженню робочої температури керамічної паливної комірки до 600 °С. Це значно розширить номенклатуру матеріалів для виготовлення енергетичної системи (з'єднувачів комірок у батареї (інтерконнектів), знімачів електричного струму, патрубків подачі та відведення газів тощо). Разом з тим, ведеться і активний пошук нових матеріалів складових керамічної паливної комірки та вдосконалення існуючих [1-4]. Якщо проаналізувати дані щодо електричного опору електродів та електроліту, то видно, що основний вклад у загальний опір вносить електроліт. Тому підвищення йонної провідності електроліту є однією з основних завдань при розробленні матеріалів паливної комірки. З літератури відомо, що для роботи високо-температурної КПК використовується електроліт з провідністю 10^{-2} См/см. При створенні низько-температурної (600 °С) КПК у першу чергу необхідно забезпечити саме цей же рівень провідності електроліту.

Оксид цирконію, стабілізований у кубічній структурі флюориту, характеризується високою провідністю по кисню [5, 6]. Такий ZrO_2 можна отримати при збільшенні середнього радіусу катіона шляхом заміщення іонів Zr^{4+} іонами більшого радіусу або утворенням вакансій у кисневій підгратці. Для стабілізації кубічної фази оксиду цирконію часто використовують ітрії Y^{3+} , в цьому випадку спостерігається одночасне збільшення середнього радіусу катіона і утворення вакансій в підгратці кисню. У системі $ZrO_2 - Y_2O_3$ зі збільшенням концентрації Y_2O_3 відбувається перехід від моноклінної до тетрагональної, а потім, при 8-мол. % Y_2O_3 і до кубічної структури. Проте, оксид цирконію, стабілізований ітрієм, має високу температуру спікання (≥ 1600 °С) і низьку стабільність у вологій атмосфері [7]. Оксид цирконію, стабілізований оксидом скандію, характеризується найвищою йонною провідністю серед твердих електролітів на основі ZrO_2 [8]. При цьому стабілізація відбувається переважно внаслідок утворення вакансій в кисневій підгратці, оскільки йонні радіуси цирконію та скандію близькі і збільшення середнього радіусу катіона практично відсутнє. Останнє послаблює стабільність кубічної фази при підвищенні температури, що супроводжується фазовим переходом в області 600-640 °С з утворенням ромбодричної фази $Sc_2Zr_7O_{17}$ ($r-ZrO_2$) [9]. Утворенню стабільної фази кубічного ZrO_2 сприяє також вве-

дення CeO_2 як третього компоненту в системах $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ і $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3$ [10]. Тому в якості твердого електроліту перспективно використовувати цирконієву матрицю ZrO_2 , стабілізовану складними оксидами скандію (III) і церію (IV), яка характеризується високою провідністю по кисню [11].

Для практичного використання стабілізованого діоксиду цирконію в низькотемпературній (600 °C) паливній комірці важливо створювати як високопровідні керамічні, так і плівкові матеріали керованої товщини, зокрема, товсті (>5 мкм) плівки. Найдоступнішим і найдешевшим методом для їх масового виробництва є стрічкове лиття (tape casting). Перевагами цього методу є мінімальна кількість стадій виготовлення товстих плівок зі збереженням хімічного складу, здатність отримати плівки різної товщини, а головне – легкість перенесення технологічних параметрів виготовлення товстих плівок з лабораторних до промислових умов. Завдячуючи цьому методу можна, за максимально наближених до промислових умов, одержати багатошарову низькотемпературну КПК, яка незалежно від свого розміру буде забезпечувати однакові питомі показники потужності електричної енергії, яка буде вироблятися. Більш того, застосовуючи метод стрічкового лиття, можна виготовляти багатошарову твердо-оксидну низькотемпературну паливну комірку каскадного типу, завдячуючи чому можна підвищити електрохімічні параметри енергетичної системи у мініатюрній її конструкції. Втім, на сьогодні залишаються певні складнощі щодо виготовлення товстих плівок електроліту різної товщини. Також не дослідженими є ще властивості багатошарової системи, яка складається з товстих плівок аноду та електроліту. Не до кінця з'ясованими є ще і питання дифузії хімічних елементів з однієї плівки у іншу під час високотемпературного відпалу.

