

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0224U001992

Державний реєстраційний номер: 0121U110283

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-02-2024

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Низькотемпературне формування нанорозмірних плівкових матеріалів з ефектом пам'яті форми для сучасних мікроелектромеханічних систем

Початок етапу: 01.2021

Закінчення етапу: 12.2023

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442367989, 380442044862

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: 0002767700

Місцезнаходження: , м. Київ, 03135, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон:

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: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201330

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1830.000

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Низькотемпературне формування нанорозмірних плівкових матеріалів з ефектом пам'яті форми для сучасних мікроелектромеханічних систем

Назва роботи англійською:

Low-temperature formation of nanosized thin-film materials with shape memory effect for modern microelectromechanical systems

Реферат українською:

Мета роботи. Встановлення закономірностей низькотемпературного дифузійного фазоутворення в плівкових композиціях Ni/Ti з ефектом пам'яті форми в залежності від фізико-технологічних параметрів осадження та термічної обробки, а також наявності додаткових проміжних шарів та збільшення кількості внутрішніх границь розділу між нанорозмірними шарами Ni та Ti. Основні результати. Встановлено закономірності термічно-індукованого формування структури, фазового складу і властивостей плівкових матеріалів на основі системи Ni/Ti, які полягають у наступному: • визначено закономірності фазоутворення в системі Ni/Ti з різним періодом модуляції (товщиною) та різною кількістю границь розділу (від однієї до трьох) при збереженні загальної товщини системи (60 нм); • визначено вплив періоду модуляції в системі Ni/Ti з різною кількістю шарів на температурні залежності питомого електроопору; • встановлено послідовність формування фаз та температурні інтервали їх стабільності в залежності від середовища термічної обробки, яка проводилася у вакуумі та аргоні; • з використанням структурних методів досліджено зміну напруженого стану в системі Ni/Ti з різним періодом модуляції та кількістю наночарів; показано, що збільшення кількості внутрішніх границь розділу між металевими шарами дозволяє зменшити величину залишкових макронапружень 1-го роду; • використання синхротронного випромінювання дозволило вперше показати, що збільшення кількості внутрішніх інтерфейсів дозволяє ефективно впливати на окиснений стан Ti на вільній поверхні; • визначено вплив додаткових шарів металів (Ag, Cu) на закономірності дифузійного фазоутворення в бінарній системі Ni/Ti; вперше показано, що додавання проміжного шару Ag не лише запобігає структурній аморфізації на інтерфейсі між Ni та Ti і сприяє формуванню інтерметалідних фаз.

Реферат англійською:

The aim of work. Establishing the regularities of low-temperature diffusion phase formation in Ni/Ti film compositions with a shape memory effect depending on the physical and technological parameters of their deposition and thermal treatment, as well as the presence of additional intermediate layers and an increase in the number of internal interfaces between nanoscale layers of Ni and Ti. Main results. The regularities of the thermally induced formation of the structure, phase composition and properties of thin-film materials based on the Ni/Ti system have been established, which are as follows: • regularities of phase formation in the Ni/Ti system with different modulation period (thickness) and different number of interfaces (from one to three) while maintaining the total thickness of the system (60 nm) are determined; • the influence of the modulation period in the Ni/Ti system with different number of layers on the temperature dependence of the electrical resistivity is determined; • the sequence of phase formation and the temperature intervals of their stability depending on the heat treatment environment, which was carried out in vacuum and argon, were determined; • with the use of structural techniques the change of the stress state in the Ni/Ti system with different modulation periods and number of nanolayers was explored; it is shown that an increase in the number of internal interfaces between metal layers allows to reduce the amount of residual macro-stresses; • the use of synchrotron radiation allows to show that the release of Ti on the outer surface is taking place upon heat treatment up to the complete disappearance of the signal from Ni; • the effect of additional layers of metals (Ag, Cu) on the regularities of diffusion phase formation in the Ni/Ti binary system has been determined; it has been shown that the addition of an intermediate Ag layer

prevents structural amorphization at the interface.

