

- Moreau, P., Hulea, V., Gomez, S., Brunel, D. & Di Renzo, P. (1997). Oxidation of Sulfoxides to Sulfones by Hydrogen Peroxide over Ti-containing Zeolites. *Applied Catalysis A: General*, 155: 253-263.
- Serrano, D. P., Uguina, M.A., Ovejero, G., Van Grieken, R. & Camacho, M. (1995). Synthesis of TS-1 by Wetness Impregnation of Amorphous $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ Solids Prepared by the Sol-Gel Method. *Microporous Materials*, 4 : 273-282.
- Roisnel, T & Rodriguez-Carvajal, J. (2001). *WinPlotr Program*. France : LLB-LCSIM Rennes.
- Taramasso, M., Perego, G. & Notari, B. (1983). *U.S. Pat.* 4 410 501.
- Taramasso, M. & Neri, C. (1983). *U.S. Pat.* 4 396 783.
- Tatsumi, T., Nakamura, M., Negishi, S. & Tomimaga, H. (1990). Shape-selective Oxidation of Alkenes with H_2O_2 Catalysed by Titanosilicate. *Journal of Chemical Society, Chemical Communication*, 476-477.
- Thangaraj, A., Eapen, M.J., Sivasanker, S. & Rathasamy, P. (1991). Studies on the Synthesis of Titanium Silicate (TS-1). *Zeolites*, 12 : 943-950.
- Wang, X. & Guo, X. (1999). Synthesis, Characterization and Catalytic Properties of Low Cost Titanium Silicate. *Catalysis Today*, 51: 177-186.

ANALISIS GMR Ag-Fe PADA PEMBUATAN BAHAN SENSOR MEDAN MAGNET DENGAN METODA IMPLANTASI ION

Oleh:

Edi Istiyono

Staf Pengajar FMIPA UNY

Abstract

The national instrumental industries need support materials that have good electrical and magnetic properties. One is for sensor to measure magnetic field, i.e.: magnetic layer. The experiment is to find material for magnetic layer that has high GMR ratio required for sensor. The sample is an Ag-Fe thin film produced by ion implantation: silver implanted with iron ions at various doses from 1.5×10^{17} ions/cm² to 9.0×10^{17} ions/cm² and energy from 40 keV to 100 keV. GMR is determined by four-point probe method in magnetic field. Based on data analysis is concluded that: (1) Increasing of iron ions in Ag-Fe that produced by ion implantation causes decreasing of resistivity. Initially, increasing of annealing temperature causes decreasing of resistivity to minimum point, then the resistivity increases by increasing of annealing temperature; (2) Influence of ions dose, energy and annealing temperature to GMR: (a) Initially, increasing of iron ions increases GMR ratio to the maximum point, then the GMR ratio decreases; (b) Increasing of the ion energy that is used the GMR ratio produced decreases and (c) Increasing of annealing temperature can rise GMR ratio; (3) Ag-Fe for ion dose of 6.0×10^{17} ions/cm², energy of 100 keV, and annealing temperature at 300 °C has a minimum resistivity of $(16.7 \pm 3) \times 10^9 \Omega\text{m}$ and optimum of GMR ratio of 6.49%. Ag-Fe in the condition is a good material for magnetic field sensor; and (4) the curves of magnetoresistance are simetry and maximum resistance about magnetic field equal to zero.

Keywords: sensor, ion implantation, ion dose, and GMR

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), bidang elektronika mengalami perkembangan

yang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan banyak ditemukan alat-alat elektronika dari bahan semikonduktor. Alat-alat yang semula menggunakan tabung dioda digantikan dengan alat dari semikonduktor yang lebih efisien. Dengan ditemukan gejala magnetoresistivitas pada lapisan tipis, maka lapisan tipis dapat digunakan sebagai transistor magnetik (Gregg, 1994).

Dalam industri instrumentasi nasional sering diperlukan bahan-bahan penunjang yang mempunyai sifat listrik baik. Salah satu bahan penunjang tersebut adalah sensor yang dipasang pada alat ukur medan magnet. Di samping sebagai transistor magnetik lapisan tipis magnetik memang dapat digunakan sebagai sensor magnetik (Gregg, 1994). Dengan demikian diharapkan lapisan tipis magnetik dapat digunakan sebagai bahan sensor medan magnet.