Метою даної роботи було: розроблення методу виготовлення товстих плівок стабілізованого діоксиду цирконію різної товщини та порівняльний аналіз їх електрофізичних властивостей; розроблення технології одержання та вивчення хімічної стабільності багатошарових структур на основі товстих плівок; на основі одержаної багатошарової системи виготовлен-

ня низькотемпературної (600 °C) паливної комірки та її випробування.

Дослідна частина

Синтез обраних на основі попередніх даних складів нанопорошків двох систем: $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ та $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ осаджували з водних розчинів. За вихідні реагенти використовували ZrCl_4 , $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Sc}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ і NH_4OH . Встановлено, що при використанні послідовного осадження за оптимальних значень pH, формуються слабкоагломеровані нанопорошки ($K_{\text{фільтр}} = (0.8 \div 1.5) \cdot 10^{-5}$ см/с), які легко фільтруються, на відміну від осадів такого ж складу, які отримуються методом сумісного осадження ($K_{\text{фільтр}} = (2 \div 5) \cdot 10^{-7}$ см/с).

З одержаних слабкоагломерованих нанопорошків виготовляли керамічні зразки, а також товсті плівки методом стрічкового лиття, використовуючи обладнання для нанесення плівок Film Applicator and Drying Time Recorder, Coatmaster 510 (Erichsen, Germany). Зразки спікали при температурах 1390–1400 °C/10–12 год у високотемпературній печі KSL1700X, що дозволило отримати щільну (5,45–5,67 г/см³) кераміку та плівки з однофазною c- ZrO_2 структурою. Зразки досліджували методом X-променевого аналізу на дифрактометрі ДРОН-3М (Cu K α -випромінювання, Ni фільтр). За зовнішні стандарти використовували сертифікований SiO_2 (стандарт 2) і Al_2O_3 (стандарт інтенсивності). Для розшифрування даних використовували базу JCPDS. Мікроструктуру керамічних і плівкових зразків досліджували на растровому електронному мікроскопі (PEM) Jeol JSM 6510 з системою хімічного аналізу EDX JED-2300 JEOL (Японія). Для визначення загальної провідності зразків стабілізованого оксиду цирконію дослідження проводили в інтервалі частот 1 Гц – 32 МГц з використанням 1260 Frequency Response Analyzer і 1296 Dielectric Interface (Solartron). Вимірювання проводили в діапазоні температур 300–700 °C у атмосфері сухого повітря в двоелектродній комірці (DataLine). Дані аналізували за допомогою програмного забезпечення “Zview” (Solartron).

В Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України виготовили КПК методом стрічкового лиття та провели дослідження їхніх електрофізичних властивос-

тей. В рамках роботи розроблено склад суспензій (полівінілбутираль, дібутилфталат, ізопропіловий спирт та анодний або електролітний порошок) для виготовлення бездефектних тонких плівок аноду та електроліту [12,13]. Дослідження електричних властивостей КПК проводили на універсальному випробувальному стенді “Scribner Teledyne Medusa RD 890CL” (USA) з використанням модельного палива 5-об. % H_2 – Ag і повітря, як окисника, які подавались на анод і катод, відповідно. Робоча температура досліду становила 800 °С.

Результати та їх обговорення

Для одержання матеріалу електроліту використовували товсті плівки систем $ZrO_2 - Y_2O_3$ та $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$, які виготовляли методом стрічкового лиття (tape casting). В основі даного методу лежить формування товстої плівки за допомогою так званого ножа, який одночасно служить і резервуаром для керамічної суспензії (рис. 1а). При нанесенні плівок готували суспензію, яка містила синтезовані наночастинки та рідку органічну фазу. Додатково досліджували стабільність суспензій “оксидний порошок – рідка фаза” та дефекти в одержаних товстих плівках в залежності від співвідношення неорганічних та органічних складових (рис. 1а). Плівку наносили на полімерну основу, з якої товсті плівки відокремлювали після випаровування розчинника. Окремі плівки аноду та електроліту поєднували у напів-комірку за допомогою ламінування (рис. 1б). Процес спікання товстих плівок проводили в повітряній атмосфері з нагріванням до 1400 °С.

