

УДК 539.216.2:661.685

DOI: 10.20535/1810-0546.2016.5.74328

А.Ю. Черниш, О.В. Фігурна, І.А. Владимирський, Ю.М. Макогон
НТУУ "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

ВПЛИВ АТМОСФЕРИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ І ФАЗОВОГО СКЛАДУ ПЛІВКОВИХ КОМПОЗИЦІЙ FePt/Cu/FePt

Background. FePt based nanoscale films compositions with an ordered hard magnetic $L1_0$ -FePt phase provide a perspective material for ultrahigh-density magnetic recording. An ordered $L1_0$ -FePt phase is formed from a disordered $A1$ -FePt phase during high-temperature annealing or films deposition on a heated substrate. However for practical application of these materials it is necessary to reduce the formation temperature of $L1_0$ -FePt phase, and also to get preferred grain orientation structure.

Objective. The investigation of the annealing atmosphere influence on the formation of structural and phase compositions in FePt films with Cu intermediate layer.

Methods. Film compositions were obtained by magnetron sputtering, structure before and after heat treatment was investigated by X-ray diffraction methods.

Results. Using X-ray phase analysis it was found that regardless of the annealing atmosphere composition of in FePt(15 nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm) nanoscale film composition the phase transformation $A1$ -FePt \rightarrow $L1_0$ -FePtCu starts during heat treatment at temperature of 773 K. With a rise of annealing temperature up to 973 K the ordering degree of the ternary $L1_0$ -FePtCu phase increases.

Conclusions. It is established that annealing of FePt(15 nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm) film compositions at 973–1073 K temperature range in Ar and N_2 atmospheres leads to preferred texture formation of $L1_0$ -FePtCu phase with preferred grain orientation in 001 direction. High temperature thermal treatment of FePt(15 nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm) film compositions in Ar and N_2 atmospheres leads to a sharp growth of grains.

Keywords: magnetic recording; nanoscale films compositions; FePt; phase transformations.

Вступ

Нанорозмірні плівкові композиції на основі FePt з упорядкованою магнітотвердою фазою $L1_0$ -FePt є перспективним матеріалом для використання як носія надщільного магнітного запису. Характерними для фази $L1_0$ -FePt є високі намагніченість насичення, константа магнітокристалічної анізотропії та коерцитивна сила [1–7], що своєю чергою і забезпечує можливість досягнення надвисокої щільності запису та стабільності зберігання інформації. Упорядкована фаза $L1_0$ -FePt формується з невпорядкованої фази $A1$ -FePt при проведенні термічної обробки за підвищених температур або при осадженні плівки на нагріті підкладки. Однак високотемпературний відпал призводить до збільшення розміру зерен і не може бути використаний при промисловому впровадженні цих матеріалів. Припускається, що зниження температури впорядкування в плівках на основі FePt можна досягти введенням додаткових шарів легувальних елементів, таких як Au, Ag, Cu [8–14]. Напружений стан, що виникає на межах розділу між шарами плівкових композицій через невідповідність параметрів їх кристалічних ґраток і температурних коефіцієнтів лінійного розши-

рення може виступати екстраушійною силою для перебігу процесу впорядкування.

Відомо, що введення додаткового шару Cu у плівкові композиції з шарами сплаву FePt може приводити до зменшення температури утворення впорядкованої фази $L1_0$ -FePt. У результаті перебігу термічно індукованих дифузійних процесів атоми Cu заміщують атоми Fe у ґратці FePt й утворюють потрібну фазу FePtCu [13–18]. Окрім того, додавання Cu [13–15] у плівкові композиції на основі FePt, а також термічна обробка в атмосферах N_2 і Ar [19] може сприяти формуванню вираженої зеренної текстури [001], що дає змогу використовувати ці матеріали при технології перпендикулярного магнітного запису.

Однак закономірності впливу додаткових шарів Cu і вплив фізико-технологічних параметрів термічної обробки (температури, тривалості, складу атмосфери) на формування структурно-фазових станів нанорозмірних плівкових композицій на основі FePt не можна вважати такими, що встановлені повною мірою.