Індекс УДК: 621.373

Коди тематичних рубрик: 47.09.48

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Орлов Андрій Костянтинович

Науковий ступінь:

Вчене звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

IX. Бібліографічний опис

I.O. Kruhlov, N.V. Franchik, S.M. Voloshko, A.K. Orlov. Effect of Modulation Period on the Thermally-Induced Solid-State Reactions in Ni/Ti Thin Films // *Metallophysics and Advanced Technologies*. – 2023. – №7. – P. 907-920. <https://mfint.imp.kiev.ua/en/toc/v45/i07.html>

Konorev S., Yanchuk V., Kruhlov I., Orlov A., Sidorenko S., Vladymyrskyi I., Voloshko S. Effect of Graphene on Nickel Surface Relaxation: Molecular Dynamics Simulation // *Lubricants*. – 2023. – Т. 11. – №. 9. – С. 405. <https://doi.org/10.3390/lubricants11090405>

Kruhlov I.O., Orlov A.K., Dubikovskiy O., Iguchi Y., Erdélyi Z., Sidorenko S.I., Voloshko S.M. Inhibition of interlayer diffusion and reduction of impurities in thin metal films by ion irradiation // *Materials Today Communications*. – 2023. – Т. 34. – С. 104977. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104977>

A.K. Orlov, I.O. Kruhlov, I.E. Kotenko, and S.M. Voloshko, Effect of Layers' Inversion on Thermally Induced Diffusion in Thin Ni/Ti Films // *Metallophysics and Advanced Technologies*. – 2023. – №1. – P. 55-63. <https://doi.org/10.15407/mfint.45.01.0055>

A.K. Orlov, I.O. Kruhlov, A. Lozova, S.I. Sidorenko, S.V. Prikhodko, S.M. Voloshko S.M., Effect of Ar Annealing on Diffusion and Thermal Stability of Transition Metal Thin-Film Systems // *Metallophysics and Advanced Technologies*. – 2022. – №6. – P. 735-749. <https://doi.org/10.15407/mfint.44.06.0735>

I. Kruhlov, A. Orlov, V. Zakiev, I. Zakiev, S. Prikhodko, S. Voloshko, Multi-layered Thin-Film Metal Contacts for New Generation Solar Cells // *TMS 2022 151st Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings*, Springer. – 2022. – P. 431-441. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92381-5_39.

V. Yanchuk, I. Kruhlov, V. Zakiev, A. Lozova, B. Trembach, A. Orlov, and S. Voloshko, Thermal and Ion Treatment Effect on Nanoscale Thin Films Scratch Resistance // *Metallophysics and Advanced Technologies*. – 2022. – №10. – P. 1275-1292. <https://doi.org/10.15407/mfint.44.10.1275>

I.O. Круглов, Л.М. Капітанчук, Т. Ішикава, С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, Структурні дефекти у багатошаровій наносистемі Ni/Cu/Cr/Si, індуковані термічним та йонним впливами // *Металофізика і новітні технології*. – 2021. – №2. – P. 183-208. <https://doi.org/10.15407/mfint.43.02.0183>

A.E. Hafarov, D.I. Trubchaninova, A.P. Burmak, M.V. Karpets, I.A. Vladymyrskyi, A. Kaidatzis, D. Niarchos. Structural Phase Transitions in Al-Rich C-Doped MnAl Thin Films // *Journal of Nano Research*, Trans Tech Publications, Ltd. – 2022. – Vol. 76. – P. 29-37. <https://doi.org/10.4028/p-801jk8>

A.E. Hafarov, D.I. Trubchaninova, A.P. Burmak, M.V. Karpets, I.A. Vladymyrskyi, A. Kaidatzis, D. Niarchos. Structural Phase Transitions in Al-Rich C-Doped MnAl Thin Films // Journal of Nano Research, Trans Tech Publications, Ltd. – 2022. – Vol. 76. – P. 29-37. <https://doi.org/10.4028/p-801jk8>

Pedan R., Makushko P., Dubikovskiy O., Bodnaruk A., Burmak A., Sidorenko S., Voloshko S., Kalita V., Hübner R., Makarov D., Vladymyrskyi I. Homogenization and short-range chemical ordering of Co-Pt alloys driven by the grain boundary migration mechanism // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2022. – 55(40). – 405004. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ac8204>

Круглов І.О., Пальчєковський О.А., Франчік Н.В., Волошко С.М., Орлов А.К. Вплив аргонвмісного середовища відпалу на перебіг структурно-фазових перетворень в тонкоплівкових композиціях Ni/Ti // Металознавство та обробка металів. – 2023. – №4. – С 34-49. <https://doi.org/10.15407/mom2023.04.034>

Vlad Mohylko, Ivan Kruhlov, Svitlana Voloshko, Andrii Orlov., Effect of Interfaces Number on the Thermally Induced Phase Transitions in Ni/Ti Stacks, IEEE 13th International Conference “Nanomaterials: Applications & Properties” Bratislava, Slovakia, Sept. 10-15, 2023 – 03mtfc-21.

Sergii Konorev, Yaroslav Sokur, Ivan Kruhlov, Andrii Orlov., Molecular dynamics simulation of an early stages of interfacial amorphization in Ni/Ti system, HighMatTech-2023 October 2-6, 2023 Kyiv, Ukraine – P. 137.