Одержані товсті плівки стабілізованого діоксиду цирконію мають щільну будову і є рівномірними вздовж поверхні (рис. 1б). Отримано газонепроникні товсті плівки різної товщини, а саме – 160, 260, 430 мкм. Встановлено, що оптимальна температура спікання знаходиться при температурах, нижчих за 1400 °С. Для товстих плівок системи $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ температура спікання 1400 °С призводить до початку процесу плавлення зерен, в той час як для товстих плівок системи $ZrO_2 - Y_2O_3$ – тільки до початку процесу видимого припікання зерен. Тому плівки системи $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ спікаються при нижчій температурі, ніж

плівки системи $ZrO_2 - Y_2O_3$. За даними EDX аналізу, відхилень товстих плівок як $ZrO_2 - Y_2O_3$, так і $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ від стехіометричного складу не виявлено.

Щодо електричного опору зразків товстих плівок $ZrO_2 - Y_2O_3$ та $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ у діапазоні температур 300–700 °С встановлено, що комплексний імпеданс представляється одним напівколом, який знаходиться у високочастотній області; при низьких частотах блокуючий ефект платинових електродів є відсутнім. Встановлено також, що товсті плівки мають провідність, яка підвищується з ростом температури. Температурні залежності провідності товстих плівок $ZrO_2 - Y_2O_3$ та $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ зображені на рис. 2. Електрофізичні властивості товстих плівок $ZrO_2 - Y_2O_3$ і $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ різної товщини у порівнянні з ке-

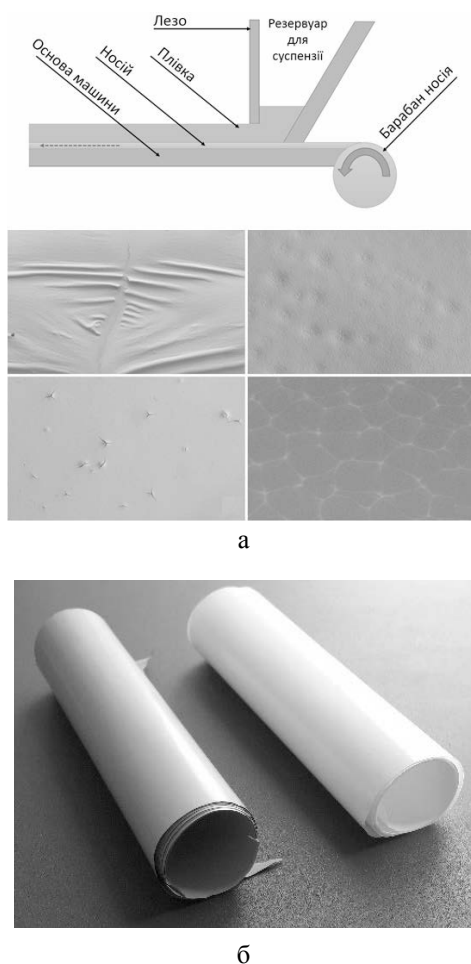


Рис. 1. а – схема одержання товстих плівок методом стрічкового лиття і вигляд їхніх поверхонь та характерні дефекти товстих плівок в залежності від співвідношення неорганічних та органічних складових суспензій; б – стрічки товстих плівок аноду та електроліту

рамічними зразками однакових складів наведені у таблиці 1.

Отримані товсті плівки $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ на відміну від плівок $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ мають високу провідність; при цьому електрона провідність на 4 порядки нижча, порівняно з провідністю по кисню.

Багатошарову систему, яка складається з плівкового полікристалічного пористого аноду на основі $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-NiO}$ та твердого електроліту $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$, також отримували методом лиття суспензій, що включала органічну та неорганічну складову – слабоагломеровані нанопорошки $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-NiO}$ (анод) та $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ (електроліт). Щоб зробити плівки

в одержаній багатошаровій системі максимально газонепроникними застосовували процес ламінування. Термообробку багатошарової системи проводили при 1100–1300 °С. Для того, щоб дослідити процеси дифузії на межі “анод-електроліт” був проведений EDX –аналіз рідних ділянок сколу багатошарової системи. На рис. 3 представлена мікрофотографія сколу спеченої багатошарової системи “анод – електроліт” та ділянки елементного EDX-аналізу. Як видно з представленого рисунку, середня товщина плівки електроліту складає близько 100 мкм, без чіткого розділу фаз електроліт-анод. Як показали дані EDX-аналізу (табл. 2), в багатошаровій системі електроліт-анод при темпе-

