



ЗАТВЕРДЖУЮ
Фізико-механічного інституту
імені І.В.Сарпенка НАН України,
академік НАНУ
Іванів ІВАНІВІЧ

(підпис)
м.п.

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
«Розроблення нових функціональних матеріалів для потреб водневої енергетики»
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0301

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0301, «Розроблення нових функціональних матеріалів для потреб водневої енергетики»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» протокол від 16-17 вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік
Тривалість виконання Проєкту у 2021 році
Початок – 05.05.2021 року
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)
Закінчення – 15.12.2021 року

Загальна вартість Проєкту, грн. 11729640,00 гривень (одинадцять мільйонів сімсот двадцять дев'ять тисяч шістсот сорок гривень, 00 коп)

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 2000000,00 грн.
2-й рік 4729640,00 грн.
3-й рік 5000000,00 грн.

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 10 виконавців, з них:

доктори наук 2;
кандидати наук 5;
інші працівники 3.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

- Грантоотримувач: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, ЄДРПОУ 03534506, КВЕД 72.19 Керівник проєкту - д.х.н., проф. Завалій І.Ю., завідувач відділу водневих технологій та матеріалів альтернативної енергетики ФМІ НАН України; виконавці проєкту: к.т.н. Подгурська В.Я. – старший науковий співробітник відділу водневих технологій та матеріалів альтернативної енергетики, к.х.н. Кордан В.М. - науковий співробітник ЛНУ МОН; до виконання проєкту, також, було залучено трьох асистентів: м.н.с. Лаврись С.М., м.н.с. Шило А.В., м.н.с. Кононюк О.П.
- Субвиконавець №1: Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України, ЄДРПОУ 05416930, КВЕД 72.19, академік НАН України Солонін Ю.М. – директор ІПМ НАН України; к.ф.-м.н. Островерх А.С. - докторант ІПМ НАНУ; к.т.н. Бездорожев О.В. - старший науковий співробітник ІПМ НАНУ.
- Субвиконавець №2: Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України, ЄДРПОУ 05417377, КВЕД 72.19, к.т.н. Сербенюк Т.Б. - докторант ІНМ НАНУ.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту:

Розроблення нових функціональних матеріалів для одержання, зберігання та використання водню в пристроях водневої енергетики та виготовлення пілотних систем акумулятор/генератор водню – паливна комірка.

4.2. Основні завдання Проєкту:

Дослідження впливу легувальних та каталітичних додатків на властивості воденьгенеруючих та воденьакумулюючих композитів на основі магнію. Вивчення впливу хімічного складу і технологічних режимів виготовлення нових функціональних матеріалів для компонентів ПК на їх службові характеристики в умовах впливу робочого середовища ПК. Вибір оптимальних варіантів апробація в пілотному варіанті ПК.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми:

Воднева енергетика неможлива без створення нових функціональних матеріалів. Частина проєкту присвячено синтезу композитних матеріалів на основі гідриду магнію з покращеними робочими параметрами для акумуляції та генерування водню. Покращення роботи високотемпературних ПК досягається завдяки підвищенню параметрів роботи як інтерконнектів (з'єднувальних елементів) так і матеріалів електродів та твердого електроліту.

- Новизна Проєкту:

Створення ефективних гідридних композитів на основі магнію базується на їх модифікуванні каталітичними додатками. Запропоновано нові матеріали для компонентів ПК, технологічні режими їх отримання та оброблення. Зокрема, розробляються матеріали для інтерконнектів на основі МАХ-фаз та тверді електроліти на основі модифікованих оксидних систем зі структурою перовськіту.

- Методологія дослідження:

Гідридні композити на основі магнію модифікується каталітичними додатками в нанорозмірному стані. Розроблення і дослідження нових матеріалів для компонентів ПК здійснюється за використання модернізованих технологій їх створення: метод стрічкового лиття, вакуумного спікання, магнетронного і йонно-плазмового напилення тощо, а також оптимізуються режими їх виготовлення.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

Методом реактивного помелу у водні синтезовано композитні матеріали на основі магнію з додатками нано-TiO₂, TiN, CNT, ZrN та Zr₃V₃O₆. Встановлено їх фазовий склад згідно з результатами проведених досліджень методами XRD, SEM та EDS. Показано, що вибрані склади гідридних композитів можуть бути використані в гідролізних установках генерування водню. Кількість виділеного водню з них досягає 1000 мл/г та достатня для живлення ПК потужністю 30 Вт. Виготовлено металогідридний акумулятор водню, який буде застосовано для відпрацювання режимів подачі водню на ПК та для порівняння з пристроями гідролізний блок-ПК.

