

STUDI KEKRISTALAN BARIUM STRONTIUM TITANAT ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$) YANG DIDOPING MAGNESIUM DENGAN METODE *SPIN COATING*

N. Sueta¹, Y. Iriani^{1,2}, M. Hikam¹, B. Soegijono¹ dan A. Jamaludin¹

¹Departemen Fisika, FMIPA - UI

Kampus Baru UI, Depok 16424

²Jurusan Fisika, FMIPA - UNS

Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Surakarta 57126

ABSTRAK

STUDI KEKRISTALAN BARIUM STRONTIUM TITANAT ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$) YANG DIDOPING MAGNESIUM DENGAN METODE *SPIN COATING*. Lapisan tipis $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ (BST) yang didoping Mg telah dibuat dengan metode *Chemical Solution Deposition* yang disiapkan dengan *spin coating*. Deposisi lapisan tipis BST pada substrat Si menggunakan *spin coater* dengan kecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik. Suhu *annealing* yang digunakan pada penelitian ini adalah 800 °C. Karakterisasi, komposisi dan kekristalan lapisan tipis BST dilakukan menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Hasil *XRF* menunjukkan bahwa unsur-unsur pembentuk BST dan *doping* Mg telah terdeposit pada substrat Si. Hasil analisis *Rietveld* pada pola difraksi sinar X menunjukkan bahwa *doping* Mg mempengaruhi struktur kristal dan parameter kisi. Parameter kisi untuk BST murni dan BST yang didoping Mg 1 % sama dengan data *PDF-ICDD* yaitu 3,947 Å. Sedangkan untuk BST yang didoping Mg 2 % dan 4 % sebesar 3,948 Å

Kata kunci : BST, *Spin coating*, Analisis *Rietveld*, *Doping*

ABSTRACT

STUDY ON CRYSTALLINITY OF BARIUM STRONTIUM TITANAT ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$) DOPED BY MAGNESIUM WITH *SPIN COATING* METHOD. $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ thin films doped by Mg were prepared using *Chemical Solution Deposition* and processed by *spin coating*. The specimen was deposited on Si substrate on angular speed of 3000 rpm for 30 seconds, then they were annealed at 800 °C. The composition and crystallographic quality of the specimen were characterized by *X-ray Fluorescence (XRF)* and *X-ray Diffraction (XRD)*. The *XRF* results show that the atomic building block of BST and Mg dopant were fairly deposited on Si substrate. The *XRD* results and further analysis by *Rietveld* method show that the percentage of Mg influences the crystal structure and the lattice parameters. The lattice parameter of pure BST and BST doped by Mg 1 % is 3,947 Å, which is in accordance with the result *PDF-ICDD* database, while the value for BST doped by Mg 2 % and 4 % is 3,948 Å

Key words : BST, *Spin coating*, *Rietveld* analysis, *Doping*

PENDAHULUAN

Barium Strontium Titanat ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ atau BST) merupakan material feroelektrik. Material ini sangat menarik untuk diteliti karena mempunyai konstanta dielektrik yang tinggi, *loss* dielektrik rendah, densitas kebocoran arus rendah, dan stabilitas termal yang baik serta komposisi tergantung suhu *Curie* [1,2]. Sifat-sifat ini menjadikan BST bahan sesuai yang untuk aplikasi memori, baik *Dynamic Random Access Memory* maupun *Ferroelectric Random Access Memory* [3]. Beberapa peneliti mengemukakan bahwa sifat-sifat itu dapat diwujudkan dengan melakukan *pendopingan* pada BST [4-9]. *Pendopingan* magnesium

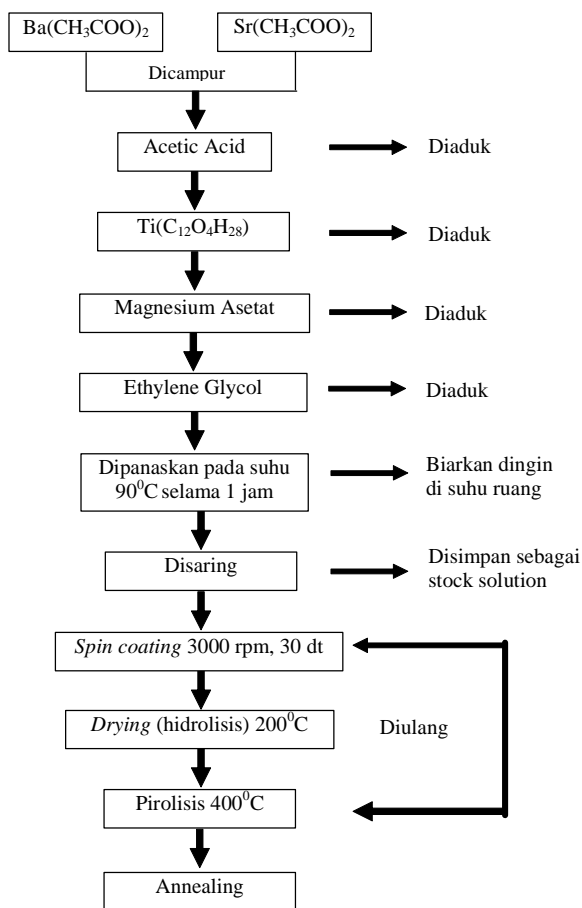
(Mg) pada BST bisa menggantikan atom Ti karena jari-jarinya hampir sama. Magnesium yang merupakan ion *hard doping* atau akseptor *doping* (valensi ion *pendoping* lebih kecil), mengakibatkan *loss* dielektrik rendah, faktor kualitas mekanik dan listrik lebih tinggi.