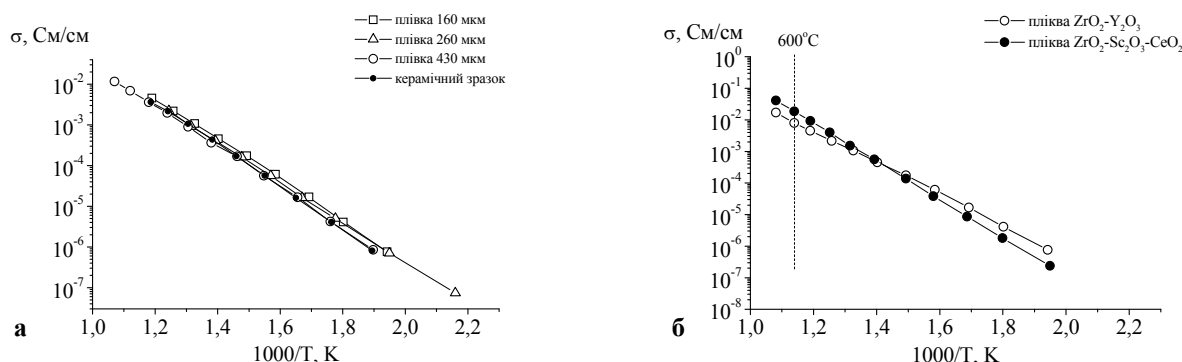


Рис. 2. Температурні залежності провідності плівок $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ різної товщини у порівнянні з аналогічним керамічним зразком (а); температурні залежності провідності плівок $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ і $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ (б)

Таблиця 1.

Електрофізичні властивості товстих плівок $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ і $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ різної товщини у порівнянні з керамічними зразками однакових складів

Зразок/товщина	Загальна провідність при 600 °С, См/см	Енергія активації, еВ
Система $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$		
Плівка /160 мкм	$8,4 \cdot 10^{-3}$	1,04
Плівка /260 мкм	$7,1 \cdot 10^{-3}$	1,03
Плівка /430 мкм	$5,8 \cdot 10^{-3}$	1,0
Кераміка	$5,2 \cdot 10^{-3}$	0,98
Система $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$		
Плівка /430 мкм	$1,8 \cdot 10^{-2}$	1,21
Кераміка	$8,2 \cdot 10^{-3}$	1,16

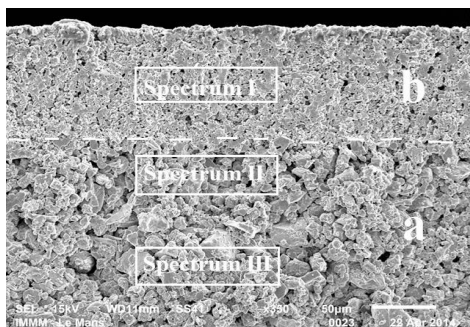


Рис. 3. Мікрофотографія сколу спеченої багатошарової системи “анод (а) – електроліт (б)” та ділянки елементного EDX-аналізу

Таблиця 2.

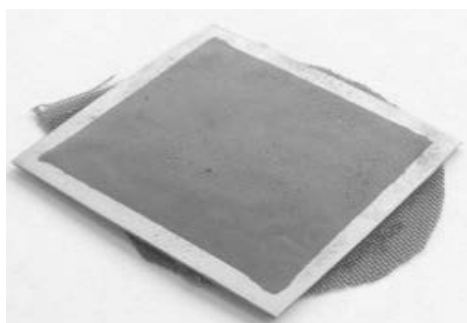
Дані EDX-аналізу системи “анод-електроліт”

Spectrum I		Spectrum II		Spectrum III	
Елемент	ат. %	Елемент	ат. %	Елемент	ат. %
O	66.26	O	56.86	O	46.86
Sc	4.44	Ni	29.43	Ni	33.01
Zr	27.18	Y	3.23	Y	3.46
Ce	2.12	Zr	18.53	Zr	16.68
Сума	100.0	Сума	100.0	Сума	100.0

ратурах термообробки 1200 °C не відбувається дифузія іонів полікристалічного анодного матеріалу в граничний прошарок товстої плівки електроліту.

Виготовлена КПК (рис. 4а) та комерційна КПК такого ж складу (електроліт $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$, анод $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-NiO}$, катод $\text{LaSrMnO}_3\text{-Y}_2\text{O}_3$) були випробувані за допомогою стенду для вимірювання електричних властивостей паливних комірок ("Scribner Teledyne Medusa RD 890CL", США) (рис.4б) за однакових умов [14].

