

ВИСНОВОК

рецензентів про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи Шумакової Марини Олегівни «Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали

1. Актуальність теми дослідження

Розвиток тонкоплівкових технологій та широке застосування нанорозмірних матеріалів у сенсорній техніці, мікро- та наноелектроніці, стимулюють нові дослідження їх фізичних властивостей, спрямовані на вирішення багатьох задач прикладного характеру. Сучасні дослідження спрямовані на вивчення розмірних явищ в електрофізичних і магніторезистивних властивостях, які взагалі не реалізуються або слабо виражені у масивних зразках, пов'язаних з особливостями протікання дифузійних та термодинамічних процесів. При формуванні тонкоплівкових систем на основі феромагнітних і благородних металів, можливою стає реалізація процесу спін-залежного розсіювання носіїв заряду, що спричиняє появу ефекту гігантського магнітоопору (ГМО). У випадку, коли в плівковій системі відбувається формування гранульованого стану (тобто в об'ємі парамагнітної матриці відбувається формуються ізольовані феромагнітні гранули), реалізація ефекту ГМО буде мати свої особливості. На величину ГМО будуть впливати концентрація феро- та парамагнітної компонент, загальна товщина плівкової системи, розмір феромагнітних гранул, а також умови отримання та термообробки. Очевидним також стає і той факт, що електрофізичні властивості таких систем (питомий опір і термічний коефіцієнт опору) також будуть мати свої особливості.

На сьогоднішній день існує велика кількість експериментальних та теоретичних робіт, стосовно магнітних та магніторезистивних властивостей гранульованих плівкових сплавів. Зокрема, були встановлено, у залежності від розміру гранул вони можуть знаходитися у трьох магнітних станах (суперпарамагнітному, одно- та багатодоменному), реалізація кожного з яких по різному впливає на ефективність спін-залежного розсіювання і, як наслідок, на величину і характер магніторезистивних ефектів. У той же час дослідження електрофізичних властивостей плівкових систем, в яких відбувається утворення гранульованих твердих розчинів, в широкому діапазоні концентрації та товщин все ще залишається епізодичним. При цьому, поза увагою дослідників, залишилося питання, пов'язане із деградацією тонких плівок, яка відбувається у результаті релаксації внутрішніх мікронапружень у плівці та хімічній взаємодії із іногородними атомами газів, які попадають в плівку в процесі конденсації та термообробки. Комплексне ж дослідження електрофізичних та магніторезистивних властивостей плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів є актуальною проблемою сучасного наноматеріалознавства як у прикладному, так і фундаментальному аспектах.

2. Найсуттєвіші результати дисертації, їх достовірність і новизна; значення для теорії і практики

У результаті проведеного дослідження дисертантом отримані такі нові результати:

- уперше експериментально виміряна концентрація легких атомів (O, C, N) у гранульованих плівкових сплавах, які отримувалися на загальноприйнятих підкладках SiO_x/Si ; було встановлено, що концентрації мають такі величини: 2 ат.% (атоми O), менше 1 ат.% (атоми C) і близько 0 ат.% (атоми N).;

- установлено, що легких атомів (O, C, N) приймають участь у заліковуванні дефектів типу вакансійних комплексів і не впливають на електрофізичні та магніторезистивні властивості;

- вперше запропоновано теоретичну напівкласичну модель для магнітного коефіцієнту слабкорозбавлених твердих розчинів, яка коректно враховує залежність від магнітного поля не тільки середньої довжини вільного пробігу електронів, але і коефіцієнтів дзеркальності проходження межі зерен та інтерфейсів;

- на основі розрахункових даних встановлена фізична причина реалізації відносно малих значень термічного коефіцієнту опору аномально малих значень гігантського магнітоопору.

Результати проведених у роботі систематичних досліджень структурно-фазового стану, елементного складу, електрофізичних і магніторезистивних властивостей плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів дозволяють установити фізичні причини відносно малих і аномально малих величин термічного коефіцієнту опору і гігантського магнітоопору та відкриває можливість формувати структури з прогнозованими електрофізичними і магніторезистивними властивостями.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі на базі Сумського державного університету при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Прилади та методи дослідження плівкових матеріалів».

3. Відповідність дисертації зазначеній спеціальності

Дисертаційна робота Шумакової М.О. відповідає спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали, оскільки присвячена експериментальному і теоретичному вивченню особливостей електротранспорту при зміні температури і зовнішнього магнітного поля в нанорозмірних плівкових матеріалах у вигляді обмежених твердих розчинів атомів Fe або Co у ГЦК решітках Ag або Au. Дисертаційна робота виконана на кафедрі електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету в рамках бюджетної тематики: «Вплив процесів глобалізації і спін-залежного розсіювання електронів на фізичні властивості плівкових твердих розчинів» (2015-2017 рр.) №0115U000689; «Термостабільні металеві спін-клапани для реалізації спінових клапанів в компонентах гнучкої сенсорної електроніки» (2017-2020 рр.) №0117U003925; «Магніторезистивні та магнітооптичні властивості композитних матеріалів з впровадженими наночастинками» (2019-2021 рр.) №0119U100777. Окрім того, роботу було підтримано Грантом Польської академії наук для участі у роботі LIX

Школи з фізики (м. Закопане, 2019).