Barium Strontium Titanat (BST) bisa dideposisikan dengan berbagai metode, salah satu diantaranya yang digunakan adalah *Chemical Solution Deposition (CSD)*. Kemudian, diproses lebih lanjut menggunakan *spin coating*. Metode ini sangat sederhana dan dapat ditumbuhkan pada suhu kamar.

Sifat listrik dari BST dipengaruhi oleh ion *dopant*, suhu *annealing*, dan strukturmikro. Pada percobaan ini akan dibahas pengaruh *doping* magnesium (Mg) pada struktur kristal $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ 0,5M yang dideposisikan menggunakan *spin coating*.

METODE PERCOBAAN

Lapisan tipis $B_{0,5}S_{0,5}TiO_3$ (BST) dideposisikan dengan metode *Chemical Solution Deposition (CSD)* yang disiapkan dengan metode *spin coating*. Telah dibuat lapisan BST 0,5 M yang *didoping* Mg di atas substrat silikon. Barium asetat, strontium asetat, titanium isopropoksid, digunakan sebagai *precursor* dan asam asetat sebagai pelarutnya. *Ethylene glycol* digunakan juga dalam pembuatan larutan BST yang berfungsi mencegah terjadinya *crack*. Magnesium asetat digunakan sebagai *doping*. Variasi % berat *doping* divariasikan, sebesar 1 % w/w, 2 % w/w dan 4 % w/w. Bagan pembuatan lapisan tipis BST ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan deposisi lapisan BST

Ada 3 (tiga) bagian (*step*) pada deposisi lapisan tipis dengan metode *Chemical Solution Deposition*, yaitu pembuatan larutan, deposisi pada substrat menggunakan *spin coater* dan perlakuan panas yang meliputi *drying*, pirolisis dan *annealing*.

Metode *spin coating* digunakan untuk deposisi lapisan BST pada substrat Si, dengan kecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik dengan jumlah 5 lapis. Kemudian sampel di-*annealing* dengan suhu 800 °C selama 3 jam. Film BST selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *XRF (X-Ray Fluorescence)* untuk mengetahui unsur-unsur yang terdeposit pada substrat dan *XRD (X-Ray Diffraction)* untuk menentukan strukturmikro. *XRF* yang digunakan merek JEOL Element Analyzer JSX-3211 dan *XRD* yang digunakan adalah merek Shimadzu 6000, dengan target Cu (tembaga) yang panjang gelombangnya 1,54056 Å, *generator voltage* = 40 kVolt dan *tube current* = 30 mA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

X-Ray Fluorescence (XRF)

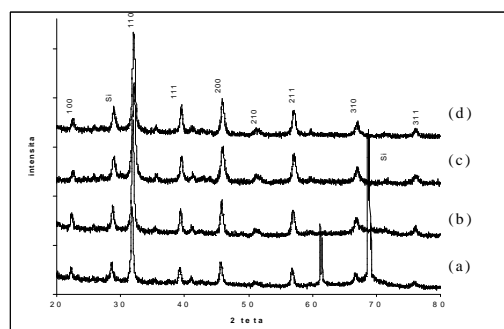
Unsur-unsur yang terdeposit pada substrat Si dapat diketahui menggunakan *X-Ray Fluorescence*. Hasil yang tertera berupa persen berat (*weight % = Wt %*). Tabel 1 adalah hasil *XRF* untuk BST murni dan BST yang *didoping* Mg. Dari tabel tersebut terlihat bahwa unsur-unsur pembentuk BST yaitu barium (Ba), strontium (Sr) dan titanium (Ti) telah terdeposit pada substrat Si. Makin banyak persen *doping* yang diberikan makin banyak unsur *doping* yang terdeposit pada substrat Si. Akan tetapi anomali terjadi pada 2 % *doping* Mg, lebih kecil jika dibandingkan dengan 1 %.