Випробування на продуктивність КПК проводились при 800 °C, на анод подавали модельне паливо Ag-5-\% H_2 зі швидкістю 0,7 л·мін⁻¹ та повітря на катод – 0,3 л·мін⁻¹. Результати випробувань на електричні властивості комірок представлені на рис. 5. Напруження розіркненого кола для обох КПК приблизно дорівнював ~ 0.9 В при 800 °C, що значно відрізняється від теоретичного значення, отриманого за формулою рівняння Нернста. Це можна пояснити умовами випробувань – відсутністю герметизації між паливними комітками та газовими тру-



а



б

Рис. 4. Зображення КПК, виготовленої методом стрічкового лиття (а); фотографія універсального стенду тестування паливних комірок Scribner Teledyne Medusa RD 890CL (б)

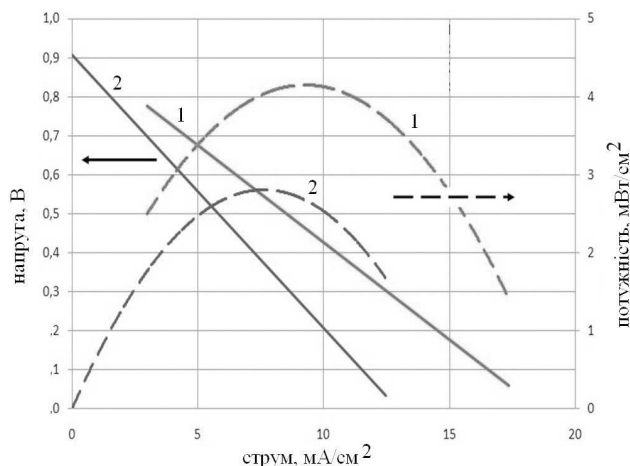


Рис.5. Порівняння електричних властивостей одержаної паливної комірки (1) з комерційним аналогом (2), випробуваних в однакових умовах

бами. Для виготовлених КПК пік щільності потужності досягав 4,2 мВт / см² при 800 °C, тоді як комерційні КПК демонстрували 2,8 мВт / см² за однакових умов випробування. Вища щільність потужності виготовленої КПК може бути пов'язана з оптимізацією структури анодів. Оскільки шар нікелю забезпечує електропровідність, загальна продуктивність паливної комірки може бути збільшена зі збільшенням анодної провідності.

Висновки

1. Виготовлено щільні товсті плівки систем $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ і $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ методом стрічкового лиття (tape casting). Скандієвмісні товсті плівки характеризуються в області температур (600-700°C) високою іонною провідністю; при цьому електрона провідність на 4 порядки нижча, порівняно з провідністю по кисню.

2. Проведено синтез та вивчено структурні особливості багатошарової системи, яка складається з товстих плівок аноду $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-NiO}$ та щільної плівки електроліту $\text{ZrO}_2\text{-Sc}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$. Тільки застосовуючи комбінацію двох різних методів: лиття та ламінування з подальшою термообробкою можна одержати багатошарову систему, яка складається з механічно нероздільних товстих плівок. При оптимальній температури завершальної термообробки (1200-1300 °C) вдається уникнути процесів дифузії катіонів в граничний прошарок плівки аноду та зміни хімічного складу плівки електроліту з часом.

3. Розроблено методику виготовлення керамічних паливних комірок методом стрічкового лиття. Проведено порівняльне дослідження електричних властивостей розробленої паливної комірки з комерційним аналогом. Виготовлена КПК має вищі характеристики ефективності роботи у порівнянні її з комерційним аналогом. Так, при живленні модельним паливним газом українська КПК продемонструвала максимальну питому потужність на рівні 4,2 мВт/см² при 800 °C, у той час як комерційна – лише 2,8 мВт/см².