Ada beberapa cara membuat lapisan tipis paduan, yaitu: penguapan (*evaporation*), percikan (*sputtering*), dan implantasi ion. Pada penelitian ini akan dipakai teknik implantasi ion. Implantasi ion merupakan suatu cara untuk menyisipkan ion-ion ke dalam bahan dengan jeluk (*depth*) penerobosan ion sangat kecil, sehingga terbentuk paduan antara bahan sasaran dan ion yang ditembakkan dengan ketebalan yang kecil. Teknik ini digunakan karena mempunyai keunggulan: (1) tidak melibatkan besaran panas sehingga bahan tidak mengalami tekanan termal, dengan demikian bahan tidak akan mengalami perubahan dimensi (Sioshansi, 1989);

(2) jeluk sisipan dapat dikendalikan dengan mengatur tenaganya; dan (3) proses implantasi berlangsung bersih, karena dilakukan di ruang hampa (Herman, 1981).
Selanjutnya dalam penelitian ini akan diamati pengaruh dosis ion, tenaga, dan suhu sepuh-lindap (*anneal*) terhadap magnetoresistans dan nisbah GMR (*Giant Magnetoresistance*) jenis pada lapisan tipis Ag-Fe.

Bertolak dari uraian di depan, permasalahan-permasalahan yang muncul dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap terhadap magnetoresistans.
2. Pada dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap berapakah Ag-Fe memiliki nisbah GMR optimum dengan resistans minimum.

Sensor medan magnet merupakan alat yang dapat mendeteksi besarnya medan magnet yang ada. Sensor medan magnet yang berupa lapisan tipis magnetik Ag-Fe bekerja berdasarkan gejala magnetoresistans. Jika sensor berada dalam medan magnet akan mengalami perubahan resistivitas, sehingga timbul gejala magnetoresistans (Howson, 1994).

Bahan akan memenuhi syarat sebagai sensor yang baik apabila energi yang terdispersi akibat dirangsangkannya sensor pada alat ukur medan magnet adalah kecil. Energi yang terdispersi sebanding dengan resistans jenis (resistivitas) atau berbanding terbalik dengan

konduktivitas. Dengan demikian sensor yang baik bila memiliki resistivitas kecil atau konduktivitas besar. Pembuatan lapisan tipis berupa paduan Ag-Fe dilakukan dengan metoda implantasi ion.

Implantasi ion adalah suatu metoda untuk menempatkan atom ke dalam suatu bahan dengan cara: (1) pengionan atom, (2) pemercepatan di dalam medan listrik, dan (3) penembakan ke permukaan bahan (Ryssel and Ruge, 1986).

Sistem implantasi ion pada umumnya terdiri atas dua komponen, yakni: (1) komponen utama: sumber ion, sumber daya tegangan tinggi, sistem hampa, tabung akselerator, kotak sasaran, dan sistem elektronik, (2) komponen tambahan: lensa kuadropol, magnet pembelok, dan penyapu berkas (Dearnaley dkk, 1973). Alat implantasi ion disajikan pada Gambar 2.

Parameter-parameter implantasi ion yang mempengaruhi hasil sesuai yang diinginkan adalah: dosis ion, tenaga, dan jeluk jangkauan ion.

Dosis ion bergantung pada besar arus ion, luas sasaran, dan lama implantasi. Besar dosis didefinisikan sebagai berikut:

$$D \equiv \frac{Q}{eA} = \frac{It}{eA} \quad (1)$$

dengan Q muatan, e muatan elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ C), I arus ion (ampere), A luas permukaan sasaran (cm^2), dan t waktu implantasi (detik).

Jangkauan ion dalam bahan sasaran didefinisikan sebagai jarak total yang ditempuh ion dalam bahan yang dihitung mulai ion masuk ke bahan sasaran sampai ion tersebut berhenti. Jangkauan total ion (dalam Å) dalam bahan dinyatakan dengan persamaan (Mayer dkk, 1970):

$$R_t = \frac{60 \left(Z_t^{2/3} + Z_s^{2/3} \right)^{1/2} (m_t + m_s) m_s E}{S Z_t Z_s m_t} \quad (2)$$

dengan Z_t dan Z_s berturut-turut adalah nomor atom ion yang ditembakkan dan bahan sasaran; m_t dan m_s adalah massa atom ion yang ditembakkan dan bahan sasaran; S adalah rapat massa sasaran (g/cm^3); dan E tenaga ion (keV). Untuk keperluan teknis, didefinisikan jangkauan terproyeksi (R_p) yakni jangkauan yang searah dengan arah ion mula-mula (komponen R_t yang searah dengan arah ion mula-mula). Perbandingan jangkauan total dengan jangkauan terproyeksi dinyatakan dengan persamaan (Dearnaley dkk, 1973):

$$\frac{R_t}{R_p} = \frac{1}{4} \left\{ (5+A) \frac{(1+A)}{2A} \arccos \left[\frac{1-A}{1+A} \right] - 1 - 3A \right\} \quad (3)$$

dengan, $A = m_s/m_t$. Persamaan (2) dan (3) berlaku untuk bahan sasaran yang terdiri dari satu unsur, sedangkan untuk bahan paduan yang terdiri dari unsur A dan B , jangkauan ion diberikan oleh persamaan (Mayer dkk, 1970):

$$R = R_A R_B (\chi_A R_B + \chi_B R_A)^{-1} \quad (4)$$

dengan R_A dan R_B jangkauan ion pada unsur A dan B serta χ_A dan χ_B prosentase unsur A dan B dalam bahan paduan.