Palchekovskiy O.A., Kruhlov I.O., Voloshko S.M., Orlov A.K., Effect of additional layers of Cu and Ag on structural and phase transformations in Ni/Ti layered stacks, IV Міжнародна конференція Функціональні матеріали для інноваційної енергетики ФМІЕ-2023, 20-21 вересня, 2023, Київ, Україна – P. 40.

A. Lozova, I. Kruhlov, S. Voloshko, A. Orlov, The effect of interfaces number on solid state reactions in Ni-Ti thin films, «Нанотехнології та наноматеріали» НАНО-2022, Львів, Україна 25-27 серпня, 2022 – С. 156.

Andrii Orlov, Ivan Kruhlov, Anna Lozova, Svitlana Voloshko, Diffusion-induced Phase Formation in Ni/Ti Layered Stacks, 2022 IEEE 12th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties NAP-2022, Kraków, Poland, September 11-16, 2022. – 03mtfc-27.

Sidorenko S.I., Kruhlov I.O., Orlov A.K., Voloshko S.M., The influence of low-energy ion bombardment on the low-temperature formation of nanosized thin-film materials with shape memory, European Materials Research Society E-MRS Spring 2022 Meeting, Virtual format. – O.3.16.

Kruhlov I.O., Orlov A.K., Voloshko S.M., Low-temperature formation of nanosized thin-film materials with shape memory effect for modern microelectromechanical systems, «Functional materials for innovative energy FMIE-2021», 25-27 May 2021, Kyiv, Ukraine

Kruhlov I.O., Orlov A.K., Voloshko S.M., Low-temperature formation of nanosized thin-film materials with shape memory effect for modern microelectromechanical systems, «Functional materials for innovative energy FMIE-2021», 25-27 May 2021, Kyiv, Ukraine

Kruhlov I.O., Orlov A.K., Kotenko I.E., Voloshko S.M., Peculiarities of diffusion and phase formation in Ni-Ti thin-film systems with inversion of layers, III Всеукраїнська конференція «Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології. CMMT-2021», Київ, 19-20 жовтня 2021 – С. 24.

Kruhlov I.O., Orlov A.K., Prikhodko S.V., Voloshko S.M., Multi-Layered Thin-Films Metal Contacts For New Generation Solar Cells, «Functional materials for innovative energy FMIE-2021», 25-27 May 2021, Kyiv, Ukraine

Монографія «Метастабільні стани в технологіях металевих наноматеріалів» авторів С.І. Сидоренка, С.М. Волошко, А.К. Орлова Київ: Вид-во "Політехніка", 2023. – 278 с. (в типографії) (отримано гриф за рішенням Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол № 9 від 02.10.23 р.)

A.K. Orlov, I.O. Kruhlov, I.E. Kotenko, S.M. Voloshko “The effect of layers inversion on the thermally-induced diffusion in Ni/Ti thin films” Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №116650 (zareєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 01.03.2023 р.).

A.K. Orlov, I.O. Kruhlov, S.V. Prihodko, S.M. Voloshko "The effect of Ar annealing on diffusion and thermal stability of transition metal thin-film systems" Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №116651 (zareestrovano v Derzhavnomu reestri patentiv Ukraini na korisni modeli 01.03.2023 p.).

I. Kruhlov, A. Orlov, V. Zakiev, I. Zakiev, S. Prihodko, S. Voloshko "Multi-layered thin-film metal contacts for new generation solar cells" Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №116649 (zareestrovano v Derzhavnomu reestri patentiv Ukraini na korisni modeli 01.03.2023 p.).

I. Круглов, А. Орлов "Вплив аргонвмісного середовища відпалу на перебіг структурно-фазових перетворень в тонкоплівкових композиціях Ni/Ti" (заявка на реєстрацію авторського права на твір № с202308266 від 07.12.2023 р.)

I. Kruhlov, A. Orlov "Effect of modulation period on the thermally-induced solid-state reactions in Ni/Ti thin films" (заявка на реєстрацію авторського права на твір № с202308264 від 07.12.2023 р.)

Владимирський І.А., Конорев С.І., Бурмак А.П., Круглов І.О. "Спосіб формування магнітно-твердого матеріалу з нанорозмірними зернами, ізольованими прошарком оксидної фази", патент на корисну модель № 148164 (zareestrovano v Derzhavnomu reestri patentiv Ukraini na korisni modeli 14.07.2021).

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Пасічник Віталій Анатолійович
к.т.н., 05.02.08

Перелік осіб-виконавців

Бурмак Андрій Петрович
(доцент, 05.16.01)

Круглов Іван Олександрович

Лесик Дмитро Анатолійович
(к.т.н.)

Могилко Владислав Віталійович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Орлов Андрій Костянтинович

Телефон

+38 (063) 214-68-36

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна