

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Тищенка Костянтина Володимировича «Електромеханічні властивості плівкових матеріалів на основі магнітних металів», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Сучасний розвиток електронного приладобудування тісно пов'язаний із пошуком матеріалів, які забезпечують кращі робочі характеристики приладів. Плівкові системи на основі феромагнітних (Fe) та парамагнітних (Pt) або рідкоземельних (Gd) металів є перспективними об'єктами для спінтроники, магнітооптики та систем зберігання інформації. Сплави на основі Ni і Fe (пермалої) у масивному стані використовуються як матеріали елементів високоточних приладів (космічні телескопи, електронні мікроскопи, високостабільні джерела струму, тощо).

Відомо, що на робочі характеристики приладів значною мірою впливають зовнішні фактори (деформації, температура, електричні та магнітні поля). Знаючи характер та величину впливу таких факторів, можна спрогнозувати поведінку приладу у конкретних зовнішніх умовах та досягти високої стабільності робочих характеристик. Також відомо, що на фізичні властивості тонких плівок значною мірою впливають розмірні та концентраційні ефекти. Враховуючи цей факт, можна отримувати плівкові матеріали із наперед заданими властивостями.

На теперішній час досить добре вивчені магнітні властивості плівкових систем на основі Fe і Pt та Fe і Gd. В той же час залишаються не вивченими їх електромеханічні властивості та вплив на них структурно-фазового стану. Механічні властивості сплавів на основі Fe і Ni у масивному стані вивчені досить детально. Відомі літературні дані стосовно дослідження їх механічних властивостей (мікротвердість, модуль пружності) у товстоплівковому стані ($d > 1$ мкм). Однак дослідження електромеханічних властивостей сплавів Fe_xNi_{1-x} у тонких плівках не проводилися.

Із вищенаведеного витікає доцільність комплексного дослідження електромеханічних властивостей дво- і багат шарових плівок на основі Fe і Pt та Fe і Gd, а також плівкових сплавів на основі Ni і Fe та впливу на них структурно-фазового стану і умов отримання. Важливим завданням є пояснення нелінійних ефектів, які виникають при дослідженні електромеханічних властивостей тонких плівок, а також реалізації аномально малих значень коефіцієнта тензочутливості.



2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота Тищенка К.В. виконана на кафедрі прикладної фізики Сумського державного університету в рамках держбюджетних тем: «Фазовий склад, електро- і магніторезистивні властивості плівкових матеріалів із спін-залежним розсіюванням електронів» (2009–2011 рр.), № 0109U001387; «Електрофізичні і магніторезистивні властивості нанорозмірних плівкових матеріалів із спін-залежним розсіюванням електронів» (2012–2014 рр.), № 0112U001381; «Вплив фізичних процесів на властивості спін-вентильних структур на основі плівок Fe, Co та Ag, Au, Cu і магнітних наночастинок» (2016-2018 рр.)» № 0116U002623; «Термостабільні металеві спіноклапани для реалізації спінових каналів в компонентах гнучкої сенсорної електроніки» (2017-2020) № 0117U003925; спільного проекту науково-технічного співробітництва «Фазові перетворення, дифузійні процеси і магніторезистивні властивості мультишарів на основі Fe і Pd, Pt або Ag» (2013–2014 рр.), № М/362–2012 від 20.05.2012 р. між СумДУ та Університетом Барода (м. Ваходара, Індія).

3. Структура і зміст дисертації.

Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел із 164 найменувань на 18 сторінках. Дисертацію викладено на 150 сторінках, із них 108 сторінок основного тексту; робота містить 53 рисунки і 4 таблиці, зокрема 41 рисунок і 2 таблиці на 28 окремих аркушах.

4. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Вірогідність та обґрунтованість отриманих автором експериментальних даних підтверджена комплексом застосованих сучасних апробованих методів дослідження властивостей металевих багатошарових плівок, які були отримані методами термічного та електронно-променевого випаровування, зокрема: резистометрії отриманих плівок, енергодисперсійного мікроаналізу, електронної мікроскопії та електронографії, дослідженнями електромеханічних властивостей за допомогою автоматизованої системи управління експериментом і дослідженнями механічних властивостей методом Стоні.

