Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000538

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 19-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ імені В. Н. Каразіна № 0302-3К/377 від 15.03.2024 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горох Денис Валерійович
2. Denys Horokh

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6222-4574

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 27-02-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 3894

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.49.05.11, 29.19.04, 29.19.13, 29.27.51

Тема дисертації:

1. Закономірності формування, особливості структури та властивості іонно-плазмових нітридних покриттів TiSiN/NbN та TiSiN/CrN

2. Regularities of formation, structural features and properties of ion-plasma nitride coatings TiSiN/NbN and TiSiN/CrN

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена створенню вакуумно-дугових багатошарових покриттів нанометрового масштабу типів TiSiN/NbN та TiSiN/CrN, які відповідають сучасним вимогам щодо захисту поверхні конструкційних матеріалів, які працюють в умовах підвищених температур, втомних і термовтомних навантажень, а також виявленню особливостей процесів синтезу, визначенню елементного і фазового складу, субструктури та властивостей багатошарових покриттів, а також зв'язків між структурою та механічними і трибологічними властивостями покриттів. Мета роботи полягає у визначенні умов формування нітридних багатошарових захисних покриттів та розробці рекомендацій стосовно конкретних

фізико-технологічних процесів їх осадження. Робота становить як значний фундаментальний, так і практичний інтерес для фізичного матеріалознавства та фізики поверхні. Для досягнення сформульованої мети необхідно було виконати такі завдання: 1. Отримати плазмові покриття (TiSi)N/NbN, (TiSi)N/CrN за різних режимів осадження. 2. Дослідити вплив умов синтезу на елементний склад отриманих покриттів. 3. Дослідити структуру, топологію поверхні, характер хімічного міжатомного зв'язку, мікротвердість та модуль пружності отриманих покриттів. 4. Дослідити вплив термічного відпалювання на структурний стан та фізико-механічні властивості, зокрема мікротвердість. 5. Визначити адгезійну міцність та механізм руйнування багатошарових покриттів. Об'єкт досліджень – технологічні процеси і фізичні фактори які впливають на формування багатошарових нітридних покриттів з нанометровою товщиною шарів, що осаджуються вакуумно-дуговим способом та зв'язок структурних характеристик з фізико-механічними властивостями покриттів. Предмет досліджень – елементний та фазовий склад, структурний стан, механічні властивості та триботехнічні характеристики багатошарових нітридних покриттів нанометрового масштабу (TiSi)N/NbN, (TiSi)N/CrN. Методи формування та дослідження В даний час найбільш перспективними методами нанесення покриттів є вакуумні іонно-плазмові методи, серед яких широке поширення для осадження зносостійких нітридних покриттів отримали реактивне магнетронне розпилення і вакуумно-дугове осадження. Поряд з основною перевагою магнетронного методу - безкрапельне напилення, він має і ряд істотних недоліків: відносно високий робочий тиск для підтримки розряду і вузький діапазон основних параметрів (тиск, струм), при яких реалізуються оптимальні умови осадження покриттів. І, як наслідок, низька енергія частинок, що беруть участь у реакціях синтезу нітридів, що призводить до великої пористості покриттів та відносно низької їх адгезії з підкладкою. При використанні вакуумно-дугового методу осадження, заснованого на генерації потоків високої іонізованої металевої плазми дуговим розрядом, покриття формуються на поверхні зразків в результаті конденсації потоку плазми матеріалу катода, що еродує. В якості випарованного матеріалу, що випаровується,а може застосовуватися будь-який електропровідний матеріал: метал, сплав або композит на основі металу. За наявності розрядного проміжку реакційного газу на підкладці синтезується шар на основі сполук елементів матеріалу катода і робочого газу (нітриди, оксиди, карбіди). Високий ступінь іонізації вакуумно-дугової плазми (20–100 100 %) та можливість регулювання параметрів процесу синтезу покриттів у широкому діапазоні (тиск робочого газу, струм розряду, напруга зсуву та ін.) дозволяють цілеспрямовано впливати на структурні та фізико-механічні характеристики одержуваних конденсатів.Для дослідження морфології, кристалічної структури, елементного складу, структурно-фазового стану, механічних та триботехнічних властивостей багатошарових покриттів будуть використані: растрова електронна мікроскопія (РЕМ), рентгенівський мікроаналіз з використанням спектрометра з дисперсією за енергією (ЕДС) та рентгеноструктурний аналіз (РСА), вимірювання мікротвердості та нанотвердості, застосування методу склерометрії дозволяє отримати повне уявлення про характер зношування, коефіцієнт тертя, адгезійну міцність та процесів руйнування покриттів, а також лабораторні випробування зразків з покриттям в Інституті надтвердих матеріалів імені В.Н. Бакуля НАН України.

