# Облікова картка НДДКР

**Державний обліковий номер:** 0221U101320

**Державний реєстраційний номер:** 0118U003580

**Відкрита**

**Дата реєстрації:** 19-01-2021

## 1. Етапи виконання

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Фазовий склад, електрофізичні та магніторезистивні властивості багатокомпонентних (високоентропійних) плівкових сплавів

**Початок етапу:** 01-2018

**Закінчення етапу:** 12-2020

**Вид звітного документа:** Остаточний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Сумський державний університет

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 05408289

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

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

**Телефон:** 380542334058

**E-mail:** kanc@sumdu.edu.ua

**WWW:** https://www.sumdu.edu.ua/

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Міністерство освіти і науки України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 38621185

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

**Підпорядкованість:** Кабінет Міністрів України

**Телефон:** 380444813221

**E-mail:** mon@mon.gov.ua

**Назва організації:** Сумський державний університет

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 05408289

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

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

**Телефон:** 380542334058

**E-mail:** kanc@sumdu.edu.ua

**WWW:** https://www.sumdu.edu.ua/

## 4. Джерела та напрями фінансування

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

**КПКВК:** 2201040

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**Джерело фінансування:** 7713 - кошти держбюджету

**Фактичний обсяг фінансування за звітний етап:** 1358.454 тис. грн.

## 5. Науково-технічна робота

### Назва роботи (укр)

Фазовий склад, електрофізичні та магніторезистивні властивості багатокомпонентних (високоентропійних) плівкових сплавів

### Назва роботи (англ)

Phase composition, electrophysical and magnetoresistive properties multicomponent (high-entropy) film alloys

### Реферат (укр)

У результаті виконання НДР уперше запропонована і реалізована методика отримання високоентропійних плівкових сплавів (ВЕС) шляхом одночасної або пошарової конденсації 5-6 компонент із наступною термообробкою до 700 – 900 К. У рамках теоретичних моделей Тельє, Тоссе і Пішар розраховані параметри електроперенесення. Уперше спостерігався двостадійний тензоефект із зростанням коефіцієнта тензочутливості до 90 одиниць. Розроблені та апробовані на феноменологічному рівні моделі для термічного коефіцієнта опору, коефіцієнта тензочутливості та магнітоопору. Відповідність розрахунків і експериментальних даних становить від 12 до 20%. Уперше в плівкових ВЕС установлені умови трансформації ізотропного магнітоопору в анізотропний. Установлена кореляція між ступенем ентропійності плівкових сплавів із різною архітектурою та їх електрофізичними і магніторезистивними властивостями.

### Реферат (англ)

As a research result, a method for formation of high-entropy film alloys (HEA) by simultaneous or layer-by-layer condensation of 5-6 components with subsequent annealing to 700-900 K was proposed. In the framework of the theoretical models of Tellier, Tosser and Pichard, the electrical transmission parameters are calculated. For the first time, a two-stage strain effect was observed with an increase of the strain coefficient to 90 units. Models for thermal coefficient of resistance, strain coefficient and magnetoresistance have been developed and tested at the phenomenological level. The correspondence of calculations and experimental data is from 12 to 20%. For the first time in film HEA the conditions for the transformation of an isotropic magnetoresistance into an anisotropic one have been established. The correlation between the entropy degree of film alloys with different architecture and their electrophysical and magnetoresistive properties is established.

**Індекс УДК:** 669.017.01, 669.017

**Коди тематичних рубрик НТІ:** 53.49.01

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

### НТП 1

**Назва продукції (укр):** Пристрій для одержання плівкових високоентропійних сплавів

**Назва продукції (англ):** Device for obtaining high-entropy film alloys

**Очікувані результати:** Матеріали, Методи, теорії

**Галузь застосування:** 73.10.1

**Опис продукції (укр):** Науково-технічна продукція складається із квартальних і річних анотований звітів, річних та заключного звіту. Результати досліджень опубліковані у 18 статтях у виданнях, які обліковуються у науково-методичній базіScopus, доповідались на 6 міжнародних конференціях і підтверджені патентом України на корисну модель. У результаті виконання проекту був започаткований новий напрям матеріалознавства «Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових високоентропійних сплавів» виконавцями проекту захищено 2 кандидатські дисертації фізико-математичних наук та 1 дисертація доктора філософії в галузі природничих наук

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія матеріалів

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Впроваджено

**Строки впровадження:** 01.201812.2020

**Виробник продукції:** Сумський державний університет

**Споживачі продукції:** Сумський державний університет

**Перспективні ринки:**

**Права інтелектуальної власності:** Отримано патент

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис


1. Салтиков Д.І., Шкурдода Ю.О., Проценко І.Ю. Структурно-фазовий стан та електропровідність плівкових структур на основі ОЦК фази сплаву Fe-Co та Cu // Ж. нано- електрон. фіз. – 2018. – V.10, №3. – P. 03024-1 – 03024-6.

2. Салтиков Д.І., Шкурдода Ю.О., Проценко І.Ю. Вплив умов термообробки на магніторезистивні властивості тришарових структур Fe0,2Co0,8/Cu/Fe0,2Co0,8// Ж. нано-електрон. фіз. – 2018. – V.10, №4. – P.04031-1- 04031-5.

3. Buryk I.P., Hrychanovs'ka T.M., Poduremne D.V., Stepanenko A.O. Structure and electrophysical properties of double-component film alloys based on molybdenum and iron or nickel // J. Nano- Electron. Phys. – 2018. – V.10, №5. – P. 05026-1 – 05026-4.

4. Власенко О.В., Ткач О.П., Шумакова Н.І., Однодворець Л.В. Магніторезистивні та магнітооптичні властивості двокомпонентних плівкових сплавів на основі заліза // Ж. нано- електрон. фіз. – 2018. – V.10, №4. – P. 04016-1 – 0416-4.

5. Bereznyak Yu.S., Odnodvorets L.V., Shumakova N.I., Protsenko I.Yu., Protsenko Z.M., Panchal C.J., Priya S. Suryavanshi, Mehta P.K. Thermal coefficient of resistance of high-entropy film alloys // IEEE 8th International Conference NAP-2018. – 2018. – P. 01SPN87-1 – 01SPN87-4.

6. Однодворець Л.В., Пазуха І.М. Методичні вказівки до практичних робіт та самостійної роботи з курсу «Матеріали і компоненти функціональної електроніки». – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 56 с.

7. Shpetnyi I.O., Kondrakhova D.M., Vorobiov S.I., Scheibe B., Grebinaha V.I., Derecha D.O., Gorobets Yu.I., Protsenko I.Yu. The structural-phase state and magnetoresistive properties of thin film alloys obtained by co-evaporated Cu and Co// Journal of Magnetism and Magnetic Materials. –2019. – V. 474. – P. 624-63.

8. Koltunowicz T.N., Bondariev V., Odnodvorets L.V., Protsenko S.I., Shumakova M., Tkach O.P. Electrophysical properties of granular film alloys // Vacuum. – 2019. –V.164. – P.165–169.

9. Protsenko I.Yu. , Odnodvorets L.V. , Bondariev V. , Tyschenko K. , Cheshko I.V. , Shumakova N.I. Strain effect in film materials NixFe1-x/S // Vacuum. – 2019. – V.165. – P.113-117.

10. Bereznyak Yu.S. , Opielak M., Odnodvorets L.V. , Poduremne D.V. , Protsenko I.Yu. , Shabelnyk Yu.M. Crystalline Structure and Physical Properties of High-Entropy Film Alloys // J. Nano- Electron. Phys. – 2019. – V.11, № 2. – P. 02026-1 – 02026-6.

11. Hrychanovs'ka O.A., Rylova A.K., Hrychanovs'ka T.M., Shumakova N.I. Electrophysical Properties of Granular Films Alloys// J. Nano-Electron. Phys. – 2019. – V.11, №6. – P.06007-1– 06007-4.

12. Saltykov D.I., Shkurdoda Yu.O., Protsenko I.Yu. Phase state, crystal structure, diffusion processes and magnetoresistance of three-layer structures based on FexCo1-x (x ≈ 0,5) and Cu // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. – 2019. – V. 41, № 5. – P. 595 – 605.

13. Saltykov D.I., Shkurdoda Yu.O., Protsenko I.Yu. Temperature effects in magnetoresistive properties of three layer films based on Fe80Co20 alloy and copper // Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii – 2019. – V. 10, № 1. – P. 0101 – 0109.

14. Bereznyak Yu., Odnodvorets L.V., Poduremne D., Protsenko I.Yu., Rylova A., Shumakova N.I. The phase composition of film materials with different degrees of entropy / IEEE 9-th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties' 2019. – Ukraine: Odesa.– P.01TFC49-1 – 01TFC49-5.

15. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник/ С.М. Данильченко, В. М. Кузнецов, І. Ю. Проценко. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 135 с.

16. Saltykov D.I., Protsenko S.I., Pazukha I.M., Shkurdoda Yu.O. Concentration and heat treatment effects on magnetoresistive properties of three-layer film systems based on FexCo100-x and Cu // Thin Solid Films. – 2020. – V.716. – P.138422-1 – 138422-4.

17. Saltykov D.I., Shumakova N.I., Pazukha I.M., Shkurdoda Yu.O., Protsenko S.I. The effect of the structural-phase state and diffusion processes on electrical conductivity of nanocrystalline FexCo100–x/Cu/ FexCo100–x thin films (0 < x < 100) // Cryst. Res. Tehnol. – 2020. – P.2000071-1 – 2000071-5.

18. Odnodvorets L.V. , Shabelnyk Yu.M. , Protsenko I.Yu., Shumakova N.I. Correlation between the entropy degree and properties of multi-component (high-entropy) film materials // J. Nano- Electron. Phys. – 2020. – V.12, №2. – P.02014-1 – 02014-3.

19. Shpetnyi I.O. Magnetic and Magnetoresistive properties of thin film alloys based on cobalt and copper // J. Nano-Electron.Phys. – 2020. – V.12, №5.– P.05030-1 – 05030-6.

20. Protsenko I.Yu., Odnodvorets L.V., Shumakova M.O., Rylova A.K. Correlation between the value granules spin in film alloys based on Fe and Ag and the magnetic and thermal coefficients of magnetic resistance / IEEE International Conference on «Nanomaterials: Applications & Properties» (NAP-2020). Sumy. – V.1. – ID 01NMM12.

21. Buryk I.P., Holovnia A.O., Ivashchenko M.M., Odnodvorets L.V. Numerical simulation of FinFET transistors parameters // J. Nano- Electron. Phys. – 2020. – V.12, №3. – P.03005-1 – 03005-4.

22. Buryk I.P., Holovnia A.O., Ivashchenko M.M., Odnodvorets L.V. Numerical Simulation of Field-effect Transistor GAA SiNWFET Parameters Based on Nanowires // J. Nano- Electron. Phys. – 2020. – V.12, №6. – P.06012-1 - 06012-4.

23. Проценко І.Ю., Однодворець Л.В., Непийко С.А., Шабельник Ю.М. Пристрій для одержання плівкових високоентропійних сплавів. Патент на корисну модель, №144388, зареєстрований 25.09.2020 р., МПК C23C 14/24 (2006,01).

24. Однодворець Л.В., Проценко І.Ю., Шабельник Ю.М., Шумакова Н.І. Чутливий елемент плівкового тензодатчика на основі високоентропійних сплавів. Патент на корисну модель. – 2020 (подана заявка на реєстрацію в Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент)).

25. Однодворець Л.В., Проценко І.Ю. Магніторезистивні властивості плівкових матеріалів електроніки з різною архітектурою / Modern Engineering Research: Topical problems, challenges and modernity (collective monograph). – 2020. – Prague: Czech Technical University. – P. 317 – 336.

26. Однодворець Л. В., Пазуха І. М. Матеріали і компоненти функціональної електроніки: навч.посібник. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 196 с.

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 92

**Мова звіту:** Українська

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Березняк Юлія Сергіївна

Клочок Владислав Сергійович

Кулак Аліна Сергіївна

Лободюк Олена Сергіївна

Однодворець Лариса Валентинівна (д. ф.-м. н., професор)

Подуремне Дмитро Васильович

Рилова Анастасія Костянтинівна

Салтиков Дмитро Ігорович

Степаненко Андрій Олександрович

Шпетний Ігор Олександрович (к. ф.-м. н., доц.)

Шумакова Наталія Іванівна (к. ф.-м. н.)

**Керівник організації:**

Васильєв Анатолій Васильович (к. т. н., професор)

**Керівники роботи:**

Проценко Іван Юхимович (д. ф.-м. н., професор)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності УкрІНТЕІ**

Юрченко Т.А.