

Efek Annealing Temperature Terhadap Sifat Magnetik Dan Struktur Multilapisan Tipis Cobalt-Samarium

Erwin

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
erwin_amiruddin@yahoo.com

Received 23-02-2013, Revised 20-03-2013, Accepted 30-03-2013, Published 25-04-2013

ABSTRACT

Multilayer thin films of cobalt and samarium with the structure of 20[Co (4.2 nm)/Sm (3.8 nm)] have been fabricated using dc magnetron sputtering technique. Crystalline formation due to heat treatment of about 450°C of the sample is responsible for increase of coercivity from 300 Oe to 3500 Oe. Due to heat treatment (annealing) of the sample caused the value of the magnetization of the sample decreases. This is due to the formation of non magnetic phase in interfacial mixing between the layers as a result of inter-diffusion between the layers. Structural properties of as deposited and annealed samples was studied using transmission electron microscope (TEM). Electron diffraction patterns for as deposited sample exhibit diffuse rings for samarium reflection however, for the annealed sample of about 450°C for 30 minutes produces sharp diffraction rings. This indicates that alloys of CoSm in interfacial mixing has a crystalline properties. By modifying the annealing temperature and time one can obtain higher value of coercivity of alloy of CoSm between the layers as one of the requirements for higher density magnetic recording media.

Keywords : magnetic, coercivity, magnetisation, annealing and multilayer structure

ABSTRAK

Multilapisan tipis cobalt dan samarium dengan struktur 20[Co (4.2 nm)/Sm (3.8 nm)] telah dibuat dengan menggunakan dc magnetron sputtering. Formasi kristal dari campuran cobalt-samarium dengan anisotropi tinggi menghasilkan pertambahan coercivitas dari 300 Oe menjadi 3500 Oe. Nilai coercivitas yang tinggi ini diperoleh setelah dilakukan annealing terhadap sampel yaitu pada suhu 450°C. Penurunan nilai magnetisasi dari sampel pada suhu lebih tinggi disebabkan oleh adanya fase non magnetic atau fase magnetisasi rendah sebagai akibat dari interdiffusi antara lapisan atom – atom cobalt dan samarium, yang bersifat non magnetik. Sifat struktur dari sampel sebelum dan setelah di annealing dipelajari dengan menggunakan mikroskop electron transmisi (TEM). Pola difraksi electron dari sample sebelum dilakukan annealing menampilkan cincin-cincin difraksi samarium yang kabur (diffuse), namun setelah diannealing pada suhu 450°C, maka cincin-cincin tersebut menjadi tajam. Ketajaman dari cincin-cincin tersebut mengindikasikan bahwa sampel memiliki sifat kristal. Dengan memodifikasi kondisi suhu annealing, maka dimungkinkan untuk mendapatkan nilai coercivitas sampel yang tinggi dari multilapisan tipis cobalt samarium sehingga bahan ini dapat digunakan sebagai media penyimpanan data magnetik berkapasitas tinggi.

Kata kunci : magnetik, coercivitas, magnetisasi, annealing dan struktur multilapisan tipis

PENDAHULUAN

Kapasitas media penyimpan data secara magnetik pada saat ini terus mengalami peningkatan. Peningkatan ini tentu saja disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan pengguna komputer untuk penyimpanan data. Penyimpanan data secara magnetik telah dimulai pada tahun 1950. Kapasitas dari media tersebut pada saat itu hanya dalam orde ribuan bit/inc². Perkembangan media ini tidak mengalami banyak perubahan sampai pada tahun 1994. Namun pada tahun 1995 kecepatan penambahan kapasitas media penyimpan data secara magnetik ini mengalami peningkatan yang luar biasa. Peningkatan ini disebabkan oleh penggunaan *magneto resistance* (MR) head dan lapisan tipis (*thin film*) sebagai media penyimpan data yang dulunya menggunakan pita (*tape*). Peningkatan ini terus dilakukan dengan menggunakan lapisan tipis dimana bit disusun secara perpendiculer maupun horizontal sedangkan untuk pembacaan dan penulisan data digunakan giant magneto resistance (GMR). Apabila kemampuan media ini ditingkatkan lagi ke kapasitas yang lebih besar maka diperlukan material dengan ukuran butiran magnetik lebih kecil dari 10 nm (baca nano meter, 1 nm = 10⁻⁹m) dan memiliki sifat kemagnetan yang prima yaitu memiliki magnetocrystalline anisotropy energy *in plane* yang tinggi ($K_u = 1.1 \times 10^8 \text{ erg/cm}^3$)^[1]. Nilai magnetocrystalline anisotropy yang tinggi ini diperlukan untuk menghindari fluktuasi thermal yang cenderung untuk mendestabilisasi magnetisasi dari bit yang terekam.^[2] Bahan yang sesuai untuk memenuhi kriteria ini salah satunya adalah campuran antara cobalt dan samarium (CoSm Alloy) dalam bentuk lapisan tipis (*thin film*) dengan komposisi mendekati komposisi Co₅Sm. Campuran cobalt dengan samarium mendapat perhatian khusus bagi peneliti – peneliti karena disamping memiliki aplikasi sebagai media penyimpan data berkapasitas tinggi^[3] juga sebagai magnet permanen.^[4]

Theuerer *et al.*^[5] telah membuat campuran cobalt dan samarium dalam bentuk lapisan tipis yang menampilkan nilai coercivity yang tinggi. Gronou *et al.*^[6] juga telah membuat lapisan tipis campuran cobalt dan samarium dengan *coercivity* tinggi dengan menggunakan teknik *flash evaporation*. Beberapa eksperimen tentang *recording* pada media magnetik telah dilakukan oleh Velu dan Lambeth^[7] dan Velu *et al.*^[8] Bagaimanapun, parameter magnetic dari campuran cobalt dan samarium yang dibuat dengan menggunakan teknik *sputtering* seperti konsentrasi,^[9] hubungan *epitaxial* antara lapisan tipis campuran CoSm terhadap lapisan bawah atau *underlayer materials*,^[10,11] efek interaksi antara butiran magnetic dalam lapisan tipis magnetic^[12,13] *magnetic switching volume*^[14], dapat dilakukan dengan mengoptimalkan kondisi deposisi.

Lapisan tipis dari bahan ferromagnetik khususnya cobalt dan samarium dapat dibuat dalam bentuk multilapisan tipis (*multilayer films*), yang terdiri dari lapisan tipis bahan ferromagnetic (cobalt) dan bahan non magnetic (samarium), *interfacial mixing* antara lapisan ini dapat menghasilkan sifat magnetic novelty^[17,18]. Petford-Long *et al.*^[19] melaporkan bahwa *interfacial mixing* muncul pada struktur multilapisan tipis antara cobalt dan wolfram (Co/W). *Interfacial mixing* ini mempengaruhi sifat magnetic dari multilapisan tipis tersebut. Dalam tulisan ini akan dipelajari pengaruh suhu terhadap sifat struktur dan magnetik dari multilapisan tipis cobalt-samarium

METODE

Multilapisan tipis cobalt dan samarium dengan struktur 20[Co (4,2 nm)/Sm (3,8 nm)] dibuat dengan menggunakan *dc magnetron sputtering*. Sampel dibuat pada tekanan 4 x 10⁻³ mbar dalam ruang sputtering. Gas yang digunakan selama proses sputtering adalah gas argon dengan kemurnian 99,99%. Atom cobalt dan samarium yang berasal dari target dideposit di atas substrate silicon (100). Sifat magnetik dan struktur dari sampel ini

dipelajari untuk sampel tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas yaitu sampel di annealing dalam ruang vacuum dengan tekanan 5×10^{-7} mbar selama 30 menit pada suhu 400°C sampai 700°C .

Ketebalan dari masing masing lapisan ditentukan dengan laju deposisi dimana laju deposisi untuk masing masing elemen adalah 0.21 nm/s untuk cobalt dan 0.31 nm/s untuk samarium. Sifat magnetic dari sampel ditentukan dengan menggunakan *alternating gradient force magnetometer* (AGFM). Untuk menentukan sifat struktur dari sampel maka digunakan metode *selected area electron diffraction* (SAED) dalam *high-resolution transmission electron microscopy* (HRTEM).