Постановка задачі

Метою роботи є дослідження впливу атмосфери відпалу на формування структурно-

фазових станів пліткових композицій на основі FePt з проміжним шаром Cu.

Об'єкти і методики дослідження

Об'єктом дослідження є плівкові композиції Fe₅₀Pt₅₀(15 нм)/Cu(15 нм)/Fe₅₀Pt₅₀(15 нм), отримані методом магнетронного осадження на підкладки термічно окисненого монокристалічного кремнію SiO₂(100нм)/Si(001) за кімнатної температури. Товщина осадженого шару визначалася за допомогою кварцового резонатора і верифікувалася методом рентгенівської рефлектометрії. Похибка визначення товщини шарів плівкової композиції становила ±1 нм.

Термічна обробка зразків проводилася методом швидкісного термічного відпалу в атмосферах проточних Ar і N₂. Як нагрів використовувався світловий потік – 4 кварцові лампи потужністю 2 кВт кожна. Для відпалу зразків вибрано інтервал температур 673–1173 К. Витримка і швидкість нагріву становили 30 с і 10 К/с відповідно. Швидкість циркуляції Ar та N₂ при відпалах становила 0,2 л/хв.

Рентгенографічні дослідження фазового складу та параметрів кристалічної структури зразків виконувались за допомогою дифрактометрів

Ultima IV (Rigaku) з використанням сцинтиляційного лічильника та Bruker D8 Discover з використанням двовимірної детектора. В обох випадках зйомку проводили у випромінюванні мідного анода Cu K_α (λ = 1,54178 Å).

Результати і їх обговорення

Результати дифрактометричного аналізу пліткових композицій FePt/Cu(15 нм)/FePt після осадження і відпалів у температурному інтервалі 773–1173 К протягом 30 с в обох досліджуваних атмосферах показано на рис. 1. Після осадження в структурі шарів FePt досліджуваних пліткових композицій формується невпорядкована фаза A1-FePt з гранецетрованою кубічною кристалічною ґраткою, про що свідчить наявність на дифрактограмах рефлексу (111), характерного для фази A1-FePt. Початок процесу впорядкування незалежно від складу атмосфери термічної обробки зафіксовано після відпалу за температури 773 К, про що свідчить поява на дифрактограмах малого за інтенсивністю надструктурного рефлексу (001) від потрібної фази L₁₀-FePtCu. Утворення потрібної фази L₁₀-FePtCu у цій плівковій композиції можна пов'язати з дифузією міді в ґратку FePt, у якій вона займає

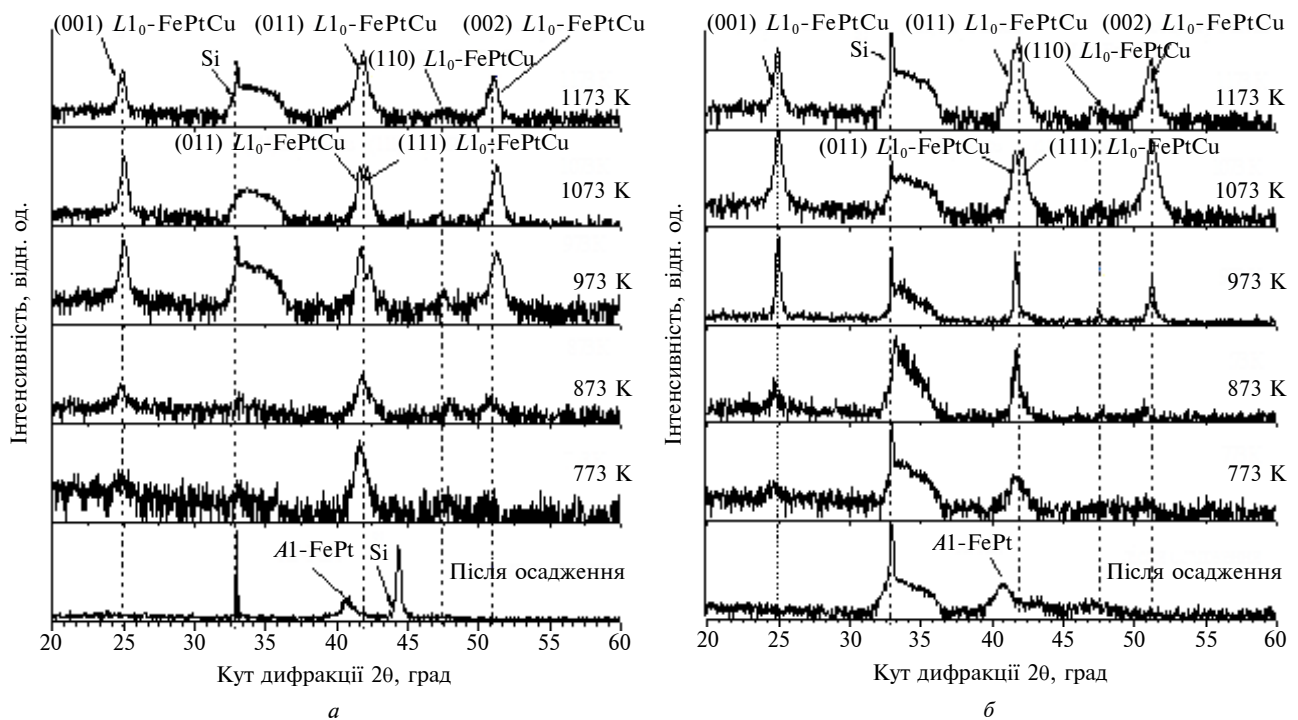


Рис. 1. Дифрактограми пліткових композицій FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) після осадження та відпалів у атмосферах Ar (а) та N₂ (б) у температурному інтервалі 773–1173 К

місця заліза [12]. Після відпалу за температури 873 К на дифрактограмах з'являються структурні рефлекси (110) і (002), що є додатковим підтвердженням переходу кубічної структури неупорядкованої фази $L1$ -FePt у тетрагональну структуру впорядкованої потрійної фази $L1_0$ -FePtCu. Можна бачити, що в температурному інтервалі від 973 до 1073 К незалежно від атмосфери відпалу рефлекс від потрійної фази розщеплюється на два – (011) і (111) $L1_0$ -FePtCu, що також свідчить про відхилення від кубічної симетрії потрійної сполуки. З підвищенням температури до 1173 К розщеплення рефлексу від потрійної фази $L1_0$ -FePtCu зникає, що пов'язано з розчиненням міді в ґратці.

Результати рентгеноструктурного фазового аналізу з використанням двовимірного детектора дали можливість виявити закономірності формування текстури в плівкових композиціях FePt/Cu/FePt при відпалах в атмосферах N_2 і Ar. Можна бачити, що з підвищенням температури термічної обробки від 973 до 1173 К інтенсивність рефлексів (001) і (011) від потрійної фази $L1_0$ -FePtCu стає більш нерівномірно розподіленою за дифракційними кінцями, що свідчить про формування текстури з переважною орієнтацією зерен фази $L1_0$ -FePtCu у відповідних напрямках (рис. 2).

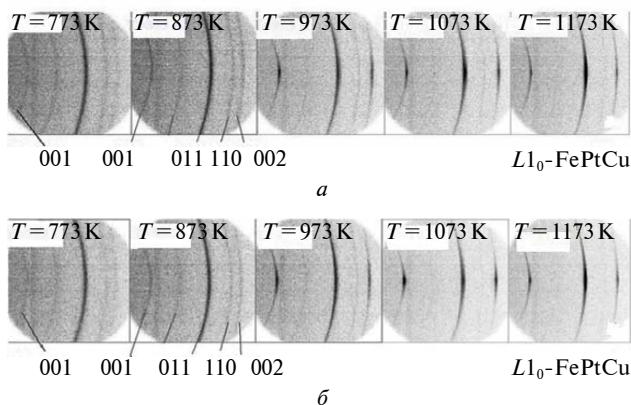


Рис. 2. Рентгенограми плівкових композицій FePt(15nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm) після відпалів у атмосферах Ar (а) і N_2 (б) у температурному інтервалі 773–1173 К

За даними дифрактометричного аналізу розраховано параметри кристалічної структури a , c потрійної фази $L1_0$ -FePtCu і побудовано залежності ступеня тетрагональності c/a від температури відпалу в обох атмосферах. Можна бачити (рис. 3), що у цих плівкових композиціях після високотемпературних відпалів (773–1173 К) в атмосферах Ar і N_2 значення ступеня тетрагональності c/a збільшується. Тобто варіювання

складу атмосфери термічної обробки не впливає на ступінь упорядкування структури нанорозмірних плівкових композицій на основі FePt з проміжним шаром Cu.

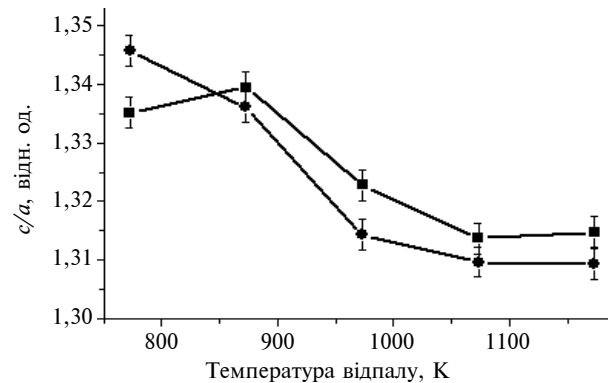


Рис. 3. Залежність відношення параметрів c/a кристалічної ґратки фази $L1_0$ -FePtCu плівкових композицій FePt(15 nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm) від температури: ■ – N_2 ; ● – Ar

Для дослідження процесів орієнтаційного росту зерен плівкових композицій у напрямку, перпендикулярному до поверхні зразка, побудована залежність співвідношення інтенсивностей рефлексів (001) і (011) від фази $L1_0$ -FePtCu від температури відпалу в обох досліджуваних атмосферах (рис. 4). Можна бачити, що на обох кривих спостерігаються максимальні значення цього відношення, які відповідають найбільшій кількості зерен з орієнтацією [001]. При термічній обробці в атмосфері Ar зазначений максимум спостерігається після відпалу за температури 973 К, а в атмосфері N_2 – 1073 К. Збільшення температури відпалу в обох випадках призводить до зменшення цього відношення – розорієнтація переважної орієнтації зерен при їх росту.

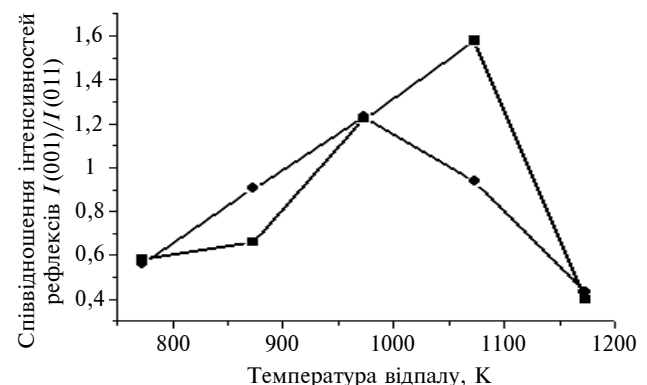


Рис. 4. Залежність співвідношення інтенсивностей структурних рефлексів (001) і (011) від фази $L1_0$ -FePtCu плівкових композицій FePt(15 nm)/Cu(15 nm)/FePt(15 nm): ■ – N_2 ; ● – Ar

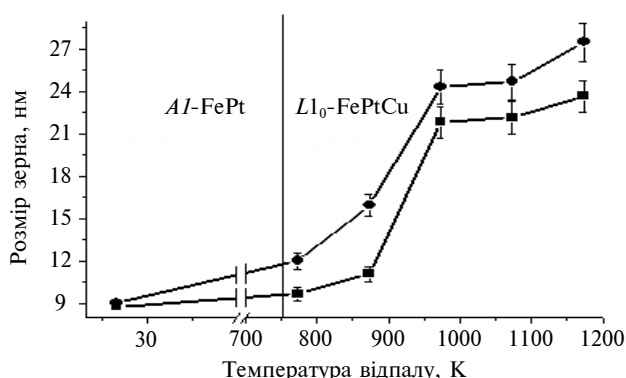


Рис. 5. Залежність розміру зерен фази $L1_0$ -FePtCu плівкових композицій FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) від температури відпалу в атмосферах Ar і N_2 : —■— N_2 , —●— Ar

За рівнянням Дебая–Шеррера розраховано розмір зерен (розмір областей когерентного розсіювання) фази $L1_0$ -FePtCu плівкових композицій FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) після відпалів у температурному інтервалі 773–1173 К в атмосферах Ar і N_2 . З рис. 5 можна бачити, що незалежно від складу атмосфери термічної обробки підвищення температури відпалу від 773 до 1173 К призводить до збільшення розміру зерен. Значення розміру зерен для плівкової композиції після відпалу за темпера-

тури 1173 К в атмосфері Ar становить 27,4 нм, у той час як у плівковій композиції, відпаленій за тієї ж температури в атмосфері N_2 , – 22 нм.

Висновки

Досліджено вплив атмосфери відпалу на формування структурно-фазових станів та орієнтаційний ріст зерен у нанорозмірних плівкових композиціях на основі сплаву FePt з проміжним шаром Cu. Встановлено, що в нанорозмірній плівковій композиції FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) незалежно від складу атмосфери відпалу фазове перетворення $A1 \rightarrow L1_0$ -FePtCu починається при термічній обробці за температури 773 К. З підвищенням температури відпалу до 973 К збільшується ступінь упорядкування фази $L1_0$ -FePtCu. Виявлено, що відпали в інтервалі температур 973–1073 К в атмосферах Ar і N_2 плівкових композицій FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) приводять до формування текстури потрібної фази $L1_0$ -FePtCu з переважною орієнтацією її зерен у напрямку [001].

У подальшому планується дослідити магнітні властивості плівкових композицій на основі FePt з проміжним шаром Cu після термічної обробки в досліджуваних атмосферах.

Список літератури

1. Albrecht M., Brombacher C. Rapid thermal annealing of FePt thin films // *Physica Status Solidi (a)*. – 2013. – **210**, № 7. – P. 1272–1281.
2. Structural and magnetic properties of annealed FePt/Ag/FePt thin films / O.P. Pavlova, T.I. Verbitska, I.A. Vladymyrskyi et al. // *Appl. Surf. Sci.* – 2013. – **266**. – P. 100–104.
3. Magnetic properties and magnetization reversal process of $L1_0$ FePt/Fe bilayers magnetic thin films / L. Liu, W. Sheng, J. Bai et al. // *Appl. Surf. Sci.* – 2012. – **258**, № 20. – P. 8124–8127.
4. Utsumiya K., Seki T., Takahashi K. Magnetic properties of $L1_0$ -FePt/permalloy exchange-spring films // *J. Appl. Phys.* – 2011. – **110**, № 10. – P. 103911.
5. Promotion of [001]-oriented $L1_0$ -FePt by rapid thermal annealing with light absorption layer / L.W. Wang, W.C. Shih, Y.C. Wu, C.H. Lai // *Appl. Phys. Lett.* – 2012. – **101**, № 25. – P. 252403.
6. Structure and magnetic properties of $L1_0$ -ordered Fe–Pt alloys and nanoparticles / J. Lyubina, B. Rellinghaus, O. Gutfleisch, M. Albrecht // *Handbook of Magnetic Materials*. – 2011. – **19**. – P. 292–365.
7. Effect of addition of N on $L1_0$ transformation and atomic diffusion in FePt films / V. Phatak, A. Gupta, V.R. Reddy et al. // *Acta Materialia*. – 2010. – **58**, № 3. – P. 979–988.
8. $L1_0$ ordering and microstructure of FePt thin films with Cu, Ag, and Au additive / C.L. Platt, K.W. Wierman, E.B. Svedberg et al. // *J. Appl. Phys.* – 2002. – **92**, № 10. – P. 6104.
9. Synthesis and property tunability of interparticle exchange-decoupled $L1_0$ -FePt:Au/Fe perpendicular ECC films / Chun Feng, Kui Gong, Chuan-Chuan Xu et al. // *J. Alloys Compound*. – 2014. – **590**. – P. 289–293.
10. Reduction of ordering temperature of an FePt-ordered alloy by addition of Cu / T. Maeda, T. Kai, A. Kikitsu et al. // *Appl. Phys. Lett.* – 2002. – **80**, № 12. – P. 2147.
11. Structure and magnetic properties of magnetron-sputtered [(Fe/Pt/Fe)/Au] n multilayer films / Y.S. Yu, Hai-Bo Li, W.L. Li et al. // *J. Magnet. Magnetic Mater.* – 2010. – **322**, № 13. – P. 1770–1774.
12. Seki T.O., Takahashi Y.K., Hono K. Microstructure and magnetic properties of FePt–SiO₂ granular films with Ag addition // *J. Appl. Phys.* – 2008. – **103**. – P. 023910 (1–7).

13. Вплив Cu на формування хімічно впорядкованої фази $L1_0$ (FePt) в нанорозмірних плівках $Fe_{50}Pt_{50}/Cu/Fe_{50}Pt_{50}$ на підкладці $SiO_2/Si(001)$ / Ю.М. Макогон, О.П. Павлова, С.І. Сидоренко та ін. // *Металлофізика и новейшие технологии*. – 2013. – **35**, № 10. – P. 1425–1436.
14. Takahashi Y.K., Ohnuma M., Hono K. Effect of Cu on the structure and magnetic properties of FePt sputtered film // *J. Magnet. Magnetic Mater.* – 2002. – **246**. – P. 259–265.
15. Tuning magnetic anisotropy in (001) oriented $L1_0(Fe_{12x}Cu_x)_{55}Pt_{45}$ films / D.A. Gilbert, Liang-Wei Wang, T.J. Klemmer et al. // *Appl. Phys. Lett.* – 2013. – **102**, № 13. – P. 132406.
16. Matsumoto S., Shima T. Magnetic properties of FePt thin films with multilayered structure // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2011. – **266**, № 1.
17. FePtCu alloy thin films: Morphology, $L1_0$ chemical ordering, and perpendicular magnetic anisotropy / C. Brombacher, H. Schletter, M. Daniel et al. // *J. Appl. Phys.* – 2012. – **112**, № 7. – P. 073912.
18. Wanga B., Barmak K. Re-evaluation of the impact of ternary additions of Ni and Cu on the $A1$ to $L1_0$ transformation in FePt films // *J. Appl. Phys.* – 2011. – **109**, № 12. – P. 123916.
19. Influence of the annealing atmosphere on the structural properties of FePt thin films. / I.A. Vladymyrskyi, M.V. Karpets, F. Ganss et al. // *J. Appl. Phys.* – 2013. – **114**, № 16. – P. 164314.

References

1. M. Albrecht et al., “Rapid thermal annealing of FePt thin films”, *Physica Status Solidi (a)*, vol. 210, no. 7, pp. 1272–1281, 2010.
2. O.P. Pavlova et al., “Structural and magnetic properties of annealed FePt/Ag/FePt thin films”, *Appl. Surf. Sci.*, vol. 266, pp. 100–104, 2013.
3. L. Liu et al., “Magnetic properties and magnetization reversal process of $L1_0$ FePt/Fe bilayers magnetic thin films”, *Appl. Surf. Sci.*, vol. 258, no. 20, pp. 8124–8127, 2012.
4. K. Utsumiya et al., “Magnetic properties of $L1_0$ -FePt/permalloy exchange-spring films”, *J. Appl. Phys.*, vol. 110, no. 10, p. 103911, 2011.
5. L.W. Wang et al., “Promotion of [001]-oriented $L1_0$ -FePt by rapid thermal annealing with light absorption layer”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 101, no. 25, p. 252403, 2012.
6. J. Lyubina et al., “Structure and magnetic properties of $L1_0$ -ordered Fe–Pt alloys and nanoparticles”, *Handbook of Magnetic Materials*, vol. 19, pp. 292–365, 2011.
7. V. Phatak et al., “Effect of addition of N on $L1_0$ transformation and atomic diffusion in FePt films”, *Acta Materialia*, vol. 58, no. 3, pp. 979–988, 2010.
8. C.L. Platt et al., “ $L1_0$ ordering and microstructure of FePt thin films with Cu, Ag, and Au additive”, *J. Appl. Phys.*, vol. 92, no. 10, p. 6104, 2002.
9. Chun Feng et al., “Synthesis and property tunability of interparticle exchange-decoupled $L1_0$ -FePt:Au/Fe perpendicular ECC films”, *J. Alloys Compound*, vol. 590, pp. 289–293, 2014.
10. T. Maeda et al., “Reduction of ordering temperature of an FePt-ordered alloy by addition of Cu”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 80, no. 12, p. 2147, 2002.
11. Y.S. Yu et al., “Structure and magnetic properties of magnetron-sputtered [(Fe/Pt/Fe)]/Au $_n$ multilayer films”, *J. Magnet. Magnetic Mater.*, vol. 322, no. 13, pp. 1770–1774, 2010.
12. T.O. Seki et al., “Microstructure and magnetic properties of FePt– SiO_2 granular films with Ag addition”, *J. Appl. Phys.*, vol. 103, p. 023910 (1–7), 2008.
13. Yu.M. Makogon et al., “Influence of Cu on the ordered $L1_0$ (FePt) phase formation $Fe_{50}Pt_{50}/Cu/Fe_{50}Pt_{50}$ of nanoscale films on substrate $SiO_2/Si(001)$ ”, *Metallofyzyka i Noveyshye Tekhnolohyy*, vol. 35, no. 10, pp. 1425–1436, 2013 (in Ukrainian).
14. Y.K. Takahashi et al., “Effect of Cu on the structure and magnetic properties of FePt sputtered film”, *J. Magnetic Mater.*, vol. 206, pp. 259–265, 2002.
15. A. Dustin et al., “Tuning magnetic anisotropy in (001) oriented $L1_0(Fe_{12x}Cu_x)_{55}Pt_{45}$ films”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 102, no. 13, p. 132406, 2013.
16. S. Matsumoto and T. Shima, “Magnetic properties of FePt thin films with multilayered structure”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 266, no. 1, 2011.
17. C. Brombacher et al., “FePtCu alloy thin films: Morphology, $L1_0$ chemical ordering, and perpendicular magnetic anisotropy”, *J. Appl. Phys.*, vol. 112, no. 7, p. 273912, 2012.
18. B. Wanga and K. Barmak, “Re-evaluation of the impact of ternary additions of Ni and Cu on the $A1$ to $L1_0$ transformation in FePt films”, *J. Appl. Phys.*, vol. 109, no. 12, p. 123916, 2011.
19. I.A. Vladymyrskyi et al., “Influence of the annealing atmosphere on the structural properties of FePt thin films”, *J. Appl. Phys.*, vol. 114, no. 16, p. 164314, 2013.

