Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 50 - 53
ISSN : 1411-1098

ANALISIS FENOMENA MAGNETORESISTANSI LAPISAN TIPIS NiFe TERHADAP VARIASI ARAH MEDAN MAGNET LUAR

Agus Bambang Irawan[1],Sudjatmoko[2] dan Karyono[1]
[1] *Jurusan Fisika FMIPA UGM*
Jl. Sekip Utara, Yogyakarta
[2]*Puslitbang Teknologi Maju (P3TM) - BATAN*
Jl. Babarsari Kotak Pos 8, Yogyakarta

ABSTRAK

ANALISIS FENOMENA MAGNETORESISTANSI LAPISAN TIPIS NiFe TERHADAP VARIASI ARAH MEDAN MAGNET LUAR. Telah dilakukan penelitian tentang analisis fenomena magnetoresistansi lapisan tipis NiFe terhadap variasi arah medan magnet luar. Lapisan tipis NiFe dibuat dengan metode *dc sputtering*. Sifat-sifat magnetik lapisan tipis dianalisis dengan pengukuran magnetoresistansi. Morfologi permukaan, komposisi bahan dalam lapisan serta struktur kristalnya dianalisis dengan menggunkan *SEM-EDAXS* dan *XRD*. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan *XRD* diperoleh bahwa lapisan tipis NiFe mempunyai struktur kristal kubus pusat badan dan orientasi bidang Miller (321). Oksida-oksida besi juga terbentuk di dalam lapisan tipis NiFe. Oksida besi tersebut adalah FeO dan Fe_2O_3 bersifat antiferromagnetik serta Fe_3O_4 bersifat ferrimagnetik. Pengukuran magnetoresistansi digunakan metode probe empat titik dan divariasi terhadap arah medan magnet luar. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data magnetoresistansi diperoleh nisbah magnetoresistansi terbesar adalah – (16,1 ± 0,2) % ketika medan magnet luar tegak lurus terhadap arus listrik di dalam bidang lapisan tipis, serta nisbah magnetoresistansi terkecil adalah – (2,1 ± 0,1) % ketika medan magnet luar tegak lurus terhadap arus listrik di luar bidang lapisan tipis.

Kata kunci : Magnetoresistansi, lapisan tipis NiFe, metoda DC *sputtering*

ABSTRACT

MAGNETORESISTANCE PHENOMENA ANALYSIS OF NiFe THIN FILM AS A VARIATION OF EXTERNAL MAGNETIC FIELD ORIENTATION. Magnetoresistance phenomena analysis of NiFe thin film has been investigated as a variation of external magnetic field orientation. NiFe thin film is made with a dc sputtering method. Magnetic behavior has been analysed by magnetoresistance measurement. Suface morfology, material composition and crystal structure have been analysed by using SEM-EDAXS and XRD. Based on the result of XRD measurement is found a NiFe thin film have body center cubic structure and (321) Miller plane, also ferrite oxides whichs been created in this film (these are FeO, Fe_2O_3 and Fe_3O_4). These oxides have different properties, FeO and Fe_2O_3 are antiferromagnetics and Fe_3O_4 is ferromagnetic. Magnetoresistance is measured by using four point probe and it has been variated as external magnetic field orientation. Based on the result of measurement and data analysed are found the highest magnetoresistance nisbah is –(16.1 ± 0.2) % when the external magnetic field perpendicular to the current in the thin film plane. The smallest magnetoresistance nisbah is – (2.1 ± 0.1) % when the external magnetic field perpendicular to the current out the thin film plane.

Key words : Magnetoresistance, NiFe thin film, DC sputtering method

PENDAHULUAN

Fenomena galvanomagnetik telah diketahui beberapa tahun terakhir dan diaplikasikan dalam teknologi penyimpan data (*magnetic recording*) pada komputer dan sensor magnetik (*magnetic sensor*). Fenomena tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk mengukur sifat-sifat listrik, termal dan magnetik material [1]. Salah satu gejala galvanomagnetik adalah magnetoresistansi (MR). Magnetoresistansi adalah perubahan resistivitas atau resistansi listrik oleh adanya pengaruh medan magnet luar yang menyebabkan terjadinya perbedaan orientasi momen-momen magnetik pada material [2].