Для запропонованої кераміки системи 50%(ZrO₂-4мол%Y₂O₃ +2ваг% Al₂O₃)-50%(NiO+5ваг%CuO) не виявлено негативного впливу домішки CO₂ у технологічному відновлювальному середовищі паливних комірок. Зниження вмісту оксиду Y₂O₃ з традиційних 8% до 4% забезпечило відносно високий рівень міцності цієї кераміки у вихідному і відновленому станах. Отже, розроблено новий високоміцний анодний матеріал системи 50(ZrO₂-Y₂O₃-Al₂O₃)-50(NiO-CuO), який нечутливий до негативного впливу домішок CO₂. Після redox-обробки, незважаючи на присутність в робочому середовищі діоксиду вуглецю, міцність кермету практично відповідає отриманій для кераміки у вихідному стані. Це підтверджує ефективність застосування запропонованої redox-обробки анодних матеріалів ПК.

Спільно з субвиконавцями ІПМ та ІНМ НАН України оптимізовано умови одержання перовськітів на основі Ва₇Nb₄МоО₂₀ з якомога меншим вмістом домішкових фаз. Зокрема, показано, що твердофазний синтез необхідно проводити з надлишком ВаСО₃ (до 1 мас.% від його загального вмісту) в температурному інтервалі 1060–1080 °С. Встановлено, що оптимальним тиском пресування є тиск в межах 150–250 МПа, що дозволяє одержати пресовки з відносною густиною ~ 65–68%, а підвищення температури спікання до 1200°С дозволяє одержати кераміку з відносною густиною ~90% від теоретичної та закритими порами, що дозволяє використовувати її в якості електроліту.

Отримано параметри створення тонкоплівкового електроліту керамічної паливної комірки товщиною до 80 мкм на базі оксиду цинку, та визначено вплив тиску на формування провідності електроліту високої провідності. Випробувано тонкий електроліт на базі оксиду цинку та отримано значення густини струму в 0,36 мкм А см⁻², при напрузі 0,6 В та температурі 500 °С.

Запропоновано технологічні режими одержання мішеней з МАХ фаз системи Ti-Al-C для нанесення функціональних покриттів тонкостінних інтерконектів. Встановлено, що зміна технологічних параметрів отримання композиційного матеріалу на основі МАХ-фаз, а саме підвищення тиску при гарячому пресуванні від 15 до 20 МПа впливає на структурні особливості композиту, тобто приводить до утворення більшої кількості (100 %) 2 типів МАХ-фаз Ti₂AlC та Ti₃AlC₂ та відсутності TiC. Встановлено, що для середньотемпературних (550...650°С) паливних комірок доцільно використовувати тонкостінні (0,5 мм) інтерконекти з покриттями на підкладці з титанового сплаву з ОТ4-1. За отриманими результатами перспективним можна вважати покриття, отримане методом магнетронного осадження, за його товщини 2,5 мкм і модуля Юнга, близького до матеріалу підкладки зі сплаву ОТ4-1.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Буде проведено оцінку на останньому етапі виконання проєкту.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Буде створено системи живлення воднем (пристрої його генерування та акумулювання) для роботи паливних комірок. Наукове обґрунтування технології створення ТОПК українського виробництва для впровадження в аерокосмічному та автомобільному транспорті, а також в мобільних системах військового призначення.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Пристрої генерування та акумулювання водню знайдуть застосування для живлення автономних енергетичних систем. Застосування розробленої технології циклічної redox-обробки анодних матеріалів дозволить підвищити їх міцність (у 1,5-2 рази) і електропровідність (в 2-2,5 рази) порівняно з однократним відновленням, що в подальшому дозволить створити більш ефективні ПК.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

завідувач відділу №7, д.х.н., проф.

(посада)

Завалій Ігор Юліянович

ПІБ



(підпис)