А.Ю. Черниш, О.В. Фігурна, І.А. Владимирський, Ю.М. Макогон

ВПЛИВ АТМОСФЕРИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ І ФАЗОВОГО СКЛАДУ ПЛІВКОВИХ КОМПОЗИЦІЙ FePt/Cu/FePt

Проблематика. Перспективним матеріалом для використання як носіїв надщільного магнітного запису є нанорозмірні плівки на основі FePt з упорядкованою магнітотвердою фазою L_{10} -FePt. Упорядкована фаза L_{10} -FePt формується з неупорядкованої фази A1-FePt при високотемпературному відпалі або при осадженні плівки на нагріту підкладку. Проте для практичного використання цих матеріалів необхідно досягти зниження температури утворення фази L_{10} -FePt, а також отримання структури з переважною орієнтацією зерен.

Мета дослідження. Дослідження впливу атмосфери відпалу на формування структурно-фазових станів у плівкових композиціях на основі FePt з проміжним шаром Cu.

Методика реалізації. Плівкові композиції отримано магнетронним методом, їх структуру до і після термічної обробки досліджено методами рентгеноструктурного фазового аналізу.

Результати дослідження. За допомогою рентгеноструктурного фазового аналізу встановлено, що в нанорозмірній плівковій композиції FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) незалежно від складу атмосфери відпалу фазове перетворення A1-FePt→ L_{10} -FePtCu починається при термічній обробці за температури 773 К. При підвищенні температури відпалу до 973 К збільшується ступінь упорядкування потрійної фази L_{10} -FePtCu.

Висновки. Виявлено, що відпали в інтервалі температур 973–1073 К в атмосферах Ag та N_2 плівкових композицій FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) приводять до формування текстури потрійної фази L_{10} -FePtCu з переважною орієнтацією її зерен у напрямку [001]. Високотемпературна термічна обробка плівкової композиції FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) в атмосферах N_2 та Ag призводить до різкого росту зерен.

Ключові слова: магнітний запис; нанорозмірні плівкові композиції; FePt; фазові перетворення.

А.Ю. Черныш, А.В. Фигурная, И.А. Владимирский, Ю.Н. Макогон

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ FePt/Cu/FePt

Проблематика. Перспективным материалом для использования в качестве носителей сверхплотной магнитной записи являются наноразмерные пленки на основе FePt с упорядоченной магнитотвердой фазой L_{10} -FePt. Упорядоченная фаза L_{10} -FePt формируется из неупорядоченной фазы A1-FePt при высокотемпературном отжиге или при осаждении пленки на нагретую подложку. Однако для практического использования данных материалов необходимо добиться снижения температуры образования фазы L_{10} -FePt, а также получить структуру с преимущественной ориентацией зерен.

Цель исследования. Определение влияния атмосферы отжига на формирование структурно-фазовых состояний в пленочных композициях на основе FePt с промежуточным слоем Cu.

Методика реализации. Пленочные композиции получены магнетронным методом, их структура до и после термической обработки исследована методами рентгеноструктурного фазового анализа.

Результаты исследования. С помощью рентгеноструктурного фазового анализа установлено, что в наноразмерной пленочной композиции FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) независимо от состава атмосферы отжига фазовое преобразование A1-FePt→ L_{10} -FePtCu начинается при термической обработке при температуре 773 К. При повышении температуры отжига до 973 К увеличивается степень упорядочения тройной фазы L_{10} -FePtCu.

Выводы. Обнаружено, что отжиги в температурном интервале 973–1073 К в атмосферах Ag и N_2 пленочных композиций FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) приводят к формированию текстуры тройной фазы L_{10} -FePtCu с преимущественной ориентацией ее зерен в направлении [001]. Високотемпературная термическая обработка пленочной композиции FePt(15 нм)/Cu(15 нм)/FePt(15 нм) в атмосферах N_2 и Ag приводит к резкому росту зерен.

Ключевые слова: магнитная запись; наноразмерные пленочные композиции; FePt; фазовые превращения.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
НТУУ “КПІ ім. І. Сікорського”

Надійшла до редакції
19 травня 2016 року