



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Наукові основи створення оксидних та вуглецевих наноструктур в умовах плазмового середовища
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих учених
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0119

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0119 Наукові основи створення оксидних та вуглецевих наноструктур в умовах плазмового середовища

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу Підтримка досліджень провідних та молодих учених (назва конкурсу) протокол від 05 листопада 2020 року № 34.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік
Тривалість виконання Проєкту у 2021 році
Початок – 07.05.2021 р.
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15.12.2021 р.

Загальна вартість Проєкту, грн. 11 219 700 грн 00 коп. (одиннадцять мільйонів двісті дев'ятнадцять тисяч сімсот грн 00 коп.)

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 475 000 грн 00 коп. (один мільйон чотириста сімдесят п'ять тисяч грн 00 коп.)

2-й рік 4 744 700 грн 00 коп. (чотири мільйони сімсот сорок чотири тисячі сімсот грн. 00 коп.)

3-й рік 5 000 000 грн 00 коп. (п'ять мільйонів грн. 00 коп.)

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 6 виконавців, з них:

доктори наук 1;

кандидати наук 4;

інші працівники 1.

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

1. Найменування підприємства/установи/організації грантоотримувача Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
2. Організаційно-правова форма підприємства / установи / організації (обирається з переліку) (українською та англійською мовами):
Державна організація (State organisation)
3. Код за ЄДРПОУ 02066769
4. Підпорядкованість підприємства / установи / організації (українською та англійською мовами) Міністерство освіти і науки України (Ministry of Education and Science of Ukraine)
5. Основні/стратегічні напрями наукової діяльності (українською та англійською мовами) Авіація, космонавтика, двигунобудування, агрегатобудування, системи керування, матеріалознавство, комп'ютерні науки (Aviation, astronautics, engine building, unit building, control systems, materials science, computer science)
6. Код КВЕД 85.42, 72.19
7. Прізвище, ім'я, по батькові керівника підприємства/установи/організації (українською та англійською мовами) Нечипорук Микола Васильович (Nechyporuk Mykola)
8. Місцезнаходження підприємства / установи / організації (українською та англійською мовами):
місцезнаходження (згідно з ЄДРПОУ)
61070, Харківська обл., місто Харків, Київський район, вул. Чкалова, буд. 17
(61070, Kharkiv region, Kharkiv, Kyiv district, Chkalova Str., 17)
фактичне місцезнаходження
61070, Харківська обл., місто Харків, Київський район, вул. Чкалова, буд. 17
(61070, Kharkiv region, Kharkiv, Kyiv district, Chkalova Str., 17)
9. Контактні дані:
телефон підприємства / установи / організації +380577074000
адреса для листування
61070, Україна, Харків, вул. Чкалова, буд. 17
адреса електронної пошти Khai@khai.edu
посилання на веб-сторінку https://khai.edu

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Формування наукових засад для суттєвого підвищення продуктивності процесів і забезпечення конкурентоспроможності оксидних та вуглецевих наноструктур вітчизняного виробництва шляхом розробки та впровадження сучасних плазмових методів зростання з реалізацією нових технологічних рішень для забезпечення якісних характеристик наноструктур різної вимірності.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Систематичне дослідження процесів формування оксидних та вуглецевих наноструктур в умовах оброблення зразків потоками іонів різних джерел плазми. Експериментальне дослідження умов створення наноструктур різної вимірності (нанодротів, нанотрубок, нанопластівців тощо), а також умов переходу від одного виду до іншого.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Для синтезу вуглецевих наноструктур плазмові методи є основними; вони засновані на використанні плазми, яка генерується шляхом застосування мікрохвильової та радіочастотної енергії, або постійного струму. Плазма є універсальним інструментом в технології отримання оксидних та вуглецевих наноструктур, але розвиток плазмових методів стримується недостатньо розвиненою теоретичною базою.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Пропонується розробка єдиної теоретичної моделі, яка буде описувати процеси зростання відомих типів оксидних та вуглецевих наноструктур, а також прогнозувати нові процеси зростання із застосування плазми різних типів та комбінацією умов формування наноструктур. Результати досліджень будуть втілені в етапах технологічних процесів, впроваджених як у вітчизняній промисловості, так і за кордоном.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

В експериментах виділяються чотири етапи експериментально-теоретичного дослідження 1D, 2D, 3D наноструктур із застосуванням чотирьох видів джерел плазми, а також п'ятий етап розробки єдиної теоретичної моделі. Для вказаної сукупності джерел застосовуються шість методів керування іонним потоком на поверхню зразків, в залежності від обраного джерела плазми.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) 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)