5. Наукова новизна дисертаційної роботи.

Наукову новизну результатів, отриманих у дисертаційній роботі, можна визначити за декількома аспектами:

1. Вперше досліджено електромеханічні властивості тонких плівок на основі Fe і Gd та Fe і Pt та плівкових сплавів Fe_xNi_{1-x} . Показано, що на залежностях диференціального коефіцієнта тензочутливості від деформації проявляється локальний пік, проведений аналіз його природи; встановлено, що його поява викликана нелінійною за деформацією зміною опору у плівках.

2. Встановлено взаємозв'язок між структурно-фазовим станом плівок і їх електромеханічними властивостями. Показано, що зменшення розмірів зерен призводить до зсуву межі переходу від пружної до пластичної деформації (ϵ_{ln}) в сторону менших деформацій.

3. На основі експериментальних даних вперше побудовано розмірно-концентраційні залежності коефіцієнта повздовжньої тензочутливості γ_l і межі переходу між типами деформації для дво- та тришарових плівок на основі Fe і Gd, а також плівкових сплавів Fe_xNi_{1-x} .

4. В рамках напівфеноменологічного підходу, вперше враховані та пояснені причини і закономірності появи нелінійних ефектів у електромеханічних властивостях багатошарових тонких плівок; запропоновано модель, яка описує реалізацію таких ефектів у плівкових матеріалах.

5. Запропоновано пояснення реалізації аномально малих значень коефіцієнта γ_l (до 3-х одиниць) у тонких плівках.

5. Повнота викладу наукових положень дисертаційної роботи.

Результати дисертації опубліковані у 23 працях, серед яких 9 статей у фахових наукових журналах, 3 статті у матеріалах конференцій і 11 тез доповідей. Основні наукові та практичні результати роботи оприлюднені та обговорені на таких конференціях: Міжнародній науковій конференції «Моделювання-2010» (Київ, 2010 р.); 8-й Міжнародній конференції «International Conference on electronic processes in organic and inorganic materials» (Київ, 2010 р.); 2-й Міжнародній конференції «Сучасні проблеми фізики конденсованого стану» (Київ, 2010 р.); 13-й Міжнародній конференції «Physics and technology of thin films and nanosystems» (Івано-Франківськ, 2011 р.); науково-технічних конференціях «Фізика, електроніка, електротехніка» (м. Суми, 2010–2018 рр.); міжнародних конференціях студентів і молодих науковців із теоретичної та експериментальної фізики «ЄВРИКА» (м. Львів, 2010–2012, 2014 рр.); міжнародних конференціях «Nanomaterials: Applications and Properties» (м. Алушта, 2012, 2013 рр.).

6. Практичне значення отриманих результатів.

Отримані в ході проведення експериментальних досліджень результати поглиблюють розуміння фізичних процесів, які відбуваються при механічному впливі на тонкі плівки, що дає змогу точніше прогнозувати робочі характеристики датчиків деформації. Пояснення аномально малих значень коефіцієнта тензочутливості γ_1 , які мають місце при дослідженні електромеханічних властивостей тонких плівок, дає глибші уявлення про природу пьезоефекту. Розроблена система одночасного дослідження електромеханічних властивостей декількох тонкоплівкових зразків дозволяє встановити вплив кожного з шарів на електромеханічні властивості багатошарових плівок.

7. Зауваження та коментарі.

Загальні зауваження:

- 1) в дисертації наявна значна кількість граматичних і пунктуаційних помилок, помилок в оформленні окремих елементів роботи; (див. зміст, нумерації рисунків, тощо); деякі визначення приведені некоректно або зустрічаються різні варіанти написання одного і того самого терміну (здви́г – зсув – зміщення, решітка - гратка, тощо.)
- 2) до недоліків роботи слід віднести відсутність списку умовних позначень і скорочень перед основним текстом роботи, оскільки, згідно чинних вимог до оформлення дисертаційної роботи, умовні позначення слід розшифровувати не тільки при їх першій появі в тексті, а ще й винести окремим списком, якщо позначення зустрічається в роботі більше двох разів;
- 3) підписи на деяких рисунках не приведені до одного стилю оформлення: наприклад, зустрічаються підписи на різних мовах до однакових координатних осей на різних рисунках (див. рис. 4.8 та рис. 4.12);

Вступ.