2. The dissertation is devoted to the creation of multilayer coatings of nanometer scale based on TiSiN/NbN TiSiN/CrN that meet modern requirements for surface protection of structural materials operating at elevated temperatures, fatigue and thermal fatigue loads, as well as to identify the features of the synthesis processes, elemental and phase composition, substructure and properties of multilayer coatings obtained by vacuum arc deposition. Determination of the relationship between the structure and mechanical and tribological properties of coatings. The aim of the work is to determine the conditions for the formation of nitride multilayer protective coatings and to develop recommendations for specific physical and technological processes of their deposition. The work is of significant fundamental and practical interest for physical materials science and surface physics To achieve this goal, the following tasks had to be accomplished: 1. To obtain (TiSi)N/NbN, (TiSi)N/CrN coatings using plasma methods under different deposition modes. 2. To investigate the effect of synthesis conditions on the elemental composition of the resulting coatings. 3. To study the structure, surface topology, nature of chemical interatomic bonding, microhardness and elastic modulus of the obtained coatings. 4 To study the effect of thermal

annealing on the structural state and physical and mechanical properties, in particular microhardness. 5 Determine the adhesive strength and fracture mechanism of multilayer coatings. Object of research: technological processes and physical factors that affect the formation of multilayer nitride coatings with nanometer layer thicknesses deposited by vacuum arc method, the relationship of structural characteristics with physical and mechanical properties of coatings. The subject of the study is the elemental and phase composition, structural state, mechanical properties and tribotechnical characteristics of multilayer nitride coatings of nanometer scale (TiSi)N/NbN, (TiSi)N/CrN. Methods of formation and research Currently, the most promising coating methods are vacuum ion-plasma methods, among which reactive magnetron sputtering and vacuum arc deposition are widely used for deposition of wear-resistant nitride coatings. Along with the main advantage of the magnetron method - drip-free sputtering - it has a number of significant disadvantages: relatively high operating pressure to maintain the discharge and a narrow range of basic parameters (pressure, current) under which optimal coating deposition conditions are realized. And, as a result, the low energy of the particles involved in the nitride synthesis reactions, which leads to high porosity of the coatings and their relatively low adhesion to the substrate. When using the vacuum arc deposition method, based on the generation of highly ionized metal plasma flows by an arc discharge, coatings are formed on the surface of samples as a result of condensation of the plasma flow of the eroding cathode material. Any electrically conductive material can be used as the evaporated material: metal, alloy or metal-based composite. In the presence of a discharge gap of reaction gas, a layer is synthesized on the substrate based on compounds of elements of the cathode material and working gas (nitrides, oxides, carbides). The high degree of ionization of the vacuum-arc plasma (20-100 %) and the ability to control the parameters of the coating synthesis process in a wide range (working gas pressure, discharge current, bias voltage, etc.) allow for a targeted influence on the structural and physical and mechanical characteristics of the resulting condensates. To study the morphology, crystal structure, elemental composition, structural and phase state, mechanical and tribotechnical properties of multilayer coatings, we will use scanning electron microscopy (SEM), X-ray microanalysis using an energy dispersive spectrometer (EDS), and X-ray diffraction analysis (XRD), measurement of microhardness and nanohardness, application of the sclerometry method to obtain a complete picture of the wear pattern, friction coefficient and adhesive strength, and fracture processes of coatings, as well as laboratory tests of coated samples at the V.N. Bakul Institute of Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Turbin, P.V., Horokh, D.V. Thermal effects on the surface morphology of an ion-plasma coating. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2020. Vol. 12, Iss. 4. Art. 04031.
- Turbin, P.V., Beresnev, V.M., Horokh, D.V. Properties Evolution of Ion-plasma Coatings on the Base of Transition Metal Nitrides. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2020. Vol. 12, Iss. 5. Art. 05031.
- Beresnev V. M., Lytovchenko S. V., Horokh D. V., Mazilin B. O., Stolbovoy V. A., Kolodiy I. N., Kolesnikov D. A., Grudnitsky V. V., Srebniuk P. A., Glukhov O. V. Tribotechnical properties of (TiZr)N/(TiSi)N multilayer coatings with nanometer thickness. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2019. Vol. 11, Iss. 5. Art. 05037.
- Beresnev V. M., Lytovchenko S. V., Mazilin B. O., Horokh D. V., Stolbovoy V. A., Kolesnikov D. A., Kolodiy I. V., Zhanyssov S. Adhesion strength of TiZrN/TiSiN nanocomposite coatings on a steel substrate with transition

layer. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2020. Vol. 12, Iss. 4. Art. 04030.

