PENGARUH EFEK SINTER PADA SIFAT *MAGNETORESISTANCE* BAHAN PADUAN (Sm,La)Mn_2Ge_2

Setyo Purwanto[1], Wagiyo[1], Teguh Yulius Surya P.P[1], Wisnu Ari Adi[1], Y. Yamaguchi[2]

[1]*Puslitbang Ilmu Pengetahuan Bahan, BATAN, Puspiptek*

[2]*Institute for Materials Research, Tohoku Univ. Japan*

ABSTRAK

PENGARUH EFEK SINTER PADA SIFAT *MAGNETORESISTANCE* BAHAN PADUAN (Sm,La)Mn_2Ge_2. Makalah ini memaparkan hasil penelitian pada bahan (Sm,La)Mn_2Ge_2 yang memiliki sifat *magnetoresistance* pada suhu ruang. Bahan yang menjadi objek pengamatan memiliki komposisi unsur La 10,20 dan 30% berat yang dibuat dalam bentuk pelet dari cuplikan ingot yang sudah mengalami proses sinter selama 1,8 dan 16 jam pada suhu 900 °C. Dari hasil pengukuran sifat *magnetoresistance* dengan metoda *four point probe* dengan medan magnet sampai sekitar 1 Tesla, diketahui terjadi peningkatan sifat *magnetoresistance* yang amat berarti pada cuplikan dengan komposisi La 30% yang telah dianil selama 8 jam, dari hanya sekitar 7 % menjadi lebih dari 66%. Pengamatan secara sistematis terhadap struktur mikro bahan memperlihatkan bahwa peningkatan sifat tersebut berkaitan dengan pertumbuhan/growth dari populasi pola seperti domain magnetik yang ditandai dengan citra pola abu-abu putih pada hasil foto mikroskop elektron.

Kata kunci : Magnetoresistan, sinter, lantanum, paduan (Sm, La)Mn_2Ge_2, domain magnetik.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SINTERING ON MAGNETORESISTANCE PROPERTIES OF (Sm,La)Mn_2Ge_2 COMPOUND. This paper present about the magnetoresistance (MR) behaviour of (Sm,La)Mn_2Ge_2 compound at room temperature. The samples have 10,20 and 30% weight La composition in pellet made from ingot after sintering process at 900 °C for 1, 8 and 16 hours. The magnetoresistance measurement results obtained using a four point probe under external magnetic field up to 1 Tesla have shown an increase of MR from 7% up to more than 66% for sample with 30% La after sintering 8 hour. The systematic study on microstructure shows that the increase of MR is strongly related to the growth of population of *magnetic domain like* indicated by grey and white images or patterns at the microscope electron photos.

Key words : Magnetorisistance, sinter, lantanum, (Sm, La)Mn_2Ge_2 compound, magnetic domain.

PENDAHULUAN

Pada makalah ini akan disampaikan hasil-hasil dari pengamatan terhadap kelakuan sifat *magnetoresistance* rasio (MR) pada paduan (Sm,La)Mn_2Ge_2 dengan menggantikan sebagian atom Sm dengan atom La pada konsentrasi atom La antara 10~30%. Diketahui bahwa dengan menggantikan sebagian Sm dengan atom La akan menyebabkan terjadinya kompetisi interaksi pertukaran dari fasa Mn antiferomagnetik pada paduan $SmMn_2Ge_2$ dengan fasa Mn feromagnetik pada paduan $LaMn_2Ge_2$ yang pada gilirannya akan memperluas fasa tengah (intermediate phase)[1]. Teramati bahwa fasa ini cenderung '*unstable*' sehingga sangat mudah dipengaruhi oleh perubahan jarak kisi pada arah sumbu a kristal dan juga oleh medan magnet sehingga diharapkan sifat *magnetoresistance* yang dimiliki oleh paduan $SmMn_2Ge_2$ akan tetap '*exist*' dan mencakup daerah suhu kerja yang bertambah luas. Sifat-sifat tersebut tadi pada cuplikan pelet setelah dianil dan dipress telah diamati dan dilaporkan pada makalah lain [2]. Dari hasil studi awal tersebut dapat diduga bahwa sifat *magnetoresistance* bahan khususnya sangat bergantung pada fasa primer dan densitas bahan. Sedangkan makalah kali ini akan lebih menyoroti pengaruh perlakuan lama sintering pada cuplikan pelet dan melaporkan bahwa waktu sintering sangat erat hubungannya dengan pertumbuhan domain dan pola penyebaran domain magnetik. Faktor-faktor tadi akan sangat menentukan terjadinya peningkatan sifat *magnetoresistance* bahan.