Tenaga ion saat keluar dari tabung akselerator ditentukan oleh besar tegangan yang digunakan pada tabung akselerator. Makin besar tegangan pada tabung akselerator makin besar tenaga ion. Tenaga ion ini akan berpengaruh pada jangkauan terproyeksi; semakin besar tenaga ionnya akan semakin besar jangkauan terproyeksinya.

Sepuh-lindap (*anneal*) adalah perlakuan termal pada bahan telah rusak yang dapat mengakibatkan pemulihan struktur kristal (rekristalisasi) dan sifat-sifat fisik (Deamaley *dkk*, 1973). Kelakuan sepuh-lindap pada lapisan terimplantasi bergantung pada dosis ion. Bertambahnya dosis akan diikuti rusak radiasi. Oleh karena itu sepuh-lindap diperlukan untuk menurunkan rusak radiasi (Reyssel dan Ruge, 1986).

Suatu kristal merupakan suatu struktur periodik yang sangat teratur. Gelombang bergerak melalui struktur periodik akan tanpa hambatan. Jadi suatu kisi kristal logam merupakan media yang sangat baik untuk pergerakan elektron. Jika terdapat cacat struktur periodik ia dapat membiaskan gelombang. Bila suatu elektron yang bergerak menuju elektroda positif dan dibiaskan, maka elektron tidak akan mengalami peningkatan kecepatan dalam arah tersebut.

Efek akhir yang didapat adalah penurunan kecepatan gerak walau tidak ada perubahan medan listrik. Dengan demikian ketidakteraturan struktur kisi akan mengurangi mobilitas sehingga akan meningkatkan resistans jenis bahan.

Resistans lapisan diukur dengan menggunakan metoda kuar (*probe*) empat (4) titik. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3. Dua kuar dalam, yakni kuar k-2 dan k-3 untuk mengukur beda potensial lapisan; sedangkan dua kuar luar, yakni kuar k-1 dan k-4 untuk mengukur kuat arus lapisan. Dengan memperhatikan geometri lapisan, maka bentuk ini memiliki faktor koreksi geometrik sebesar $\frac{\pi}{\ln 2}$. Metoda pengukuran ini dikembangkan oleh Valdes, Smits, dan Severin (Ryssel and Ruge, 1986).

Untuk arus sejajar permukaan lapisan dan cuplikan persegi, resistans dihitung dengan persamaan:

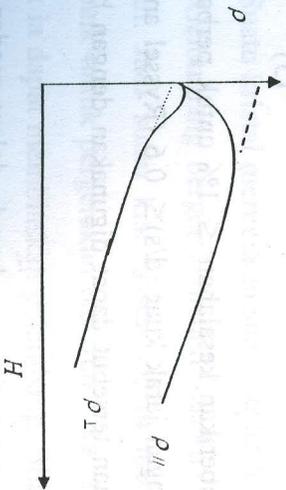
$$R_{\square} = \frac{\pi V}{\ln 2 I} \quad (5)$$

Persamaan (5) memberikan kesalahan $\leq 1\%$ untuk perbandingan antara ketebalan dengan jarak kuar ($d/s \leq 0.6$) (Ryssel and Ruge, 1986). Jadi persamaan tersebut dapat digunakan dengan baik jika $d/s < 0,6$.

Suatu bahan magnetik yang berada dalam medan magnet akan mengalami perubahan resistivitas, yaitu gejala

magnetoresistans (Howson, 1994). Jika ditinjau sistem magnetik sederhana yang digambarkan dengan model momen terlokalisasi, maka permasalahan yang timbul adalah fenomena *magnetotransport* akibat adanya elektron konduksi dengan momen lokal (pada sub kulit k-d atau k-f). Secara sederhana perilaku bahan magnetik (khususnya ferromagnetik) merespon medan pengimbas dapat dijelaskan berikut (Fert dan Lottis, 1995):

Pada suhu nol mutlak, ketika seluruh momen magnetik dari material ferromagnet ideal searah, interaksi tukar antara elektron-elektron konduksi dengan benahan spin membentuk potensial secara periodik. Apabila potensial bersifat periodik dan bukan merupakan sumber hamburan, maka sumbangan interaksi tukar terhadap resistivitas adalah nol. Namun dalam kenyataan masih ada resistivitas sisa yang berasal dari pengotor, cacat kisi, dan sebagainya.