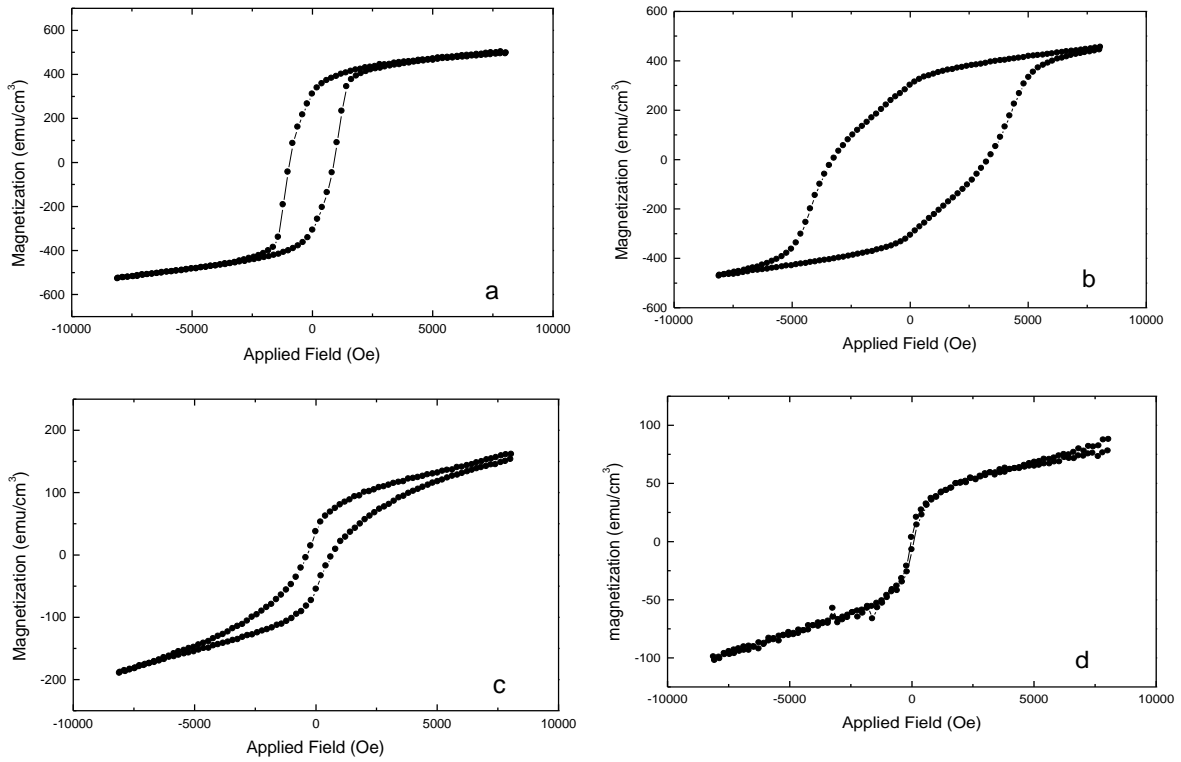
HASIL DAN PEMBAHASAN

Upaya untuk memperbaiki sifat magnetik dari lapisan tipis adalah dengan melakukan perlakuan panas (*post annealing*) terhadap sampel. Perlakuan *post-annealing* terhadap lapisan tipis mempengaruhi sifat magnetik dari lapisan tipis CoSm secara khusus adalah *coercivitas*.^[20,21,22] Sebagai contoh, Geiss *et al.* ^[20] melaporkan bahwa melakukan *annealing* terhadap $\text{Co}_{84.3}\text{Sm}_{15.7}$ pada suhu 700°K selama 30 menit menghasilkan *coercivitas* yang cukup besar yaitu 3700 Oe . Malhorta *et al.* ^[21] telah melakukan penelitian tentang sifat magnetik dari campuran rare earth-cobalt (RCo, R=Sm dan Pt) dalam bentuk lapisan tipis dan menemukan bahwa dengan memberikan perlakuan panas pada sampel pada suhu 500°C selama 20 menit, baik CoSm ataupun CoPt menunjukkan penambahan dalam *coercivitas*. Peneliti lain^[23] telah menunjukkan hasil yang sama untuk lapisan tipis dengan struktur $80 \text{ nm Cr}/264 \text{ nm Co}_{81}\text{Sm}_{19}/100 \text{ nm Cr}$ ketika diberikan perlakuan panas pada suhu 600°C .

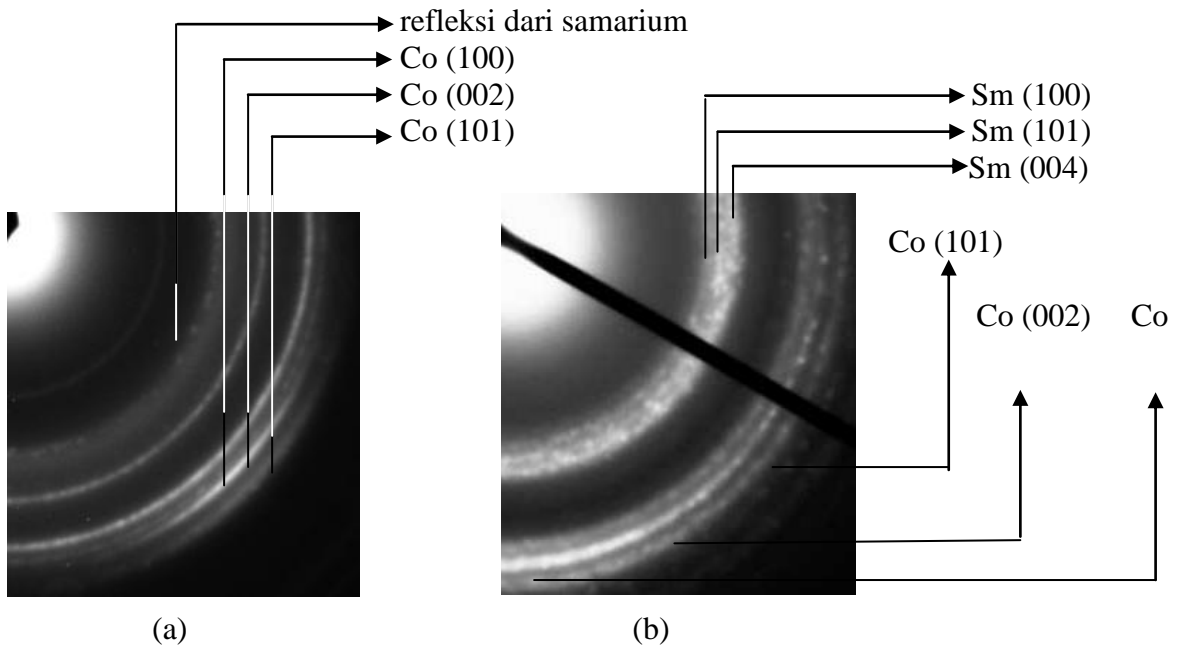
Gambar 1 menampilkan *hysteresis loops* dari multilapisan tipis Co//Sm dengan struktur $20[\text{Co} (4.2 \text{ nm})/\text{Sm} (3.8 \text{ nm})]$ dipanaskan selama 30 menit pada suhu 400°C , 450°C , 500°C dan 700°C . Semua *hysteresis loop* menampilkan sentakan kecil (*small kink*) pada kedua arah medan magnetik dan posisinya medannya dekat nol. Ini menunjukkan keberadaan dari fase soft kedua atau medan rendah (*low field phenomena*).^[24] Multilapisan tipis dipanaskan pada suhu 450°C menampilkan nilai *coercivitas maximum* (3500 Oe). Pemanasan sampel diatas 450°C menyebabkan *hysteresis loop* berubah secara drastis dan nilai *coercivitas* menjadi sangat kecil. Fenomena ini disebabkan oleh kemungkinan adanya peningkatan nilai *exchange interaction* antara butiran magnetik dalam sampel.

Struktur dari multilapisan tipis dengan struktur nominal $20[\text{Co} (4.2 \text{ nm})/\text{Sm} (3.8 \text{ nm})]$ sebelum dan sesudah dipanaskan (*annealing*) selama 30 menit pada suhu 450°C ditampilkan pada Gambar 2 (a) dengan menggunakan hasil *transmission electron microscopy* (TEM) dalam bentuk image dan *diffraction mode* (SAD) .

Sifat struktur dari multilapisan tipis ini dipelajari dengan mengamati pola difraksi dari daerah tertentu *diffraction mode* (SAD), maka dari hasil perhitungan jarak antara bidang (d) dalam kristal dengan menggunakan hukum Bragg dapat dilihat dengan jelas bahwa nilai *d-spacing* untuk Sm sedikit lebih kecil dibandingkan dengan hcp samarium murni, sementara nilai *d-spacings* untuk Co lebih besar dari d untuk hcp cobalt murni. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya substitusi dari atom cobalt yang ukurannya kecil kedalam hcp samarium.^[25] Pola difraksi electron sedikit berubah ketajamannya seperti ditunjukkan pada Gambar 2b.



Gambar 1. Hysteresis loops diukur pada suhu ruang untuk multilapisan tipis dengan struktur 20 [Co (4.2 nm)/Sm (3.8 nm)] yang dipanaskan pada suhu (a) 400°C, (b) 450°C, (c) 500°C, and (d) 700°C.



Gambar 2. Hasil TEM untuk pola difraksi multilapisan tipis Co//Sm dengan nominal struktur 20 [Co (4.2 nm)/Sm (3.8 nm)] (a) tanpa perlakuan panas dan (b) dipanaskan pada suhu 450°C.