За результатами етапу опубліковано або підготовлено до публікації 4 статті у періодичних виданнях першого (Q1) або другого (Q2) квірталів за класифікацією Journal Citation Reports або Scimago:

O. Baranov, M. Košiček, G. Filipič, U. Cvelbar, A deterministic approach to the thermal synthesis and growth of 1D metal oxide nanostructures. Applied Surface Science 566, 15 2021, 150619. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.150619> (Q1)

I. Levchenko, S. Xu, O. Baranov, O. Bazaka, E. P. Ivanova, K. Bazaka, Plasma and Polymers: Recent Progress and Trends. Molecules 2021, 26, 4091. <https://doi.org/10.3390/molecules26134091> (Q1)

O. Baranov, T. Belmonte, U. Cvelbar, Intermediate deposition of noble metals: a way of control the nanowire growth. Applied Surface Science, pp. 1-25

I. Levchenko, M. Mandhakini, K. Prasad, O. Bazaka, E. P. Ivanova, M. V. Jacob, O. Baranov, C. Riccardi, H. E. Roman, S. Xu, K. Bazaka, Functional Nanomaterials from Waste and Low-Value Natural Products: A Technological Approach Level. Advanced Materials Technology, pp. 1-36

Опубліковано або підготовлено до видання 6 статей, що входять до науково-метричних баз даних WoS та Scopus;

Breus, A. Carbon nanostructure growth: new application of magnetron discharge / A. Breus, S. Abashin, O. Serdiuk // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2021. (Scopus Q3) <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.5856>

Shyrokyi, Y. V. Processes on electrodes as a result of action of plasma at generation of carbon nanostructures in a vacuum arc / Y. V. Shyrokyi, G. I. Kostyuk // Archives of Materials Science and Engineering, 2021. (Scopus Q3)

Shorinov, O. V. Deformation and failure of thin films and coatings under compressive stresses / O. V. Shorinov // Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 2021. (Scopus Q3)

Breus, A. Anodic growth of copper oxide nanostructures in glow discharge / A. Breus, S. Abashin, I. Lukashov, O. Serdiuk // Archives of Materials Science and Engineering, 2021. (Scopus Q3)

Shyrokyi, Y. V. Development of the theoretical model for obtaining nanostructures in copper by ion-plasma treatment taking into account the quantum-mechanical properties of the electrode material / Y. V. Shyrokyi, G. I. Kostyuk // Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 2021. (Scopus Q3)

Shorinov, O. V. Finite Element Analysis of Thermal Stress in Cu₂O Thin Films / O. V. Shorinov // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2021. (Scopus Q3)

Підготовлено та прийнято до публікації 7 англomовних тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються науково-метричними базами даних WoS або Scopus;

Linking dynamics of growth of copper oxide nanostructures in air / A. Breus, S. Abashin, O. Serdiuk, O. Baranov // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, 28-29 October 2021 - Kharkiv, Ukraine. – pp. 1-10. (Scopus)

Shyrokyi, Y. Investigation of the influence of crystallization energy on the size of nanostructures during copper ion-plasma treatment / Y. Shyrokyi, G. Kostyuk // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, 28-29 October 2021 - Kharkiv, Ukraine. – pp. 1-10. (Scopus)

Obtaining the High Strength Characteristics of the Surface Layers of Steel Products / K. Kostyk, V. Kostyk, O. Akimov, K. Kamchatna-Stepanova, Y. Shyrokyi // InterPartner-2021: 3rd Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes, 7-10 September 2021 - Odessa, Ukraine. – pp. 1-9. (Scopus)

Shorinov, O. Tensile stress as a factor of deformation and failure of thin films and coatings / O. Shorinov // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, 28-29 October 2021 - Kharkiv, Ukraine. – pp. 1-10. (Scopus)

Catalytic Growth of Carbon Nanostructures in Glow Discharge / A. Breus, S. Abashin, I. Lukashov, O. Serdiuk, O. Baranov // International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: the Innovation Exchange, 7-10 June 2022 - Sumy, Ukraine. – pp. 1-9. (Scopus)

Shyrokyi, Y. Erosion Processes on Copper Electrodes Applied to Growth of Nanostructures in Plasma / Y. Shyrokyi, G. Kostyuk // International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: the Innovation Exchange, 7-10 June 2022 - Sumy, Ukraine. – pp. 1-10. (Scopus)

Shorinov, O. Calculation of Thermal Stress in Oxide Layers Synthesized on Cu Substrate / O. Shorinov // International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: the Innovation Exchange, 7-10 June 2022 - Sumy, Ukraine. – pp. 1-10. (Scopus)

