

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0221U101323

Державний реєстраційний номер: 0118U003579

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 19-01-2021

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Багатошарові і багатокомпонентні покриття з адаптивною поведінкою в умовах зносу та тертя

Початок етапу: 01.2018

Закінчення етапу: 12.2020

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, м. Суми, Сумський р-н., Сумська обл., 40007, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380542334058

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: просп. Перемоги, буд. 10, м. Київ, Київська обл., 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1358.496

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Багатошарові і багатокомпонентні покриття з адаптивною поведінкою в умовах зносу та тертя

Назва роботи англійською:

Multilayer and multicomponent coatings with adaptive behavior in wear and friction conditions

Реферат українською:

Об'єкт дослідження - процеси структуро- та фазоутворення, елементний та фазовий склад покриттів на основі нітридів металів: Ta, Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, W, Si, Al, Cr, отриманих методом вакуумно-дугового осадження та їх вплив на фізико-механічні властивості покриттів. Предмет дослідження - структурні та фізико-механічні властивості, елементний і фазовий склад, механізми формування осаджених багатошарових покриттів на основі нітридів Ta, Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, W, Si, Al. Мета роботи - встановлення взаємозв'язку між елементним і фазовим станами та термічною стабільністю, механічними і трибологічними властивостями наноструктурних захисних мультишарових покриттів, та впливу на них технологічних параметрів осадження, а саме тиску робочого газу та потенціалу зсуву підкладки. Методи отримання та дослідження зразків - для отримання покриттів використано метод вакуумно-дугового та магнетронного осадження; для дослідження мікроструктури та поперечного перерізу - скануюча електронна мікроскопія з енергодисперсійною приставкою, рентгенівська дифрактометрія, просвічуюча електронна мікроскопія, метод диференціальної сканувальної калориметрії, дослідження розподілу елементного складу зразків - метод вторинної іонної мас-спектрометрії та рентгенівська фотоелектронна спектроскопія; визначені механічні властивості методом індентування поверхні покриття. В рамках проекту розроблені нові методи синтезу перспективних функціональних покриттів з покращеними параметрами, зокрема, нітридів перехідних металів у складі багатошарових складних структур. На підставі результатів комплексних досліджень структури, фазового та елементного складу покриттів нітридів перехідних металів: (TiZrNbTaHf)N/MoN, (TiZrNbTaHf)N/WN, TiN/SiC та a-AlN/a-BCN, ZrN/CrN, (CrN/ZrN)/(Cr/Zr) та TiZrN/TiSiN розроблена технологія одержання захисних покриттів з наперед відомими фізико-механічними властивостями.

Реферат англійською:

Object of research - processes of structural and phase formation, elemental and phase composition of coatings based on nitrides of metals: Ta, Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, W, Si, Al, Cr, obtained by vacuum-arc deposition and their influence on the physical and mechanical properties of coatings. The subject of research - structural and physico-mechanical properties, elemental and phase composition, mechanisms of formation of deposited multilayer coatings based on nitrides Ta, Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, W, Si, Al. The aim of the work is to establish the relationship between elemental and phase states and thermal stability, mechanical and tribological properties of nanostructured protective multilayer coatings, and the influence of technological parameters of deposition, namely the working gas pressure and substrate bias. Methods of deposition and investigation of samples - the method of vacuum-arc and magnetron deposition was used to deposit the coatings; for the study of microstructure and cross section - scanning electron microscopy with EDS, X-ray diffractometry, transmission electron microscopy, the method of differential scanning calorimetry, the study of the distribution of the elemental composition of the samples - the method of secondary ion mass spectrometry and X-ray photoelectron spectroscopy; determined mechanical properties by the method of indentation of the coating surface. The new methods for the synthesis of promising functional coatings with improved parameters, in particular, nitrides of transition metals in multilayer complex structures are developed in the project. The technology for obtaining protective coatings with known physical and mechanical properties based on the results of complex studies of the structure, phase and elemental composition of transition metal nitride coatings: (TiZrNbTaHf) N / MoN,

(TiZrNbTaHf) N / WN, TiN / SiC and a-AlN / a-BCN, ZrN / CrN, (CrN / ZrN) / (Cr / Zr) and TiZrN / TiSiN is developed.