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas (*annealing*) pada suhu 450°C terhadap multilapisan tipis cobalt samarium dengan struktur 20[Co (4.2 nm)/Sm (3.8 nm)] menghasilkan pertambahan *coercivitas* yang tinggi yaitu dari 300 Oe menjadi 3500 Oe. *Annealing* terhadap sampel diatas 450°C menyebabkan penurunan nilai *coercivitas* dan *magnetisasi*. Penurunan nilai *coercivitas* ini disebabkan oleh kemungkinan adanya peningkatan nilai *exchange interaction* antara butiran magnetik dalam sampel. Pola difraksi electron (SAD) dari sampel untuk suhu 450°C memperlihatkan cincin cincin difraksi yang cukup tajam untuk samarium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Philip J. Grundy dan Dr. C.A. Faunce University of Salford, Manchester, UK atas izin yang diberikan untuk pembuatan sampel dan penggunaan dari AGFM dan TEM

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Doerner, M.F.,Tang, K.,Arnoldussen,T.,Zeng, H.,Toneyand, M.F.,Weller, D., 2000.IEEE Trans. Magn, **36**.
- 2 Charap, S.H., P L. Lu, Y .He. 1997.IEEE Trans. Magn, **33**, 978
- 3 Zhang, Y.J.,Takahashi, K.,Gopalan, R.,and Hono, K.,Magn, J. Magn. 2007.Mater. **310**,1
- 4 Cullity, B.D., and Graham, C.D. *Introduction to Magnetic Materials*. 2nd Edition.
- 5 Hoboken : John Wiley & Sons, 2009.
- 6 Theuerer, H.C., Nesbitt, E.A., and Bacon, D.D. 1969. J. Appl. Phys., **10**, 2994.
- 7 Gronou, M., Goeke, H., Schuffler, D., Sprenger, S. 1983.IEEE Trans. Magn., **19**, 1653.
- 8 Velu, E.M.T., and Lambeth, D.N. 1992.IEEE Trans. Magn., **28**, 3249.
- 9 Velu, E.M.T., Lambeth, D.N., Thornton, J.T. and Russel, P.E. 1994.J. Appl. Phys., **75**, 6132.
- 10 Geiss, V., Kneller, E., and Nest, A. 1982.Appl. Phys., **A27**, 79.
- 11 Benaissa, M. and Krishnan, K.M. 1998. IEEE Tans. Magn., **34**, 1204.
- 12 Velu, E.M.T. and Lambeth, D.N.1991. J.Appl. Phys., **69**, 5175.
- 13 Majeticch, S.A., Chowdary, K.M.,and Kirkpatrick, E.M.1998.IEEE Trans.Magn., **34**, 985.
- 14 Romero, S.A., Cornejo, D.R., Rhen, F.M., Neiva, A.C., Tabacniks, M.H. and Missell F.P. 2000.J. Appl. Phys., **87**, 6965.
- 15 Sigleton, E.W., Shan, Z.S., Jeong, Y.S. and Sellmyer, D. J. 1995.IEEE Trans. Magn. **31**, 2743.
- 16 Robert, P. 1991. '*Thin Film Process II*', Edited by Vossen J.L. and Kern W., Academic Press, Inc, pp 177,.
- 17 Cadieu, F.J., Cheng, T.D., Wickramasekara, L., Kamprath, N., Hedge, H. and Liu, N.C., 1987.J. Appl. Phys., **62**, 3866.
- 18 Stearns, M.B., Lee, C.H., and Groy, T.L. 1989. Phys. Rev., **B40**, 8256.
- 19 Cui, F.Z., Fan, Y.D.,Wang, Y.,Vredenberg, A.M.,Draaisma, H.J.D.,and Xu, R. 1990.J. Appl. Phys., **68**, 701.
- 20 Petford-Long, K. A., Grundy, P.J., and Jakubovics, J.P. 1990.IEEE Trans. Magn. **26**, 2733,.
- 21 Geiss, V., Kneller, E., Nest, A. 1982.Appl. Phys. **A27**, 79.

- 22 Malhorta, S.S., Liu Y., Thomas R.A., Shan Z.S., Liou S.H., Stafford D.C. and Sellmyer D.J., J. Appl. Phys. **79**, 5988, 1996.
- 23 Andreescu, R., and O'Shea, M. J., 2005. J. Appl. Phys. **97**, 10F302.
- 24 Liu, Y., Thomas, R.A., Malhorta, S.S., Shan, Z.S., Liou, S.H., and Sellmyer, D.J. 1998. J. Appl. Phys. 83, 6244.
- 25 Néel, L., 1962. Comptes, Rendus 255, 1676.
- 26 Han, H., Averback, R.S, and Shyu, H.M. 1988. Less-Common Metals. J., **140**, 345.