Опубліковано або прийнято до публікації 6 статей у журналах, що входять до переліку наукових фахових видань України та мають ISSN:

Баранов, О. О. Теоретична модель формування двовимірних наноструктур вертикального графену під дією плазми [Текст] / О. О. Баранов // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 91. – Х., 2021. – С. 122–142.
<http://nti.khai.edu/ojs/index.php/oikit/article/view/1405/1504>

Широкий, Ю. В. Моделювання дугового розряду на мідному катоді для генерації наноструктур [Текст] / Ю. В. Широкий, Г. І. Костюк // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 91. – X., 2021. – С. 62–76. <http://nti.khai.edu/ojs/index.php/oikit/article/view/1401/1500>

Шорінов, О. В. Аналіз існуючих моделей виникнення напружень в тонких плівках і покриттях [Текст] / О. В. Шорінов // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 91. – X., 2021. – С. 77–96. <http://nti.khai.edu/ojs/index.php/oikit/article/view/1402/1501>

Plasma-enhanced thermal growth of copper oxide nanostructures on anode of glow discharge setup [Текст] / А. О. Breus, S. L. Abashin, I. M. Lukashov, O. L. Serdiuk, O. O. Baranov // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – № 6. – X., 2021. – С. 1–8.

Широкий, Ю. В. Моделювання електроерозійних процесів на графітових електродах при формуванні наноструктур у плазмовому середовищі [Текст] / Ю. В. Широкий // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 94. – X., 2021. – С. 1–19.

Шорінов, О. В. Оцінювання рівня термічних напружень в оксидних тонких плівках [Текст] / О. В. Шорінов // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 94. – X., 2021. – С. 1–12.

Підготовлено до публікації 2 розділи монографії обсягом 4,4 друкованих аркушів у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу (англійська):

Thermal and plasma-enhanced synthesis of copper oxide nanostructures. / O. Baranov, A. Breus, S. Abashin, M. Košiček, G. Filipič, U. Cvelbar // Springer-Verlag. – Berlin, Germany. – 2021. – p. 1-69. (2,7 друкованих аркушів)

Plasma-enhanced synthesis of carbon nanostructures. / O. Baranov, A. Breus, S. Abashin // Springer-Verlag. – Berlin, Germany. – 2021. – p. 1-43. (1,7 друкованих аркушів)

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

На відміну від існуючих аналогів, розроблена теоретична модель формування оксидних та вуглецевих наноструктур в умовах плазмового розряду розглядає комплекс процесів, включно з процесами формування поверхневих шарів, які є базою для виникнення наноструктур. В результаті виконання експериментальних досліджень отримані підтвердження теоретичних моделей та положень процесу формування одновимірних оксидних наноструктур (нанодротів). Встановлено, що застосування тільки термічного механізму зростання дозволяє отримати наноструктури протягом 5...6 годин. При цьому існує оптимальна зона зростання між 500 та 700 °С. Застосування плазми тліючого розряду дозволяє пришвидшити процес у 20 разів. Проведені дослідження дозволяють розробляти етапи технологічних процесів із застосуванням більш дешевого обладнання (тліючий розряд), або значно енергоефективного та екологічно чистого дугового розряду.

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

За результатами експериментальних досліджень будуть отримані технологічні етапи зростання наноструктур за допомогою плазми тліючого та дугового розряду. Значна поширеність в Україні подібних технологічних пристроїв дозволить значно спростити впровадження іонно-плазмових нанотехнологій у нашій державі та посприє подальшому просуванню української

високотехнологічної продукції (наноматеріалів) на світовий ринок з метою отримання міжнародних грантів та контрактів.

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

В результаті виконання проєкту буде розроблений метод математичного моделювання процесів росту оксидних та вуглецевих наноструктур у середовищі поширених тліючого та дугового розрядів, тому результати етапу є потенційним чинником для створення стартапів, які потребують значно менших інвестицій завдяки застосуванню дешевшого обладнання. Крім того, механізми формування наноструктур в умовах плазми постійного струму можуть бути використані в аерокосмічній галузі для дослідження впливу плазми на елементи конструкції електрореактивних двигунів, а також для впровадження нових двигунів, такі як мікродугові трастери. Формування наноструктур із застосуванням дешевого обладнання дозволить зменшити вартість створення датчиків для розпізнавання вибухонебезпечних речовин, що прискорить процеси розмінування на територіях в зонах військового конфлікту.

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

Науковий керівник Проєкту

Завідуючий кафедри теоретичної механіки,
машинознавства та роботомеханічних систем
(посада)

Олег БАРАНОВ



(підпис)