TATA KERJA

Bahan dan Metode

Pada penelitian ini bahan yang dipakai adalah Samarium ingot 99.9%, lanthanum ingot 99,9%, Mn *flakes* 99,9%, germanium 9,999%, Dari bahan-bahan tersebut dibuat paduan $SmMn_2Ge_2$ dan $LaMn_2Ge_2$ terlebih dahulu dengan metoda *Tri Arc Melting*. Setelah itu paduan dicampur dengan perbandingan persen berat antara

Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 21 - 24
ISSN : 1411-1098

$SmMn_2Ge_2$ dan $LaMn_2Ge_2$ 90:10, 80:20 dan 70:30 lalu dilebur kembali pada kondisi gas Argon. Kemudian paduan dengan komposisi tersebut di atas diperiksa fasa yang terbentuk dengan difraksi sinar-X. Sedangkan sebagian bahan lain dianil didalam vakum dengan dibungkus Tantalum *foil* pada suhu 900°C selama 100 jam. Setelah dianil cuplikan diperiksa kembali dengan difraksi sinar-X untuk mengetahui kondisi fasa yang ada. Dari cuplikan tadi beberapa dibuat bubuk lalu dipeletisasi dengan tekanan P=10 ton per sentimeter persegi. Kemudian cuplikan tadi di sinter dalam furnace vakum pada suhu 900°C dengan berbagai variasi waktu yaitu 1 jam, 8 jam dan 16 jam. Setelah itu dilakukan pengukuran sifat *magnetoresistance* dengan metoda empat titik dan juga dilakukan pengamatan terhadap struktur mikro bahan dengan peralatan SEM di P3IB dan LIPI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Difraksi Sinar-X

Hasil analisis pola difraksi dengan program RIETAN[3] menunjukkan bahwa untuk paduan ini diketahui fraksi fasa $Sm_{0,9}La_{0,1}Mn_2Ge_2$ sekitar 91,13% sedangkan fraksi fasa impuritas La_2O_3 sekitar 8,87%. Sedangkan pada paduan dengan komposisi $Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$ dan $Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$ hasil analisis RIETAN menunjukkan bahwa fasa utama $Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$ dan $Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$ besarnya bertambah menjadi 99,93% sedangkan fraksi fasa impuritasnya menurun menjadi hanya 0,7%. Kemudian efek dari penggantian atom Sm dengan atom La mengakibatkan parameter kisi bertambah panjang baik untuk arah sumbu a maupun arah sumbu c kristal. Sebagai akibatnya jarak Mn-Mn di dalam satu kisi (*in plane distance*) maupun antar kisi (*interplane distance*) bertambah, seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Diketahui bahwa besaran jarak Mn-Mn di dalam satu kisi yang sama atau '*in plane distance*' berpengaruh pada fasa magnetik yang muncul.

Table 1. Hasil refinement/penghalusan hasil pola difraksi sinar-X

Paduan	Fasa yang terbentuk (%)	Parameter kisi (Å)
$Sm_{0,9}La_{0,1}Mn_2Ge_2$	- $Sm_{0,9}La_{0,1}Mn_2Ge_2$ = 91,13 - La_2O_3 = 8,87	a =4,07724 c =10,9044 a =4,5110
$Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$	- $Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$ = 99,93 - La_2O_3 = 0,7	a =4,08578 c =10,9267 a =5,02103
$Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$	- $Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$ = 99,93 - La_2O_3 = 0,7	a =4,08579 c =10,9267 a =4,5110

Pengamatan Struktur Mikro Bahan

Pengamatan struktur mikro bahan dilakukan terhadap sampel yang mengalami perlakuan *miling*(AM) dan perlakuan *sintering* 8 jam (AS-8h). Pengamatan dilakukan dengan menggunakan peralatan SEM di P3IB dan LIPI. Pada bagian ini hanya akan dibahas lebih dalam pada sifat struktur mikro bahan setelah mengalami efek sintering 8 jam (AS-8h).

Pengamatan pada Cuplikan Sesudah Miling (AM)

Seperti sudah dilaporkan pada makalah lain[2], diketahui bahwa cuplikan dengan konsentrasi atom La lebih tinggi memiliki ukuran butiran lebih besar seperti diperlihatkan pada Tabel 2, dengan kerapatan yang lebih rendah dibandingkan pada cuplikan dengan konsentrasi atom La lebih sedikit.

Table 2. Sifat Mikrostruktur Paduan $(Sm,La)Mn_2Ge_2$ Pasca Tekan Dingin

Compound	Density (gr/cc)	Granular diameter (μm)
$Sm_{0,9}La_{0,1}Mn_2Ge_2$	7,08	<5~10
$Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$	5,85	5~10
$Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$	6,13	>10

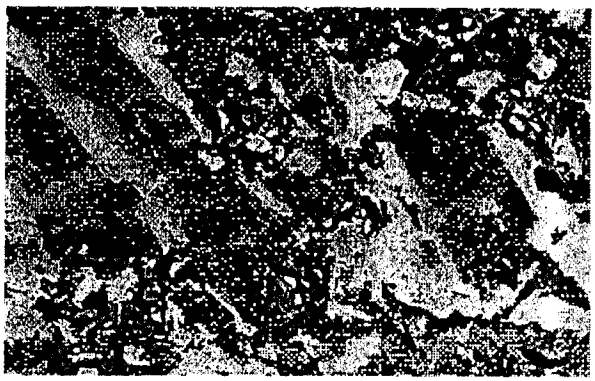
Pengamatan Struktur Mikro Pada Cuplikan Setelah Sinter 8 jam

Pengamatan struktur mikro difokuskan pada cuplikan yang telah mengalami proses sinter 8 jam yaitu L3(La=30%),L2(La=20%) dan L1(La=10%), karena diketemukan gejala menarik pada peningkatan sifat magnetoresistan bahan yang sangat tajam.

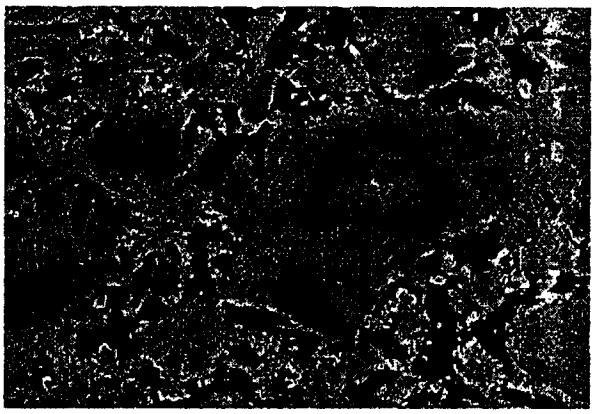
Dari Gambar 1, 2, dan 3 terlihat bahwa pola seperti 'domain magnetik' abu-abu berseling putih telah dianalisa fasa-fasa dengan SEM/EDAXS. Diketahui bahwa fasa utama untuk daerah putih dan abu-abu pada umumnya memiliki fasa yang sama, yaitu fasa $(Sm,La)Mn_2Ge_2$. Sedangkan daerah abu-abu mengandung kadar oksigen yang lebih banyak, Diduga berasal dari paduan impuritas La_2O_3. Hal ini sesuai dengan analisis dengan RIETAN seperti dilaporkan pada makalah sebelumnya oleh Setyo. P. dkk[1].

Pengukuran Sifat Magnetoresistance

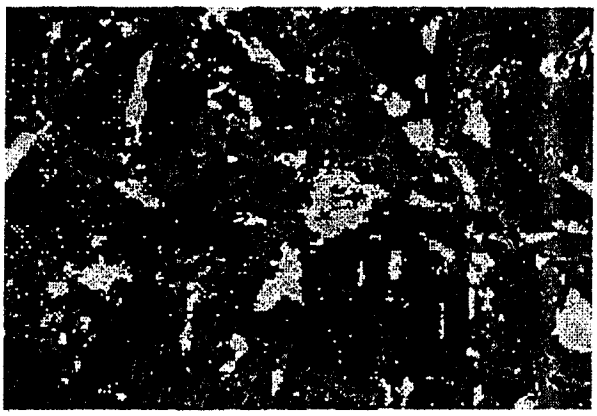
Pengukuran sifat *magnetoresistance* dilakukan dengan peralatan yang dibuat sendiri di P3IB-BATAN, yaitu '*four point probe dc*'. Sampel yang diukur adalah cuplikan hasil *milling* dan *sintering* selama 1, 8 dan 16 jam yang berbentuk pelet dengan ketebalan sekitar 0,30mm dan ditempatkan dengan penampang tegak lurus terhadap medan magnet luar, Medan magnet luar optimal adalah sekitar 1,0 Tesla, Dari beberapa sampel diperoleh



Gambar 1. Hasil foto struktur mikro cuplikan L3 setelah disinter selama 8jam pada suhu 900 °C. Terlihat adanya pola gelap (abu-abu) dan putih yang memanjang dengan ukuran masing-masing sekitar 10 mm untuk alur putih dan 20 mm untuk alur abu-abu.



Gambar 2. Hasil foto struktur mikro cuplikan L2 setelah disinter selama 8jam pada suhu 900 °C. Terlihat pola alur abu-abu dan putih kurang jelas dan lebih acak dibanding pola pada cuplikan L3.



Gambar 3. Hasil foto struktur mikro cuplikan L1 setelah disinter selama 8jam pada suhu 900 °C. Terlihat pola alur abu-abu dan putih kurang jelas dan lebih acak dibanding pola pada cuplikan L3 dan L2.

hasil pengukuran yang dicantumkan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa peningkatan harga rasio magnetoresistan pada cuplikan sesudah *milling* ada hubungannya dengan peningkatan komposisi La di dalam paduan. Ternyata dari hasil studi struktur mikro

Tabel 3. Hasil pengukuran magnetoresistance pasca sinter dan miling

Paduan	Rasio Magnetoresistan (%)			
	Miling	Sintering 1 jam	Sintering 8 jam	Sintering 16 jam
$Sm_{0,9}La_{0,1}Mn_2Ge_2$	0,60	1,98	0,68	1,05
$Sm_{0,8}La_{0,2}Mn_2Ge_2$	1,4	6,87	1,92	4,55
$Sm_{0,7}La_{0,3}Mn_2Ge_2$	7,0	6,4	66,6	26,6

diperoleh data bahwa ukuran granular pada paduan meningkat dengan penambahan La [2]. Hal ini dapat dipahami jika proses hamburan elektron yang terjadi mengikuti model granular magnetik seperti pada kasus (Sm,Y)Mn_2Ge_2 [4]. Dalam model tersebut, harga resistivitas dari proses elektron yang terhambur tergantung pada dua hal, yaitu potensial penghambur yang berkait dengan ukuran/diameter granular dan potensial magnetik momen dipol magnetik antar spin magnet di dalam granular [5]. Kemudian akibat proses sinter dengan variasi waktu pada umumnya terjadi peningkatan harga rasio magnetoresistan. Terlihat bahwa cuplikan dengan komposisi La=30% mengalami peningkatan yang sangat dramatis sampai sebesar 66,6% dari harga sekitar 6~7% setelah disinter selama 8 jam, tetapi kemudian mengalami penurunan menjadi 26,6% ketika waktu sinter diperpanjang menjadi 16 jam. Sedangkan untuk cuplikan dengan kadar La=10 dan 20% pada umumnya mengalami kenaikan hanya 2 sampai 3 kali lebih besar dibanding dengan harga magnetoresistan pada cuplikan pelet hasil *miling*. Pengamatan dengan SEM/EDAXS pada beberapa cuplikan pelet hasil sinter 8 jam menunjukkan adanya perbedaan struktur mikro bahan, yaitu pada pola '*magnetic domain like*' citra abu-abu putih berseling. Dimana pada cuplikan L3 setelah sinter 8 jam(AS-8h) yang memiliki sifat *magnetoresistance* tertinggi memiliki pola tersebut yang lebih padat dan teratur. Sedangkan pada cuplikan L1 dan L2 setelah sinter 8 jam, dijumpai pola tersebut tidak padat dan tidak teratur. Dugaan sementara ini adalah pola tersebutlah yang bertanggung jawab mengapa sifat *magnetoresistance* pada cuplikan L3(AS-8h) begitu tinggi, dimana kontribusi potensial hamburan elektron tidak sekedar dari potensial butiran/grain seperti pada kasus cuplikan pelet sesudah digerus, tetapi pola '*domain magnetic like*' tadi berkontribusi sebagai potensial hamburan dipol magnetik.

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil yang telah dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa penggantian atom Sm dengan La sampai pada konsentrasi La=30% telah membuat peningkatan sifat *magnetoresistance*. Efek sinter pada paduan mempengaruhi proses pertumbuhan butiran/grain. Pada perlakuan sinter 8 jam diketahui mampu

Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 21 - 24
ISSN : 1411-1098

menaikkan sifat *magnetoresistance* bahan, khususnya L3(La=30%) hingga 66,6% dari hanya sekitar 7%. Teramati adanya pola '*domain magnetic like*' yang lebih padat dan teratur pada cuplikan L3(AS-8h) dibandingkan dengan paduan dengan kadar La lebih sedikit yaitu L1(La=10%) dan L2(La=20%). Diduga pola tersebut adalah pola seperti domain magnetik (*domain magnetic like*) yang memberi kontribusi hamburan elektron selaku potensial dipol-dipol magnetik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis utama (SP) mengucapkan terimakasih kepada Prof, H. Yamauchi dan Prof. Y. Yamaguchi dari Institute for Materials Research-Sendai,Jepang untuk pengukuran sifat magnetik dengan VSM. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada DR. Ridwan selaku Kepala Bidang Fisika Zat Mampat-P3IB atas kesempatan penelitian yang diberikan kepada penulis.

DAFTAR ACUAN

[1]. SETYO P., et,al, *Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII*, Serpong 25-27 April 2000, p.18-23
[2]. SETYO P., et,al, *Submitted to Asia Pasific on electron Microscopy-7*, Singapore.
[3]. H, FUJII, *Manual Rietan-94*, Japan (1994).
[4]. SETYO P., Laporan Kemajuan RUT-6, Nov, 1999
[5]. JU. H. KIM et.al, *Solid State Commun.*, **89**, 2 (1994) 157.