Індекс УДК: 538.9, 538.975-022.535:539.23:539.1

Коди тематичних рубрик: 29.19.03

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Мусіл Індіріх І.

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Методики отримання багатокомпонентних покриттів із мультишаровою внутрішньою архітектурою на основі поєднання (Ti, Zr, Nb, Ta, Hf, Mo, W, Si, Al, Cr) металів з азотом.

Назва НТП англійською: Methods of obtaining multi-component coatings with multilayer internal architecture based on a combination (Ti, Zr, Nb, Ta, Hf, Mo, W, Si, Al, Cr) of metals with nitrogen.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали

Галузь застосування: 28.51.0

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Розвинені нові методи для отримання нітридів перехідних металів: (TiZrNbTaHf)N/MoN, (TiZrNbTaHf)N/WN, TiN/SiC, p-AlN/p-BCN, ZrN/CrN, (CrN/ZrN)/(Cr/Zr) та TiZrN/TiSiN. Встановлені фізичні закономірності осадження синтезу багатошарових покриттів в умовах впливу потоку багатокомпонентної металеві плазми з високим ступенем однорідності. Визначені структурні-фазові характеристики та фізико-хімічні властивості отриманих захисних покриттів, розроблені методики стабілізації їх фізико-механічних властивостей.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Зменшення зносу обладнання

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2018

Закінчення етапу: 12.2020

Споживачі продукції: Сумський державний університет, вищі навчальні заклади, науково-дослідні інститути