Gambar 1. Grafik Magnetoresistans untuk Medan Sejajar (ρ_{\parallel}) dan tegak lurus (ρ_{\perp}) arus

Untuk keadaan mendekati I_0 resistivitas ketakteraturan spin besar, dan magnetoresistans negatif muncul (dengan adanya medan terpasang resistivitas menurun). Hal ini karena adanya medan pengimbas pada benahan spin, yang sebenarnya lebih penting daripada magnetoresistans normal positif. Magnetoresistans negatif muncul karena adanya hamburan *spin-flip* dan hamburan potensial yang menyebabkan munculnya perbedaan jumlah keadaan elektron-elektron konduksi pada *spin up* dan *spin down*. Jadi karena efek hamburan lebih dominan untuk elektron-elektron *spin down*, resistans pada kanal *spin up* lebih rendah dibandingkan resistans di kanal *spin down*. Besar perbedaan resistivitas tersebut merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya gejala magnetoresistans. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi adalah induksi magnetik remanen (B_r) dan tingkat homogenitas bahan. B_r merupakan induksi magnetik jenuh yakni induksi magnetik yang diperoleh ketika besar medan terpasang ($\mu_0 H$) diturunkan sampai nol.

Magnetoresistans raksasa dapat dijelaskan secara baik bila diasumsikan bahwa elektron-elektron spin mayoritas dan minoritas terhambur secara berlainan karena keberadaan pengotor maupun cacat dalam lapisan tipis magnetik dan atau kekasaran antar muka (*interface*). Jika magnetoresistans seluruh lapisan telah searah, elektron-elektron secara sistematis lebih mudah terhambur (dalam lapisan) dan akibatnya timbul efek hubungan singkat yang

menyebabkan resistivitas rendah. Sedangkan pada medan nol, magnetisasi secara acak berorientasi dan masing-masing terhambur kuat atau lemah. Hal ini yang menimbulkan gejala magnetoresistans raksasa (*GMR*) pada lapisan tipis.

Untuk mengetahui seberapa kepekaan terhadap medan didefinisikan nisbah *GMR* yakni perbandingan antara besar perubahan resistans dengan resistans tanpa medan magnet yang dinyatakan persamaan:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R(0) - R(B)}{R(0)} \quad (6)$$

dengan:

$R(0)$ = resistans pada saat medan magnet nol

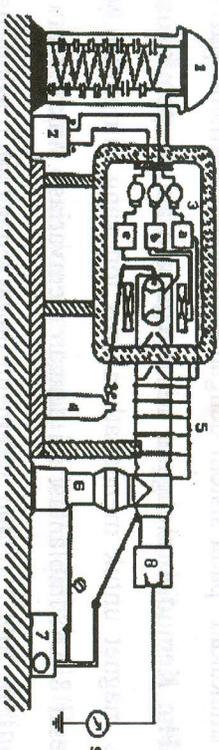
$R(B)$ = resistans pada saat terpasang medan (saat magnetoresistans hampir tetap dengan adanya perubahan medan).

Bahan dan Metoda

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: lempeng perak 1 cm x 1 cm, sumber ion besi, resin, ampelas dengan ukuran 350 sampai dengan 2000, pasta intan, alkohol, dan katalis resin.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua perangkat, yakni: perangkat implantasi ion dan perangkat uji *GMR* yang terdiri: Kuar (*probe*) empat titik, Amperemeter,

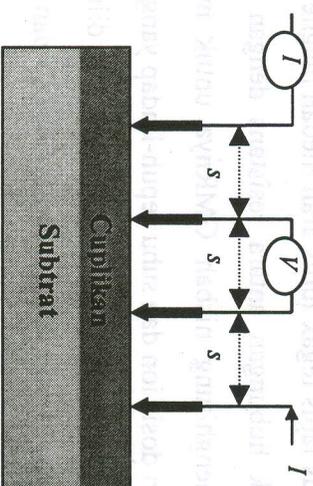
Volmeter dan Elektromagnet. Perangkat implantasi ion dan perangkat uji *GMR* berturut-turut disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Keterangan gambar:

1. generator tegangan tinggi Cochroft- walton (HV)
2. sumber ion
3. pemfokus
4. magnet kumparan
5. tabung akselerator
6. pompa difusi
7. pompa rotari
8. kotak sasaran
9. Amperemeter

Gambar 2. Sistem Implantasi Ion



Gambar 3. Cara Pengukuran Resistans Lapisan

Lempeng perak ukuran 1 cm x 1 cm dipoles sampai benar-benar halus dan dibersihkan. Setelah lempeng perak benar-benar halus dan bersih kemudian diimplantasi dengan ion besi. Implantasi ion dilakukan pada sistem dengan keahmampannya mencapai 10^{-6} mmHg. Kemudian mengatur besar tegangan anoda, pemfokus dan arus magnet untuk mendapatkan arus ion yang diinginkan yakni sebesar 8 μ A. Implantasi ini dengan memvariasi waktu, yaitu: 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 menit untuk tenaga ion masing-masing 40, 60, 80, dan 100 keV.

Dalam penyepuh-lindapan ini, perak yang telah diimplantasi disepuh-lindap pada suhu 100°C, 300°C, dan 500°C yang masing-masing selama 30 menit.

Untuk mengukur magnetoresistans dilakukan sebagai berikut: pengukuran resistans dilakukan di dalam medan magnet dengan arah arus lapis tegak lurus arah medan magnet. Selanjutnya membuat grafik hubungan antara resistans dengan besar medan magnet dan menghitung nisbah GMRnya untuk masing-masing cuplikan dengan dosis ion dan suhu sepuh-lindap yang berbeda.

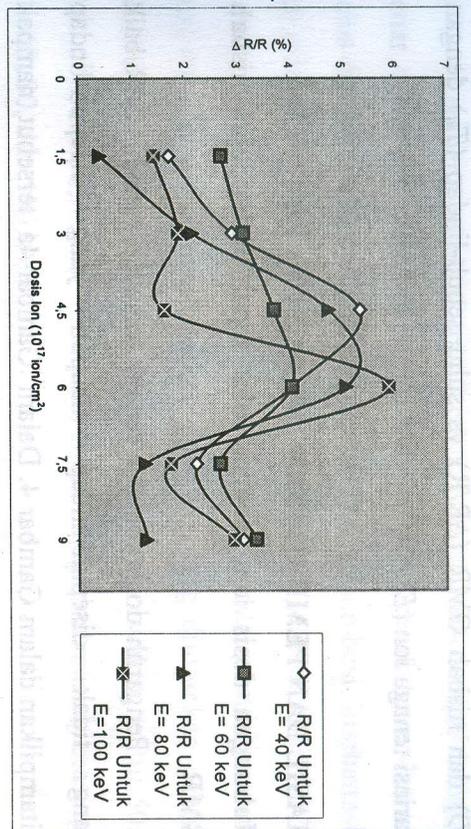
Analisis data pada penelitian perak yang diimplantasi ion besi ini meliputi: (1) perhitungan: dosis ion (D) dan nisbah GMR ($\Delta R/R$) dan (2) analisis grafik: nisbah GMR ($\Delta R/R$) vs dosis ion

(D) dan nisbah GMR ($\Delta R/R$) vs suhu sepuh-lindap (T_s) dengan variasi tenaga ion (E).

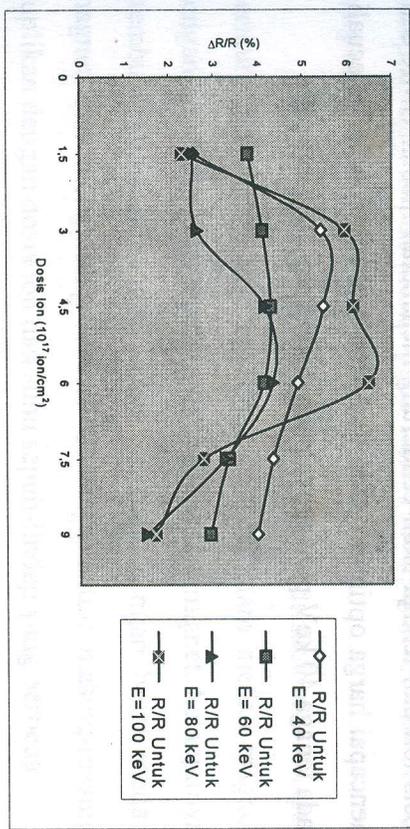
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan dosis ion, tenaga, suhu sepuh-lindap, dan nisbah GMR

Pengaruh dosis ion dan tenaga terhadap nisbah GMR baik yang tidak disepuh-lindap maupun yang disepuh-lindap ditampilkan dalam Gambar 4. Dalam Gambar 4a tersebut nampak bahwa pengaruh implantasi ion besi pada perak untuk berbagai dosis ion dan tenaga akan cenderung menaikkan nisbah GMR dan mencapai harga optimum pada dosis ion 6×10^{17} ion/cm², kecuali pada tenaga 40 keV puncaknya pada dosis $4,5 \times 10^{17}$ ion/cm².



a



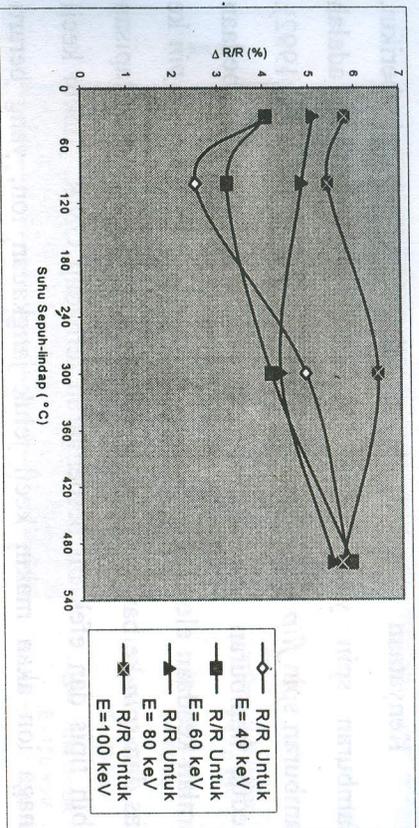
b

Gambar 4. Grafik hubungan antara dosis ion, tenaga dan nisbah GMR untuk:
 a. cuplikan tidak disepuh-lindap
 b. cuplikan dengan suhu sepuh-lindap 300 °C