4. Кількість публікацій та повнота опублікування результатів дослідження

Основні матеріали дисертації Шумакової М.О. достатньо повно відображені у 14 публікаціях: 7 статтях, в т.ч. 5 статтях у періодичних фахових наукових журналах, які індексуються БД Scopus, та 7 тезах у матеріалах міжнародних і всеукраїнських конференцій, що відповідає вимогам Наказу МОН «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23.09.2019 р. № 1220.

1. Electrophysical properties of granular film alloys/ Koltunowicz T. N., Bondariev V., Odnodvoret L.V., Protsenko S.I., **Shumakova M.**, Tkach O.P.// Vacuum. – 2019. – V. 164. – P. 165-169.
2. Physical properties of film alloys based on ferromagnetic and noble metals (Review). I. Film materials based on Fe and Ag or Au /Odnodvoret L.V., Protsenko I.Yu., Shabelnyk Yu.M., **Shumakova M.O.**, Tkach O.P. // J.Nano- Electron. Phys. – 2016. – V.8, No 3. – P. 03034-1 – 03034-11.
3. Physical P-roperities of Film Alloys Based on Ferromaagnetic and Noble Metals (review). II. Film Materials Based on Co and Ag or Au /Cheshko I.V., Odnodvoret L.V., Protsenko I.Yu., **Shumakova M.O.**, Tkach O.P. // J.Nano- Electron. Phys. – 2016. – V.8, No 4. – P. 04028-1 – 04028-7.
4. The contribution to the scattering of electrons in the magnetoresistance of multilayers of nonmagnetic vetals /Protsenko I.Yu., Odnodvoret L.V., Protsenko S.I., **Shumakova M.O.** //Probl. Atomic Sci. Technol. – 2016. – No1 (101). – P. 121-123.
5. The concentration anomaly of strain coefficient binary film system based on Au and Fe atoms/ Pylypenko O.V., Odnodvoret L.V., **Shumakova M.O.**, Protsenko I.Yu. //Probl. Atomic Sci. Technol. – 2016. – No 5 (105). – P. 131-135.
6. **Shumakova M.O.**, Rylova A.K. On the possible cause of abnormally small GMR in granular film alloys// Матеріали міжнародної конференції ФЕЕ-2020. – Суми: СумДУ, 2020.
7. **Shumakova M.**, Odnodvoret L.V. Electrophysical Properties of Granular Film Alloys as Elements of Sensor Electronics//LIV Zakopane School of Physics International Symposium (Zakopane, Poland, May 21-25, 2019). – Zakopane, 2019.
8. **Shumakova M.**, Odnodvoret L.V. Electrophysical Properties of Granular Film Alloys as Elements of Electronics // Proceedings of 9th International Conference “Nanomaterials: Applications and Properties-2019” (Zatoka, Odesa region, Ukraine, Septembe 15-20, 2019). – Sumy: Sumy State University. – 2019.
9. Approbation of the Semiphenomenological Model for Magnetoresistance of Films Based on Magnetic and Noble Metals/ **Shumakova M.O.**, Odnodvoret L.V., Protsenko S.I., Rylova A.K. // XVII International Freik Conference on physics and technology of thin films and nanosystems. (Ivano-Frankivsk, May 20-25, 2019). - Ivano-Frankivsk, 2019. – P. 265.
10. **Shumakova M.**, Odnodvoret L.V., Protsenko I.Yu./ Physical Properties of Film Alloys Based on Ferromagnetic and Noble Metal //International Research and Practice Conference «Nanotechnology and Nanomaterials NANO-2016». – Lviv: LNU, 2016. – P. 83.

11. **Шумакова М.О.**, Однодворець Л.В., Проценко І.Ю. Метод формування плівкових матеріалів із спін-залежним розсіюваннм електронів//Тези доповідей «Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «ЄВРИКА-2014». – Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2014. – С.151.
12. Temperature and concentration dependences of anisotropic magnetoresistance film materials/ Protsenko S.I., Hrychanovs'ka O.A., Odnodvoretz L.V., Protsenko I.Yu, **Shumakova M.O.** // Proceedings of 5th International Conference “Nanomaterials: Applications and Properties-2015”. – 2015. – V. 4, No 1. – P. 0100-1–0100-2 (2015).
13. Features strain properties anomalous small of strain coefficient/ Protsenko I.Yu, Tyschenko K.V., Odnodvoretz L.V., **Shumakova M.O.** //J. Mech. Eng. Technol. – 2013. – V. 1, No 1. – P. 34-39.
14. Strain Effect on Magneto-optical and Magnetic Properties of Film System Based on Fe and Pt/ Cheshko I.V., Makukha Z.M., Odnodvoretz L.V., **Shumakova M.O.**, Velykodnyi D.V., Protsenko I.Yu. // Universal J. Mater. Sci. – 2013. – No 1(2). – P. 13-17.

5. Висновок

Вважати, що подана дисертація Шумакової Марини Олегівни на тему «Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів» за своїм науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, практичним значенням, обсягом і оформленням повністю відповідає вимогам, передбачених п.10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 року щодо дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

Рецензенти

Доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, доктор фізико-математичних наук, доцент



Ю.О. Шкурдода

Доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, кандидат фізико-математичних наук, доцент



І.М. Пазуха