Lapisan tipis Ni-Fe merupakan salah satu orde awal penemuan material magnetik yang menunjukkan gejala magnetoresistansi. Semenjak saat itu studi tentang sifat-sifat magnetik *alloy* tersebut sangat intensif. Namun pada umumnya, penelitian yang telah dilakukan oleh ahli-ahli *materials science*, masih sedikit yang lebih

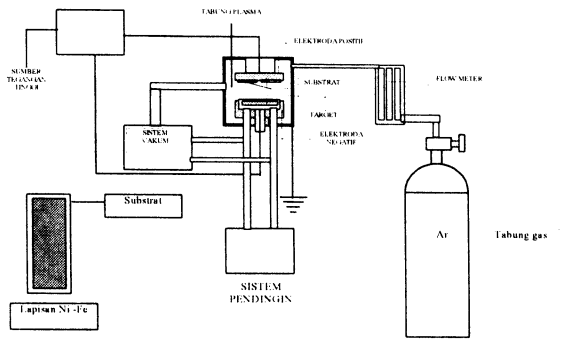
memfokuskan pada kajian pengaruh geometri pengukuran terhadap sifat-sifat magnetoresistansi lapisan tipis Ni-Fe. Orientasi geometri pengukuran magnetoresistansi lapisan tipis Ni-Fe sangat menentukan aplikasi pemakaiannya.

Pengamatan magnetoresistansi dapat dilakukan dalam bermacam-macam geometri pengukuran dan setiap variabel menunjukkan sifat berbeda-beda. Tiga konfigurasi pengukuran magnetoresistansi adalah sebagai berikut :

(i) B tegak lurus bidang lapisan tipis,
(ii) B berada dalam bidang lapisan tipis serta arahnya sejajar arus listrik,
(iii) B berada dalam bidang lapisan tipis serta arahnya tegak lurus terhadap arus listrik [1].

TATA KERJA

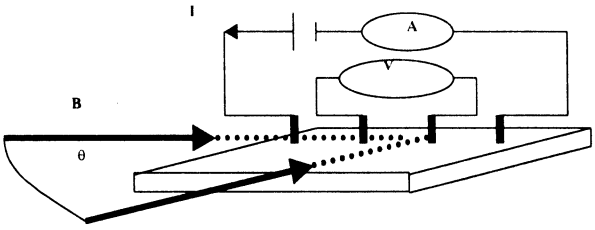
Lapisan tipis NiFe ditumbuhkan di dalam substrat kaca dengan metoda *dc sputtering*. Parameter pendeposisian lapisan tipis dibuat tetap yaitu ukuran substrat kaca 1 x 2,5 cm^2 jarak elektroda 1 cm, tekanan operasi 4 x 10^{-2} torr, arus elektroda 45 mA, tegangan 3 kV, suhu substrat kaca 250^0 C, waktu deposisi 45 menit. Adapun skema percobaan deposisi lapisan tipis dengan *plasma sputtering* ditunjukkan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Skema percobaan deposisi lapisan tipis dengan *plasma sputtering*

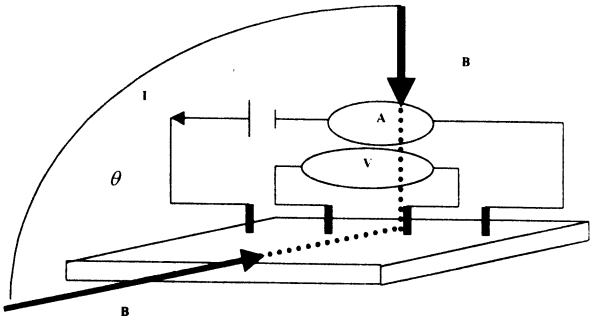
Pengukuran magnetoresistansinya digunakan metoda *probe* empat titik. Resistansi yang terukur merupakan fungsi dari tegangan, dan arus listrik. Untuk pengukuran magnetoresistansi terhadap variasi sudut, dilakukan dua macam, yaitu :

a). B terletak dalam bidang lapisan tipis (*in plane*)



Gambar 2. Metoda pengukuran magnetoresistansi terhadap variasi sudut (Θ = 0^0, 30^0, 60^0, dan 90^0) untuk B dalam bidang lapisan tipis Ni-Fe.

b). B terletak di luar bidang lapisan tipis (*out plane*)