Kenyataan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hamburan spin yang terjadi dalam bahan magnetik adalah hamburan spin *flip* dan hamburan potensial (Fert dan Lotz, 1992). Kedua hamburan tersebut akan dapat menimbulkan perbedaan jumlah keadaan elektron-elektron konduksi di kedua kanal *spin* ke atas dan *spin* ke bawah. Efek hamburan lebih efektif untuk lapisan lebih tipis dan efek ini berpengaruh terhadap GMR. Makin kecil tenaga ion akan makin kecil jekuk jangkauan ion, yang berarti semakin kecil tenaga semakin kecil pula tebal lapisan tipis Ag-Fe. Dengan begitu pada tenaga rendah yang tebal lapisannya kecil efek hamburan yang terjadi akan efektif kalau dosis ionnya tidak terlalu besar (padat) dan efek hamburan ini berpengaruh terhadap besar kecilnya nisbah GMR.

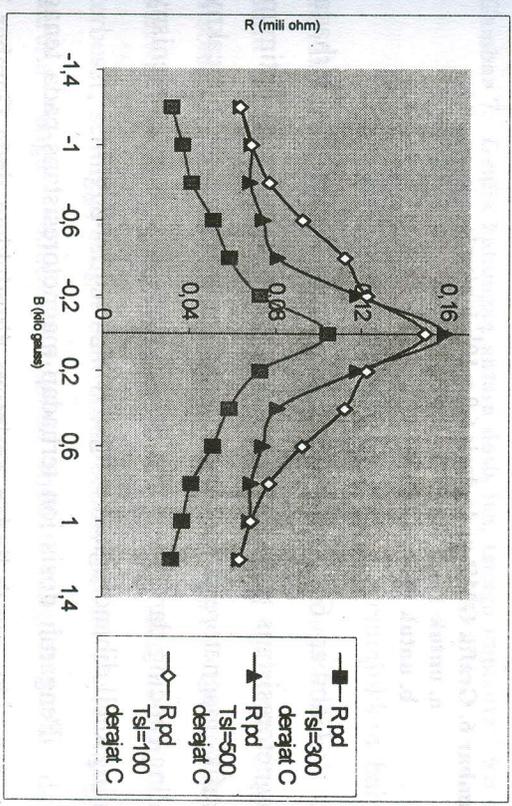
Gambar 4b. menunjukkan bahwa cuplikan yang disepuh-lindap pada suhu 300°C menunjukkan gejala yang sama dengan tidak disepuh-lindap, hanya sedikit menaikkan nisbah GMR dan memperlebar puncak kurva. Hal ini dapat dijelaskan karena dengan penyepuh-lindapan (*annealing*) tersebut kerusakan radiasi yang terjadi oleh peristiwa implantasi ion dapat berkurang, sehingga dapat menaikkan nisbah GMR.



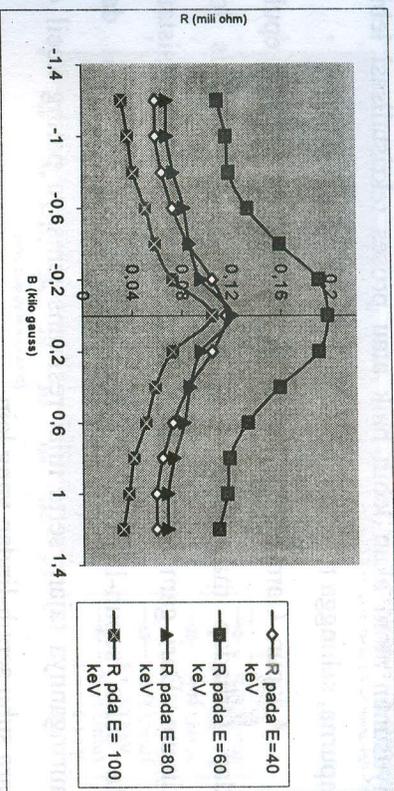
Gambar 5. Grafik hubungan antara suhu sepuh-lindap, tenaga dan nisbah GMR pada dosis ion $6,0 \times 10^{17}$ ion/cm²

Ketergantungan nisbah GMR dengan suhu sepuh lindap untuk berbagai tenaga ion dapat dilihat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut nampak bahwa kenaikan suhu sepuh-lindap akan menaikkan nisbah GMR dan mencapai optimum pada suhu 300°C. Hal tersebut di atas terjadi karena suhu 300°C berada pada rentang suhu rekristalisasi perak. Suhu rekristalisasi suatu bahan terletak antara $0,3 T_m$ dan $0,6 T_m$ dengan T_m adalah titik lebur bahan (Van Vlack, 1992). Karena titik lebur perak 961,9°C, maka suhu rekristalisasi perak terletak antara 97,5°C dan 468°C, jadi 300°C berada pada rentang suhu kristalisasi perak. Dengan begitu

penyusunan atom akan lebih baik atau proses rekristalisasi lebih sempurna, sehingga nisbah GMR akan semakin besar. Adapun Gambar 6a. menampilkan pengaruh suhu sepuh-lindap terhadap magnetoresistans pada tenaga dan dosis ion optimum. Dari gambar tersebut nampak grafik magnetoresistans pada suhu sepuh-lindap 300°C puncaknya paling kecil dan kemiringannya tajam serta nilai resistans jenisnya paling kecil di antara suhu sepuh-lindap yang lain.



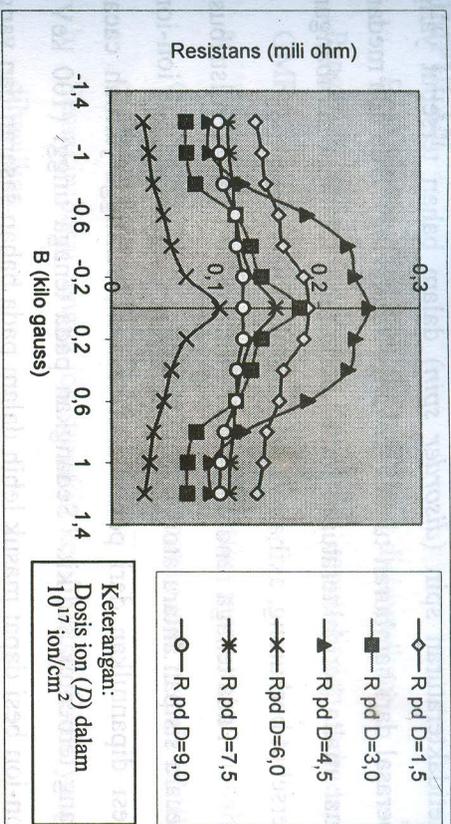
2



Gambar 6. Grafik GMR pada dosis $6,0 \times 10^{17}$ ion/cm²:
 a. untuk suhu sepuh-lindap 300°C
 b. untuk tenaga 100 keV

Gambar 6b. menyajikan pengaruh tenaga ion terhadap magnetoresistans pada dosis ion dan suhu sepuh-lindap optimum. Grafik magnetoresistans pada tenaga ion 100 keV puncaknya paling runcing dan gradiennya paling besar serta resistans jenisnya paling kecil dibandingkan dengan tenaga ion yang lain.

Pengaruh dosis ion terhadap magnetoresistans pada tenaga ion dan suhu sepuh-lindap optimum ditunjukkan pada Gambar 7. Grafik magnetoresistans pada keadaan ini memiliki puncak yang cukup runcing dan kemiringannya cukup tajam dibandingkan pada dosis ion yang lain.



Gambar 7. Grafik hubungan antara dosis ion, tenaga implantasi ion dan nisbah GMR pada suhu sepuh-lindap 300°C

Gambar 4 sampai dengan Gambar 7 menunjukkan bahwa kondisi dengan dosis ion $6,0 \times 10^{17}$ ion/cm², tenaga 100 keV dan suhu sepuh lindap 300°C merupakan keadaan optimum dengan nisbah GMR 6,49%. Sedangkan Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa kondisi ini memiliki resistans terkecil dan nisbah GMR terbesar, sehingga sangat baik untuk sebuah sensor medan magnet, karena dengan sedikit perubahan medan magnet sudah dapat terdeteksi. Di samping itu grafik tersebut menunjukkan watak setangkup serta nilai resistans maksimum di sekitar medan $B=0$. Seperti telah dibahas sebelumnya, keberadaan resistivitas magnetik tidak dapat dipisahkan dari sumbangan yang berasal dari

ketidakteraturan spin (*disorder spin*) dalam bahan tersebut yang berasal dari hamburan tukar (*exchange scattering*). Bila ada medan luar maka ketidakteraturan mulai berkurang sehingga sumbuangan tersebut berkurang, akibatnya resistans akan berkurang juga.

Pada tenaga rendah (40 keV) ion-ion besi yang terdistribusi secara sisipan antara atom-atom sasaran sedikit, karena ada ion-ion besi dipantulkan dari permukaan sasaran, sehingga jumlah cacat yang terbentuk sedikit. Sedangkan pada tenaga tinggi (100 keV) ion-ion besi dapat masuk lebih dalam pada bahan sasaran dan yang terpantul sedikit, sehingga jumlah cacat akan lebih banyak. Kelebihan cacat ini akan diisi oleh atom-atom sasaran tetangganya atau ion-ion besi. Akibatnya terjadi *compression stress* yang lebih besar pada saat atom-atom besi mengisi cacat-cacat itu. Kenyataan ini mengakibatkan resistans jenis terkecil dan nisbah GMR optimum pada tenaga 100 keV.

Penelitian tentang Ag-Fe pernah dilakukan oleh Redondo dkk, hasilnya bahwa lapisan perak (Ag) yang diimplantasi dengan ion besi (Fe) akan bersifat ferromagnet dan muncul gejala GMR (Redondo dkk, 1997). Dengan demikian, tulisan ini telah menguatkan hasil penelitian Redondo dkk dengan menambahkan parameter yang mempengaruhi implantasi ion, yakni: dosis ion dan tenaga ion. Di samping itu, ditambahkan pula pengaruh proses sepuh-lindap pada lapisan Ag-Fe hasil implantasi ion tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan:

1. Pengaruh dosis ion, tenaga, dan suhu sepuh-lindap terhadap GMR:
 - a. Kenaikan dosis ion besi mula-mula menaikkan nisbah GMR dan setelah mencapai nilai maksimum nisbah GMR menurun.
 - b. Semakin besar tenaga ion semakin kecil nisbah GMR yang dihasilkan.
 - c. Kenaikan suhu sepuh-lindap dapat menaikkan nisbah GMR.
2. Nisbah GMR optimum pada dosis $6,0 \times 10^{17}$ ion/cm², tenaga 100 keV, dan suhu sepuh-lindap 300°C.
3. Grafik magnetoresistans bersifat setangkup dan resistans maksimum di sekitar medan magnet nol.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada P3TM BATAN Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk pembuatan cuplikan dengan alat implantor ion dan alat sepuh-lindap.

DAFTAR PUSTAKA

- Dearnaley, G., Freeman, J.H., Nelson, R.S., dan Stephen, J. (1973). *Ion Implantation*. North-Holland Publishing Company Inc., New York.
- Fert, A. dan Lottitts, D.K. (1992). *Magnetotransport Phenomena*, dari Encyclopedia of Magnetic and Superconducting Materials, ed. S.E. Everts, Pergamon Press.
- Greig, J. dan Thompson, S. (1994). *New Era in Magnetic*, Electronic World and Wireless World, Reed Business Publishing Ltd, Surrey, U.K.
- Herman, H. (1981). *Modification of The Surface Mechanical Properties of Ferrous by Ion Implantation*, Proceeding of The 3rd International Conference on Modification of Surface Properties of Metal by Ion Implantation, Pergamon Press.
- Howson, M.A. (1994). *Magnetic Thin Films and Multilayer*. Contemporary Physics, vol 35 no. 5, hal 347-359.
- Mayer, J. W., Eriksson, L. dan Davies, J. A. (1970). *Ion Implantation in Semiconductors*. Academic Press, New York and London.
- Redondo, L.M, da Silva, M.F., dan Marques, J.G. (1997). *High Flux $^{56}\text{Fe}^+$ and $^{57}\text{Fe}^+$ Implantation for GMR Applications*. Institute Technology Nuclear, Portugal.
- Ryssel, H dan Ruge, I. (1986). *Ion Implantation*. John Willey & Sons, New York.
- Sioshansi, P. (1989). *Surface Modification of Industrial Components by Ion Implantation*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B37/38.
- Van Valck. (1992). *Ilmu Bahan dan Teknologi Bahan* (Trans: Sriati Djaprie). Penerbit Erlangga, Jakarta.

PENENTUAN TITIK ISOBESTIK DAN TETAPAN DISOSIASI SENYAWA p-NITROFENOL SECARA SPEKTROFOTOMETRI

Oleh:

Heru Pratomo Al.

Staf Pengajar FMIPA UNY

Abstract

The determined of isobestic point from weak acids or weak bases are usually important for indicator solutions. The indicators that used in acid-base titration have pH exactly, and this is useful for determine the end of titration. The aims of this research are (1) to determine of wavelength on isobestic point of p-nitro phenol, and (2) to determine of dissociation constant of p-nitro phenol. The determined of isobestic has done with spectrophotometric method, to the p-nitro phenol solutions in several pH, at region of wavelength between 280 nm – 450 nm. In this research, indicate that the isobestic point of p-nitro phenol at the wavelength of 348 nm, and pH about 6.7. From this research also can be determined that the dissociation constant (K_a) of p-nitro phenol is 6.48×10^{-8} , not too different compared with K_a literature, is 7.08×10^{-8} .

Keywords: isobestic point, dissociation constant, p-nitro phenol

PENDAHULUAN

Banyak asam lemah atau basa lemah organik yang dalam keadaan ion dan dalam keadaan tak terdisosiasi menunjukkan warna yang berbeda. Molekul-molekul semacam ini dapat digunakan sebagai indikator untuk menetapkan berakhirnya suatu titrasi asam basa. Hal ini disebabkan karena biasanya perubahan warna terjadi akibat perubahan pH. Indikator fenolftalein dapat