Перспективні ринки: України

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. Pogrebnjak A.D., Kravchenko Ya.O., Bondar O.V., Zhollybekov B., Kupchishin A.I. Structural Features and Tribological Properties of Multilayer Coatings Based on Refractory Metals. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, vol. 54, pp. 298–316, 2018.
2. Bagdasaryan A.A., Pshyk A.V., Coy L.E., Konarski P., Misnik M., Ivashchenko V.I., Kempinski M., Mediukh N.R., Pogrebnjak A.D., Beresnev V.M., Jurga S. A new type of (TiZrNbTaHf)N/MoN nanocomposite coating: Microstructure and properties depending on energy of incident ions. *Comp. Part B*, vol. 146, pp. 132–144, 2018.
3. Maksakova O.V., Pogrebnjak O.D., Beresnev V.M., Features of Investigations of Multilayer Nitride Coatings Based on Cr and Zr. *Prog. Phys. Met.*, vol. 19, pp. 23–48, 2018.
4. Pogrebnjak A.D., Ivashchenko V.I., Skrynsky P.L., Bondar O.V., Konarski P., Załęski K., Jurga S., Coy E. Experimental and theoretical studies of the physicochemical and mechanical properties of multi-layered TiN/SiC films: Temperature effects on the nano-composite structure. *Comp. Part B Eng.*, vol. 142, pp. 85–94, 2018
5. A.A. Bagdasaryan, A.V. Pshyk, L.E. Coy, M. Kempinski, A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, S. Jurga. Structural and mechanical characterization of (TiZrNbHfTa)N/WN multilayered nitride coatings, *Mat. Lett.*, 229 (2018), pp. 364–364.
6. K.V. Smyrnova, A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, S.V. Litovchenko, S.O. Borba-Pogrebnjak, A.S. Manokhin, S.A. Klimenko, B. Zhollybekov, A.I. Kupchishin, Ya.O. Kravchenko, O.V. Bondar, Microstructure and Physical-Mechanical Properties of (TiAlSiY)N Nanostructured Coatings Under Different Energy Conditions, *Met. Mater. Inter.*, 24 (2018), pp. 1024–1035.
7. A.D. Pogrebnjak, V.I. Ivashchenko, N.K. Erdybaeva, A.I. Kupchishin, M.A. Lisovenko, Microstructure and mechanical properties of multilayer α -AlN/ α -BCN coating as functions of the current density during sputtering of B4C target, *Phys. Sol. State*, 60 (2018), pp. 2030–2033.
8. O.V. Maksakova, S. Simoes, A.D. Pogrebnjak, O.V. Bondar, Ya.O. Kravchenko, T.N. Koltunowicz, Zh.K. Shaimardanov, Multilayered ZrN/CrN coatings with enhanced thermal and mechanical properties, *J. Alloys Compd.*, 776 (2019), pp. 679–690.
9. A.D. Pogrebnjak, K. Smyrnova, O. Bondar, Nanocomposite multilayer binary nitride coatings based on transition and refractory metals: Structure and properties. *Coatings*, vol. 9, pp. 1–27, 2019.
10. O.V. Maksakova, A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, S.V. Plotnikov, S. Simoës, High-temperature in-situ DSC studies of multilayer ZrN/CrN coatings obtained by CA-PVD, *High Temperature Materials Processing*, vol. 23, №3, pp.221–237, 2019.
11. O.V. Maksakova, A.D. Pogrebnjak, G. Yerbolatova, V.M. Beresnev, A.I. Kupchishin, L. Baymoldanova, Triple sandwich design of multilayered (CrN/ZrN)/(Cr/Zr) hard coating with nanoscale architecture: microstructure and composition, *Materials Research Express*, vol. 6, pp. 1–12 (106438), 2019
12. O. Maksakova, A. Pogrebnjak, V. Beresnev, V. Stolbovoy, S. Simoës, D. Yerbolatuly, Study of advanced nanoscale ZrN/CrN multilayer coatings, *East European Journal of Physics*, vol. 2, pp. 27–32, 2019
13. O.V. Maksakova, R.F. Webster, R.D. Tilley, V.I. Ivashchenko, B.O. Postolnyi, O.V. Bondar, Y. Takeda, V.M. Rogoz, R.E. Sakenova, P.V. Zukowski, M. Opielak, V.M. Beresnev, A.D. Pogrebnjak Nanoscale architecture of (CrN/ZrN)/(Cr/Zr) nanocomposite coatings: Microstructure, composition, mechanical properties and first-principles calculations, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 831(5), 2020, 154808
14. M. Sahul, K. Smyrnova, M. Haršáni, L. Čaplovič, A. Pogrebnjak, M. Sahul, M. Kusý, P. Babincová, T.Vopát Effect of lanthanum addition on the structure evolution and mechanical properties of the nanocomposite Ti-Si-N coatings, *Materials Letters*, Volume 276(1), 2020, 128180.

15. O.V. Maksakova, S. Zhanyssov, S.V. Plotnikov, P. Konarski, P. Budzynski, A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, B.O. Mazilin, N.A. Makhmudov, A.I. Kupchishin, Y.O. Kravchenko, Microstructure and tribomechanical properties of multilayer TiZrN/TiSiN composite coatings with nanoscale architecture by cathodic-arc evaporation, *Journal of Materials Science*, vol. 56 (2020), pp. 5067-5081.

16. J. Musil, R. Čerstvý, A. Pogrebnjak Thermal stability of hard tantalum boride films, *High Temperature Material Processes* 24(3), p. 193-200 (2020).

Перелік опублікованих за темою англомовних статей та тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються БД Scopus або WoS:

1. O.D. Pogrebnjak, O.V. Maksakova, S. Simoes Morphology, Structure and Thermal Properties of Multilayer ZrN/CrN Coatings, *IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, Kyiv, Ukraine, April 2018, pp. 106-109.

2. O.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan, V.M. Beresnev, U.S. Nemchenko, K. Henryk Tribological Characteristics of (TiZrNbTaHf)N/MoN Nanocomposite Coating, *IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018)*, 2018, Vol. 3, P. 03TFNMC86-1 – 03TFNMC86-3.