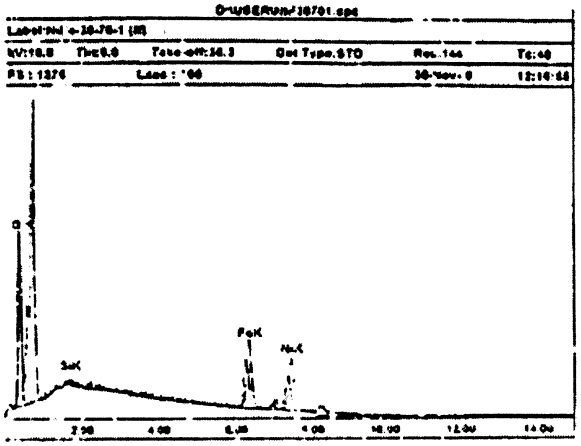


Gambar 3. Metoda pengukuran magnetoresistansi terhadap variasi sudut (Θ = 0^0, 30^0, 60^0, dan 90^0) untuk B luar bidang lapisan tipis Ni-Fe.

Komposisi bahan lapisan tipisnya dianalisis dengan SEM-EDAXS, sedangkan struktur kristal lapisan tipis NiFe dianalisis dengan metoda difraksi sinar X.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengukuran resistansi lapisan tipis NiFe dengan metoda empat *probe* diperoleh R_s = (65,0 ± 0,6) kΩ. Nilai resistansi lapisan tipis NiFe ini, ternyata jauh lebih besar dari nilai resistansi target NiFe, R » 0. Hal ini disebabkan adanya ρ_i yaitu resistivitas dari kontribusi karena adanya ketidaksempurnaan termasuk impuritas dan cacat (defek) kristal, dan ρ_b yaitu resistivitas dari kontribusi karena adanya butiran. Nilai ρ_b dan ρ_i menyebabkan resistivitas untuk lapisan tipis jauh lebih besar dibandingkan dengan resistivitas untuk *bulk*.



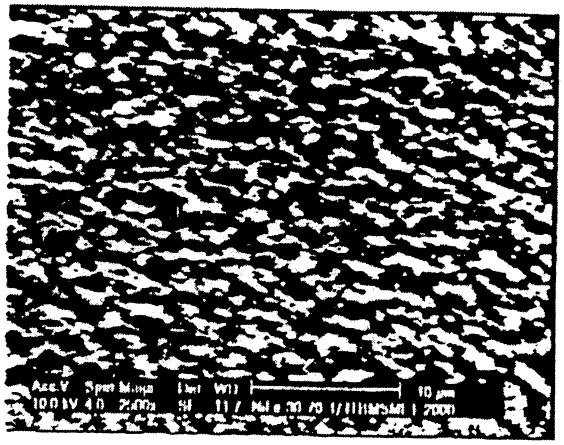
Gambar 4. Hasil pemeriksaan kandungan komposisi

Tabel 1. Komposisi unsur-unsur dalam lapisan tipis

Unsur	Persen berat (%)	Persen atom (%)
O K	4,78	15,36
Si K	0,16	0,29
Fe K	26,17	24,07
Ni K	68,89	**60,28**
TOTAL	100,00	100,00

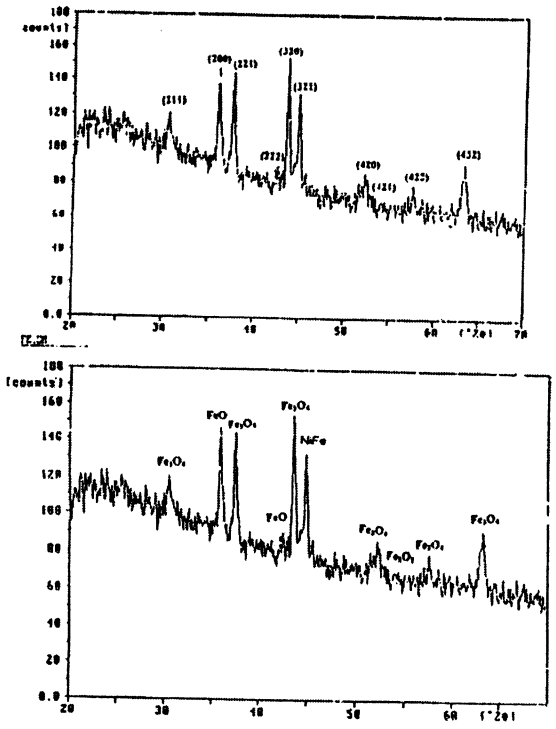
Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 50 - 53
ISSN : 1411-1098

Komposisi unsur-unsur dalam lapisan tipis sedikit berbeda dengan komposisi *alloy* dalam bentuk *bulk*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fahru Nurrosid untuk target NiFe, persen berat untuk *bulk* adalah 70 % Ni dan 30 % Fe. Adanya unsur oksigen dalam lapisan tipis terjadi ketika proses pemanasan substrat kaca pada suhu 250°C dan oksidasi lapisan tipis NiFe pada udara bebas. Sedangkan unsur silikon merupakan unsur-unsur penyusun substrat kaca.



Gambar 5. Morfologi permukaan lapisan tipis NiFe

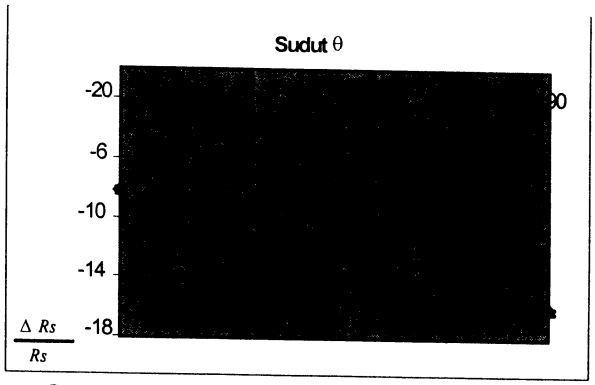
Gambar 5 menunjukkan morfologi permukaan lapisan tipis NiFe dengan butiran-butiran senyawa NiFe yang terdistribusi merata pada luasan substrat kaca. Terlihat juga bentuk dan ukuran butiran sangat bervariasi serta kurang teratur. Daerah yang berwarna hitam merupakan celah atau ruangan kosong yang tidak terisi oleh senyawa NiFe.



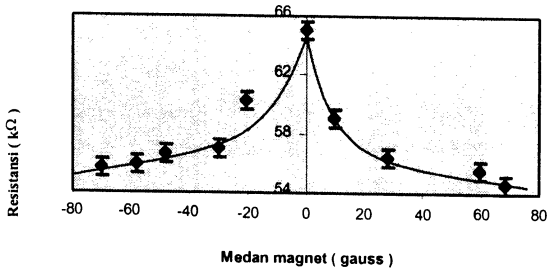
Gambar 6. Spektrum XRD lapisan tipis NiFe

Gambar 6 memperlihatkan terbentuknya *alloy* NiFe dengan orientasi bidang Miller (321) dan oksida-oksida besi yaitu FeO, Fe_2O_3, dan Fe_3O_4 Terlihat dalam Gambar 6, puncak spektrum untuk NiFe lebih rendah daripada intensitas Fe_3O_4 dan FeO. Intensitas yang tinggi menunjukkan bahwa ikatan antar partikel tersebut sangat kuat [3] dan mengindikasikan semakin sempurnanya terbentuknya kristal, meskipun jumlah partikelnya jauh lebih sedikit daripada NiFe.

Hal menarik dari gejala magnetoresistansi ini adalah antara geometri pengukuran yang satu dengan lainnya ternyata fenomenanya berbeda-beda. Fenomena ini ditunjukkan dengan perubahan nisbah magnetoresistansi terhadap geometri pengukuran seperti pada Gambar 7 dan 8.



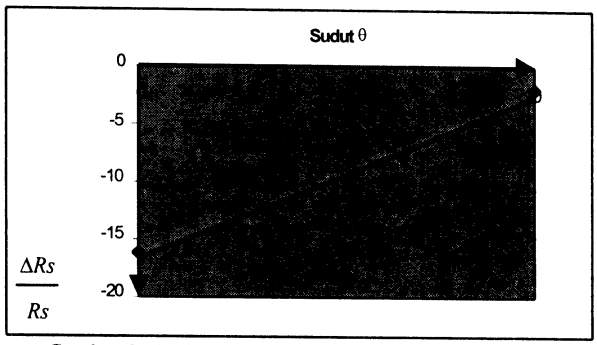
Gambar 7. Grafik pengaruh perubahan sudut θ terhadap nisbah magnetoresistansi untuk **B** berada di luar bidang lapisan tipis



Gambar 8. Grafik magnetoresistansi untuk arah medan magnet 90° terhadap arus listrik dalam bidang lapisan tipis

Pada medan magnet berada dalam bidang lapisan tipis (Gambar 7), terjadi peningkatan nisbah magnetoresistansi terhadap perubahan sudut θ. Fenomena ini mengindikasikan bahwa sumbu mudahnya terjadi pada sudut $\theta = 90^0$. Menurut Smit dan Kondo, elektron konduksi bergerak paralel atau antiparalel terhadap arah magnetisasinya (sumbu mudah), lebih mudah terhamburkan. Jadi pada medan luar sejajar arus listrik, kehadiran oksida-oksida besi sangat dominan sehingga elektron konduksi sukar untuk terhamburkan. Ini mengindikasikan bahwa pengaruh oksida-oksida besi menyebabkan peningkatkan rapat keadaan permukaan

Fermi dan tereduksinya lintasan bebas rata-rata. Akibatnya perubahan magnetoresistansinya kecil. Namun dengan semakin besarnya sudut θ, maka rapat keadaan permukaan *Fermi* akan tereduksi dan menaikkan lintasan bebas rata-rata. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan nisbah magnetoresistansi dan nisbah magnetoresistansinya mencapai kondisi maksimun ketika arah medan magnet luar tegak lurus ($\theta=90^0$) terhadap arus listrik (Gambar 8).



Gambar 9. Grafik pengaruh perubahan sudut θ terhadap nisbah magnetoresistansi untuk **B** berada di luar bidang lapisan tipis

Kebalikan dengan Gambar 7, maka pada Gambar 9 yaitu ketika B di luar bidang lapisan tipis, nisbah magnetoresistansi menurun terhadap perubahan sudut θ. Ini menunjukkan pengaruh oksida besi semakin dominan dan arah magnetisasinya menjauhi sumbu mudah dengan meningkatnya sudut θ .

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Resistansi lapisan tipis NiFe adalah $R_s = (65{,}0 \pm 0{,}6)$ kΩ.
2. Lapisan tipis NiFe mempunyai orientasi bidang Miller (321), berstruktur kubus pusat badan (*BCC*), dan terbentuk pada sudut $2\theta = 44{,}8^0$.
3. Di dalam lapisan tipis NiFe, terbentuk juga oksida-oksida besi yang mempunyai sifat magnetik berbeda, yaitu FeO dan Fe_2O_3 bersifat antiferomagnetik serta Fe_3O_4 bersifat ferimagnetik .
4. Nisbah magnetoresistansi terbesar – $(16{,}1 \pm 0{,}2)$ % ketika medan magnet luar tegak lurus arus listrik di bidang lapisan tipis dan nisbah magnetoresistansi terkecil – $(2{,}1 \pm 0{,}1)$ % ketika medan magnet luar tegak lurus arus listrik di luar bidang lapisan tipis.

Pada penelitian berikutnya perlu diujicobakan dan dibandingkan antara metoda pengukuran magnetoresistansi dengan metoda *probe* empat titik dengan metoda lainnya, misalnya dengan menggunakan metoda *Van der Pauw*, jembatan *whetstone*, *SQUID*, pengukuran magnetoresistansi pada suhu nitrogen/helium cair dan sebagainya

DAFTAR ACUAN

[1]. ROGER, A.,HAJJAR, MANSURIPAR, dan SHIEH, H.P.D., Measurement of magnetoreisistance in magneto - optic, *Journal Applied Physics*, (1991).

[2]. MACLAREN, J.M., SCULTHESS, BUTTER, ZHANG, DAN X.-G.,NICHOLSON, D.M.C., *Studies Calculations of Electrical Conductivity and Giant Magnetoresistance of Periodic Multilayers and Spin Valves*, American Institute of Physics, (1996).

[3]. KUMAR, S., ROY, K.,MALTY, K., SINHA, T.P., BANERJEE, D., DAS, K.C., BHATTACHARYA, R., Superparamagnetic Behavior of Fe – Ni Alloys at Low Ni Concentration, *Physical Review Letters*, (1998).

[4]. KITTEL, C., *Introduction to Solid State Physics*, 7th Ed., John Wiley & Sons, New York, (1996).

[5]. BUDI PURNAMA, *Analisis Gejala Magnetoresistansi dan Struktur Mikroskopis Lapisan Tipis Magnetik $Ni_{80}Fe_{20}$ Hasil Deposisi Sputtering*, Skripsi SI FMIPA UGM, (1998).