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Vasylyev O.D, Brychevskiy M.M, Brodnikovskiy Y. *The structural optimization of ceramic fuel cells. Universal Journal of Chemistry* 2016; 4(2): 31-54
2. Vasylyev O.D, Brodnikovskiy I.M, Brychevskiy M.M. and et.al. *NiO10Sc1CeSZ Anode: Structure and Mechanical Behavior. Advances in Solid Oxide Fuel Cells III: Ceramic and Engineering Science Proceedings* 2007; 28 (4): 361-376
3. Suchanek G, Ponomareva A.A, Brychevskiy M.M. and et.al. *Fractal analysis of surface topography of solid oxide fuel cell materials. Solid State Phenomena* 2013; 200: 293-298
4. Podhurska V, Vasylyv B, Ostash O and et.al. *Influence of Treatment Temperature on Microstructure and Properties of YSZ–NiO Anode Materials. Nanoscale research letters* 2016; 11(93): 1-7
5. Kawamura K., Watanabe K., Hiramatsu T. and et.al. *Electrical conductivities of CaO doped ZrO₂–CeO₂ solid solution system. Solid State Ionics* 2001; 144: 11–18.
6. Belous A.G., Kravchuk K.V., Pashkova E.V. and et.al. *Influence of chemical composition on structural properties and electrical conductivity of Y-Ce-ZrO₂. Chem. Mater* 2007; 19: 5179–5184.
7. Ran S., Winnubst L., Wiratha W. and et.al. *Sintering Behavior of 0.8 mol%-CuO-Doped 3Y-TZP Ceramics. J. Amer. Ceram. Soc* 2006; 89: 151–155.
8. Ishihara T., Matsuda H., Takita Y. *Doped LaGdO₃ perovskite type oxide as new oxide ionic conductor. J. Amer. Ceram. Soc* 1994; 116: 3801–3804.
9. Hirano M., Oda T., Ukai K. and et.al. *Effect of Bi₂O₃ additives in Sc stabilized zirconia electrolyte on a stability of crystal phase and electrolyte properties. Solid State Ionics* 2003; 158: 215-223.
10. Preis W., Waldhousl J., Egger A. and et.al. *Electrical properties of bulk and grain boundaries of scandia-stabilized zirconia co-doped with yttria and ceria. Solid State Ionics* 2011; 192 (1): 148-152.
11. Янчевський О.З., Вьюнов О.И., Солопан С.А. and et.al. *Толстые пленки диоксида циркония, стабилизированного оксидами иттрия, скандия, церия и железа. Украинский химический журнал* 2015; 81(6): 71-76.
12. Створення плівок анода та електроліту для водневих паливних комірок методом плівкового лиття / Іванченко С.Е., Полішко І.О., Д.І. Барановський, Бродніковський Є.М., Васильєв О.Д., Рагуля А.В. // *Современные проблемы физического материаловедения. Вып. 26: Труды Института пробл. Материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины. Серия "Физико-химические основы технологии порошковых материалов". Редкол.: Скороход В.В. (отв. Ред.) и др. – Киев; 2017. с 183-191*
13. Polishko I., Ivanchenko S., Horda R. and et.al. *Tape casted SOFC based on Ukrainian 8YSZ powder. Materials Today. Proceedings*, 2018, to be published.
14. Vasylyev O., Brodnikovskiy Y., Brychevskiy I. M and et.al. *From Powder to Power: Ukrainian Way. SF Journal of Material and Chemical Engineering* 2018; 1(1): 1-12.

MULTILAYER STRUCTURE BASED ON THICK FILMS FOR LOW TEMPERATURE (600 °C) FUEL CELL

Belous A.G., V'yunov O.I., Yanchevskiy O.Z., Kovalenko L.L., Solopan S.O., Vasylyev O.D., Ragulya A.V., Brodnikovskiy Y.M., Polishko I.O., Ivanchenko S.E., Brodnikovskiy D.M., Lysunenko N.O., Brodnikovska I.V., Baranovskiy D.I.

Weakly agglomerated ZrO₂ nanopowders stabilized by complex oxides of Sc₂O₃ i CeO₂ were synthesized by precipitation from aqueous solutions. Using weakly agglomerated nanopowders, thick films were prepared by tape casting on α -Al₂O₃ substrates. These thick films have a conductivity of 4·10⁻⁴ S/cm at 600 °C and 2.4·10⁻³ S/cm at 700 °C; an activation energy of 1.17 eV; and their electron conductivity is lower than oxygen conductivity by 4 orders of magnitude. A multilayer system consisting of films of polycrystalline porous anode and solid electrolyte was prepared. The diffusion of cations in the anode boundary layer and change in the chemical composition of the electrolyte film are not observed at optimum synthesis conditions (namely, the use of tannin, laminating, thermal shock of 500 °C/min). The developed multilayer systems can be used for the manufacture of low temperature (600 °C) fuel cells with film structure.