3. O.D. Pogrebnjak, O.A. Goncharov, A.N. Yunda, V.V. Buranich, V.B. Loboda, I.V. Shelest Influence of RF-magnetron Sputtering System Parameters on the Process of Thin Films Nanostructure Formation, *IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018)*, 2018, Vol. 3, P. 03TFNMC72-1 – 03TFNMC72-4.

4. O.V. Bondar, S. Jurga, E. Coy, K. Załęski, L. Rebouta J. P. Araújo, B.O. Postolnyi Multilayer Design of CrN/MoN Superhard Protective Coatings and Their Characterization, *IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018)*, 2018, Vol. 3, P. 03TFNMC85-1 – 03TFNMC85.

5. O.V. Bondar, A.D. Pogrebnjak, Y. Takeda, B. Postolnyi, P. Zukowski, R. Sakenova, V. Beresnev, V. Stolbovoy, Structure and Properties of Combined Multilayer Coatings Based on Alternative Triple Nitride and Binary Metallic Layers, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer Nature, 2019, Pages 31-40.

6. O.V. Maksakova, M.K. Kylyshkanov, S. Simões, DSC Investigations of the Effect of Annealing Temperature on the Phase Transformation Behaviour in (Zr-Ti-Nb)N Coatings Deposited by CA-PVD, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer Nature, 2019, Pages 41-49.

7. B.O. Postolnyi, O.V. Bondar, K. Zaleski, E. Coy, S. Jurga, L. Rebouta, J.P. Araujo, Multilayer design of CrN/MoN superhard protective coatings and their characterization, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer Nature, 2019, Pages 17-29.

8. B. Postolnyi, V. Buranich, K. Smyrnova, J. P. Araújo, L. Rebouta, A. Pogrebnjak, V. Rogoz, "Multilayer and high-entropy alloy-based protective coatings for solving the issue of critical raw materials in the aerospace industry", 10th EASN Virtual International Conference on "Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens" 2-4 September 2020 (virtual format).

9. O. Maksakova, A. Pogrebnjak, O. Bondar, V. Stolbovoy, Ya. Kravchenko, V. Beresnev, P. Zukowski, Features of the microstructure of multilayered (TiAlSiY)N/MoN coatings prepared by CA-PVD and their influence on mechanical properties. A.D. Pogrebnjak and O. Bondar (Eds.), *Microstructure and Properties of Micro- and Nanoscale Materials, Films, and Coatings (NAP 2019)*, Springer Proceedings in Physics 240, 2020, pp. 105-116.

Перелік опублікованих за темою проекту підручників, навчальних посібників, словників, довідників:

1. Основи наноелектроніки: навчальний посібник / А. А. Багдасарян. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 135 с.

Перелік опублікованих за темою монографій:

1. A. Pogrebnjak, Hard and superhard coatings: in book Nanomaterials-based coatings: fundamentals and Applications. – Elsevier Science Publishing, United States, 480 p., 2019

2. A.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan Interstitial alloy structuring of high-entropy alloys, High-entropy alloys, Taylor & Francis Group, Book Chapter in High Entropy Alloys Innovations, Advances, and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group, Chapter 1, 71-88, 2020.

Х. Заключение відомості

Керівник юридичної особи

Васильєв Анатолій Васильович

К. Т. Н.

Перелік осіб-виконавців

Багдасарян Артем Анатолійович

(к. ф.-м. н.)

Бондар Олесандр В'ячеславович

(к. ф.-м. н.)

Буранич Володимир Володимирович

Литвиненко Ярина Миколаївна

(к. ф.-м. н.)

Максакова Ольга Василівна

Погребняк Олександр Дмитрович

(д.ф.-м.н., 01.04.01)

Рогоз Владислав Миколайович

(к. ф.-м. н.)

Смирнова Катерина Василівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Мельник Н.В.

Телефон

+38 (054) 268-76-82

Реєстратор

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