- Lytovchenko S. V., Beresnev V. M., Klymenko S. A., Mazilin B. O., Kovaleva M. G., Manohin A. S., Horokh D. V., Kolodiy I. V., Novikov V. U., Stolbovoy V. A., Doshchechkina I. V., Gluhov O. V. Effect of surface pre-treatment on adhesive strength of multi-component vacuum-arc coatings. East European Journal of Physics. 2020. Iss. 4. P. 119–126.
- Beresnev V.M., Maksakova O.V., Lytovchenko S.V., Klymenko S.A., Horokh Horokh D.V., Manohin A.S., Mazilin B.O., Chyshkala V.O., Stolbovoy V.A. Correlating Deposition Parameters with Structure and Properties of Nanoscale Multilayer (TiSi)N/CrN Coatings. East European Journal of Physics. 2022, No.2. P. 112-117.
- Horokh D.V., Maksakova O.V., Klimenko S.A., Lytovchenko S.V., Beresnev V.M., Glukhov O. V. Influence of the Bias Potential and Working Gas Pressure on the Properties of the TiSiN/NbN Ion Plasma Multilayer Coating. Journal of Superhard Materials, 2022, Vol. 44, No. 6, pp. 413–420.
- Horokh D. V., Maksakova O. V. , Beresnev V. M., Lytovchenko S. V., Klimenko S. A., Grudnitsky V. V., Doshchechkina I. V., Glukhov O. V. Influence of annealing on the physical and mechanical properties of (TiSi)N/CrN multilayer coatings produced by cathodic arc physical vapour deposition. High Temperature Material Processes. 2023, Vol. 27, Iss. 4, pp. 1-14.
- Горох Д. В., Мазілін Б. О. Литовченко С. В., Береснев В. М., Оценка возможности применения плазменных покрытий для защиты элементов энергетических устройств. XV Міжнар. наук.-техн. конф. молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики», 13–15 листоп. 2019 р. : тези доп. Харків, 2019. С. 42.
- Horokh D. V., Beresnev V. M., Lytovchenko S.V., Maksakova O.V., Pogrebnjak A.D., Shvets U.S. Microstructure and High-hardness Effect in TiSiN/NbN Nanomultilayers: Experimental Research. Int. research and practice conf. “Nanomaterials: Applications and Properties", NAP-2021, 5-11 sept 2021. : abstr. Odessa, Ukraine 2021.
- Horokh D. V., Beresnev V. M., Lytovchenko S. V., Chyshkala V. O., Maksakova O.V., Stolbovoy V.A., Mazilin B.O. Influence of vacuum-arc deposition conditions on the structural phase state and mechanical characteristics of (TiSi)N/NbN coatings. Int. research and practice conf. “Materials Science of Refractory Compounds", MSRC-2021, 25-28 may 2021. : abstr. Kyiv, Ukraine 2021. P. 68.
- Горох Д.В., Береснєв В.М., Литовченко С.В., Чишкала В.О, Максакова О.В., Столбовой В.О, Мазілін Б.О., Шептуха О.Р. Багатошарові покриття (TiZr)N/WN, сформовані вакуумно-дуговим методом. Int. research and practice conf. “High Purity Materials: Production, Application, Properties", 13- 15 sept 2021, Kharkiv, Ukraine 2021. P. 19-20.
- Horokh D.V., Maksakova O.V., Beresnev V. M., Lytovchenko S. V. Improvement on the Microstructural and Nanomechanical Properties of (TiAlZrNbY)N based Multiphase Coatings by Compositional and Structural Design. Int. research and practice conf. “Nanomaterials: Applications and Properties", NAP-2022, 11-16 sept 2022, Kraków, Poland 2022. P. 03mtfc-28.

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія матеріалів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: ДР 0119U002523, ДР 0121U109810, 2020.02/0234

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Береснєв Вячеслав Мартинович

2. Vyacheslav Beresnev

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.02.01

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-4623-3243

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Однодворець Лариса Валентинівна
2. Larisa Odnodvorets

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.01

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8112-1933

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Купрін Олександр Сергійович
2. Oleksandr Kuprin

Кваліфікація: к. т. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-4293-4197

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зиков Олександр Володимирович
2. Oleksandr Zykov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.08

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-5409-2655

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Богатиренко Сергій Іванович
2. Sergey Bogatyrenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6044-6886

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Гірка Ігорь Олександрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Гірка Ігор Олександрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шевченко Андрій Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна