

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0522U100002

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-01-2022

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Владимирський Ігор Анатолійович

2. Vladymyrskyi Igor A.

Кваліфікація: к. т. н., 05.16.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 01.04.07

Назва наукової спеціальності: Фізика твердого тіла

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 21-12-2021

Спеціальність за освітою: Магістр фізичного матеріалознавства (8.090101)

Місце роботи здобувача: 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

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 26.168.02

Повне найменування юридичної особи: Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417331

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, буд. 36, м. Київ, 03142, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної 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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.19

Тема дисертації:

1. Термодифузійні структурно-фазові зміни в гетерогенних системах на основі магнітних і немагнітних наночарів
2. Thermally-induced structural phase transitions in heterogeneous systems based on magnetic and nonmagnetic nanolayers

Реферат:

1. Робота присвячена експериментальному і теоретичному дослідженню термічно-індукованих процесів дифузії та впорядкування за різними кінетичними режимами та механізмами в гетерогенних плівкових композиціях Pt/Fe із різною конфігурацією додаткових наночарів магнітних (Mn, Tb), немагнітних (Ag, Au) і основних (Fe, Pt) елементів, а також встановленню температурних інтервалів стабільності магнітно-твердої фази L10-FePt з перспективними для наноелектроніки та спінтроніки властивостями. Виявлено, що закономірності фазоутворення та напрямки дифузійного потоку атомів Me у нанорозмірних системах Pt/Me/Fe (Me – Mn, Tb, Au) в інтервалі температур (0,3 – 0,5) Тпл термодинамічно визначаються співвідношенням ентальпій формування оксидів проміжного Me та Fe: метал проміжного шару з високою

спорідненістю до кисню сегрегує на зовнішній поверхні, метал з низькою спорідненістю до кисню – біля підкладки. За кореляцією електрорезистивних, магнітних та структурно-фазових характеристик визначено температуру Кюрі неупорядкованої фази A1-FePt та впорядкованої фази L10-FePt для плівкових систем Pt(15 нм)/Fe(15 нм) та Fe50Pt50(30 нм) і показано, що фактор нанорозмірності суттєво не впливає на температуру магнітного переходу, різниця між температурами Кюрі досліджуваних фаз у плівковому і масивному станах не перевищує ~3 %. Доведено можливість низькотемпературного формування кінетично стабільної магнітно-твердої фази L10-FePt у нанорозмірних плівкових композиціях Pt/Fe та Pt/Au/Fe за температур $\sim 0,2 T_{pl}$ за механізмом реакційної дифузії, індукованої рухом границь зерен; додавання проміжного шару Au до системи Pt/Fe обумовлює прискорення процесів взаємної дифузії атомів Pt та Fe, формування шару неупорядкованої фази A1-FePt після часткової «холодної» гомогенізації хімічного складу, впорядкування з утворенням фази L10-FePt, що дозволяє суттєво збільшити коерцитивну силу плівкового матеріалу. При цьому кінетика низькотемпературного впорядкування структури плівкових систем на основі Pt/Fe внаслідок додавання проміжного шару благородного металу залежить від характеру його взаємодії з основними компонентами: відсутність проміжних метастабільних фаз є додатковим фактором, що прискорює процес впорядкування; гомогенізації хімічного складу плівкових систем Pt/Me/Fe (Me – Au; Ag) із досягненням еквіатомної концентрації Fe50Pt50 за всією товщиною плівки та дальнього структурного порядку фази L10-FePt за умов кінетичного режиму зернограничної дифузії типу C не відбувається, але сформований структурно-фазовий стан забезпечує рівень магнітних характеристик, який відповідає високотемпературному інтервалу відпалу. Зміна конфігурації додаткових магнітних і немагнітних шарів з симетричної на асиметричну в нанорозмірних композиціях на основі Pt/Fe дозволяє не тільки прискорювати процес формування впорядкованої фази L10-FePt із підвищенням значення коерцитивної сили, але і створювати градієнтний розподіл магнітно-твердої і магнітно-м'якої фаз в одному об'ємі плівкового матеріалу. Комплексний підхід, який передбачає зміну атмосфери термічного впливу з нейтральної на водневмісну та збільшення кількості наночарів феромагнітного сплаву FePt і немагнітного Au з формуванням періодичної композиції [FePt/Au/FePt]_{2x}, дозволяє вдвічі збільшити коерцитивну силу порівняно із сплавом FePt, підвищити температуру рекристалізації, стабілізувати розмір зерен впорядкованої фази L10-FePt та поверхневу шорсткість плівкового матеріалу. Розвинуто модельні уявлення щодо розвитку дифузійних процесів у гетерогенних плівкових системах із різною конфігурацією магнітних і немагнітних наночарів за механізмами дифузійно-індукованої міграції границь зерен та реакційної дифузії, індукованої рухом границь зерен. Методом молекулярної динаміки проведено теоретичний аналіз процесу самодифузії Fe і Pt у впорядкованій фазі L10-FePt за об'ємним механізмом $T \sim (0,7 - 0,85) T_{pl}$, визначено кількісні параметри цього процесу і підтверджено його анізотропний характер; параметри самодифузії Fe визначено також експериментальним шляхом у плівковій епітаксильній системі із наночарами різного ізотопного складу – ⁵⁶Fe та ⁵⁷Fe; теоретичні та експериментальні результати підтверджують суттєвий внесок границь зерен до контрольованих дифузійних процесів фазоутворення в нанорозмірних матеріалах для усіх досліджених температурних інтервалів. Встановлені фізичні закономірності, розроблені модельні уявлення, а також визначені практично важливі характеристики створюють наукові основи керування у широких температурних інтервалах структурно-фазовими станами і фізичними властивостями гетерогенних плівкових систем із різною конфігурацією магнітних і немагнітних наночарів і представляють інтерес для розробки інноваційних технологій виробництва плівкових елементів і приладів наноелектроніки і спінтроніки.

2. The study is devoted to experimental and theoretical investigation of thermally induced diffusion and ordering via various kinetic mechanisms in heterogeneous thin film stacks based on Pt/Fe with additional nanolayers of magnetic (Mn, Tb), nonmagnetic (Ag, Au) and main (Fe, Pt) elements as well as to determination of temperature ranges of hard-magnetic L10-FePt phase stability. It is found that consistent pattern of phase formation and direction of Me atoms diffusion flux in nanosized Pt/Me/Fe systems (Me – Mn, Tb, Au) at temperatures up to $0.5 T_m$ are being thermodynamically determined by the ratio of oxides formation enthalpies of intermediate Me and Fe: metal of intermediate layer with high affinity to oxygen segregates on the outer surface, metal with low affinity

to oxygen – near the substrate. By the correlation of electroresistive, magnetic and structural phase characteristics, the Curie temperatures of the A1-FePt disordered phase and the L10-FePt ordered phase for film systems Pt(15 nm)/Fe(15 nm) and Fe50Pt50(30 nm) are defined. Also, it is shown that the nanoscale factor does not significantly affect the temperature of the magnetic transition, the difference between the Curie temperatures of the studied phases in film and bulk states does not exceed ~ 3%. The possibility of low-temperature formation of kinetically stable hard-magnetic L10-FePt phase in nanosized Pt/Fe and Pt/Au/Fe film compositions at temperatures of ~ 0.2 Tm by the mechanism of reaction diffusion induced by grain boundary motion is proved. Addition of the intermediate Au layer to the Pt/Fe system leads to acceleration of Pt and Fe atoms mutual diffusion, formation of A1-FePt disordered phase after partial "cold" homogenization of the chemical composition, ordering with L10-FePt phase formation, which allows to significantly increase coercivity. Wherein, kinetics of low-temperature ordering of Pt/Fe-based film systems, due to addition of an intermediate layer of noble metal, depends on the nature of its interaction with the main components: absence of intermediate metastable phases is an additional factor accelerating the ordering process; homogenization of chemical composition of Pt/Me/Fe film systems (Me – Au; Ag) with achievement of equiatomic concentration of Fe50Pt50 for entire film thickness and long-range structural order of L10-FePt phase under conditions of type C kinetic regime of grain boundary diffusion does not occur, but formed structural and phase state provides magnetic characteristics level that corresponds to the high-temperature annealing range. Change of additional magnetic and non-magnetic layers configuration from symmetric to asymmetric in nanosized Pt/Fe-based compositions allows not only to accelerate the process of L10-FePt ordered phase formation with increase of coercivity, but also to create a graded distribution of hard-magnetic and soft-magnetic phases in one volume of film material. A complex approach, which involves change of the thermal treatment atmosphere from neutral to hydrogenous one and increase of number of ferromagnetic FePt alloy and nonmagnetic Au nanolayers with the periodic [FePt/Au/FePt]_{2x} system formation, allows to double the coercivity compared to FePt alloy, raise the recrystallization temperature, stabilize both the grain size of the ordered L10-FePt phase and the surface roughness of the film material. Model ideas of diffusion processes development in heterogeneous film systems with different configurations of magnetic and nonmagnetic nanolayers by the mechanisms of diffusion-induced grain boundaries migration and reaction diffusion induced by the grain boundaries motion are developed. By means of molecular dynamics simulation, the process of Fe and Pt selfdiffusion in the ordered L10-FePt phase by the bulk mechanism was theoretically analyzed, the quantitative parameters of this process were determined, and its anisotropic nature was confirmed. Fe self-diffusion parameters were also determined experimentally in an epitaxial film system with nanolayers of different isotopic composition – ⁵⁶Fe and ⁵⁷Fe. Theoretical and experimental results confirm the significant contribution of grain boundaries to diffusion-controlled phase formation processes in nanoscale materials for all investigated temperature ranges. The established physical patterns, developed model representations, as well as defined practically important characteristics create scientific bases of management in wide temperature ranges of structural-phase states and physical properties of heterogeneous film systems with various configurations of magnetic and nonmagnetic nanolayers and are of interest for development of innovative technologies for film elements, nanoelectronics and spintronics devices production.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волошко Світлана Михайлівна

2. Voloshko Svitlana Myhaylivna

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волошко Світлана Михайлівна

2. Voloshko Svitlana Myhaylivna

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кладько Василь Петрович

2. Kladko Vasyl P.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Львов Віктор Анатолійович

2. Lvov Victor A.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кравець Анатолій Федорович

2. Kravets Anatolii F.

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Татаренко Валентин Андрійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Татаренко Валентин Андрійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Реєстратор

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



Юрченко Т.А.