Зауваження відсутні.

Розділ 1.

Зауваження відсутні

Розділ 2.

- 1) на стор. 44: слід зазначити, як саме розраховувалася середня швидкість конденсації в експерименті, яка є вхідним параметром для моделі прогнозування часу для превентивного припинення процесу осадження покриття;

- 2) на стор. 45-46 слід конкретизувати, за допомогою якого саме методу напилення у вакуумі виконувалося формування контактних зон; також слід вказати, чи впливає спосіб нанесення контактних зон на їх характеристики і точність отриманих результатів.

Розділ 3.

- 1) на стор. 67, в розділі 3.1.1 слід було б зазначити, чому досліджувалася двохшарова система Fe/Pt зі змінною товщиною тільки шару Fe, але не досліджувалася та ж зі змінною товщиною шару Pt;
- 2) стор. 70: на початку розділу 3.1.2 слід було б пояснити, чи є шари в системі Gd/Fe достатньо товстими або тонкими відносно один до одного, або в порівнянні з якимось конкретним характерним розмірним параметром;

Розділ 4.

- 1) не пронумерована формула на стор. 86;

Розділ 5.

Зауваження відсутні.

Висновки.

Зауваження відсутні.

Побажання.

Частину розділу 3.5 (а саме – стор. 78) доречніше було б винести у відповідну частину Розділу 2, оскільки саме цей розділ присвячений саме методикам проведення експериментів і розрахунків, а безпосередньо результати досліджень, в свою чергу, слід було б перенести у відповідні частини Розділу 3.

Однак, наведені недоліки не знижують цінності одержаних в дисертаційній роботі результатів, не ставлять під сумнів достовірність і обґрунтованість основних положень, що виносяться на захист і не впливають визначальним чином на загальну позитивну оцінку роботи.

8. Загальні висновки по роботі.

В цілому, вважаю що дисертаційна робота Тищенка К.В. являє собою цілеспрямоване завершене експериментальне дослідження, виконане на високому науковому рівні та представляє інтерес як в науковому, так і в практичному відношенні. В дисертаційній роботі вирішена науково-технічна задача, яка полягає в комплексному дослідженні електромеханічних властивостей дво- і тришарових металевих плівок і плівкових сплавів на основі Fe і Pt, Gd або Ni, встановленні взаємозв'язку між структурно-

фазовим станом досліджуваних систем та їх електромеханічними властивостями, а також поясненні фізичних ефектів, які виникають у системах в області пружної, квазіпружної і пластичної деформації. Отримані у ході експериментальних досліджень результати поглиблюють розуміння фізичних процесів, які відбуваються при механічному впливі на тонкі плівки, що дає змогу точніше прогнозувати робочі характеристики плівкових датчиків. Пояснення аномально малих значень коефіцієнта тензочутливості які мають місце при дослідженні електромеханічних властивостей тонких плівок, дає глибші уявлення про природу тензоефекту. Розроблена система одночасного дослідження електромеханічних властивостей декількох тонкоплівкових зразків дозволяє встановити вплив кожного з шарів на електромеханічні властивості багат шарових плівок.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, у якому викладені мета і задачі дослідження, наукова новизна отриманих результатів, методики досліджень, основні результати та висновки. Автореферат оформлений відповідним чином.

Висновок.

Дисертаційна робота Тищенка Костянтина Володимировича «Електромеханічні властивості плівкових матеріалів на основі магнітних металів» за актуальністю, ступенем обґрунтованості наукових положень, експериментальною та практичною цінністю, обсягом і рівнем одержаних результатів, повнотою їх викладення в опублікованих працях і за висновками повністю відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013), зокрема, його пп. 9, 11, 12, а також вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій а здобувач Тищенко Костянтин Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,
професор кафедри матеріалів
реакторобудування і фізичних технологій
фізико-технічного факультету
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна МОН України,
доктор технічних наук, професор

В.М. Береснев

Підпис, проф. В.М. Береснева засвідчую