Tabel 1. Hasil XRF BST murni dan BST doping Mg.

Unsur / Sampel	Ba (Wt %)	Sr (Wt %)	Ti (Wt %)	Mg (Wt %)
BST Murni	54,6865	6,7539	38,5596	-
BSMT 1% massa	52,6839	6,5367	38,5078	2,2719
BSMT 2% massa	52,1979	6,2730	39,7869	1,7421
BSMT 4% massa	53,6061	6,3963	37,5441	2,4535

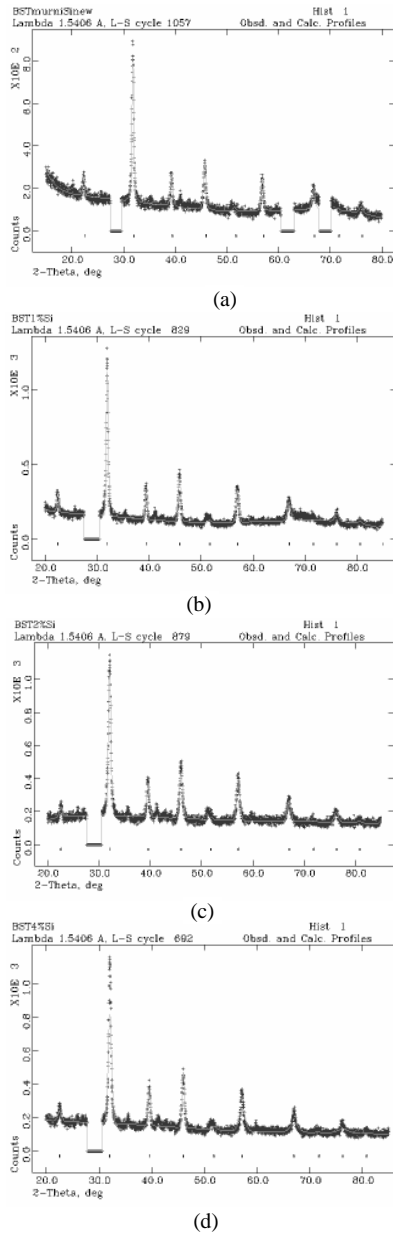
X-Ray Diffraction (XRD)

Peralatan *X-Ray diffraction (XRD)* digunakan untuk karakterisasi struktur kristal pada lapisan tipis $Ba_{,s}Sr_{,s}TiO_3$ (BST) dan BST yang *didoping* Mg. Data



Gambar 2. Grafik hasil XRD, (a) BST murni (b) BST doping 1% Mg (c) BST doping 2% Mg (d) BST doping 4% Mg

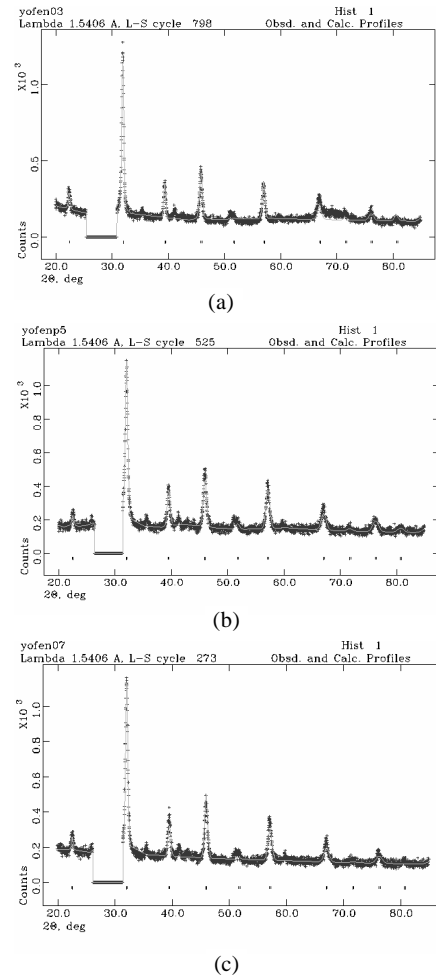
hasil karakterisasi ini pada Gambar 2, kemudian dicocokkan dengan *database* PDF-ICDD# 391395 [10]. Dari *database* ternyata puncak-puncak tersebut adalah milik BST dan substrat Si. Pembuktian kebenaran ini dianalisis menggunakan program analisis *Rietveld EXPGUI-GSAS*. Analisis ini digunakan untuk menghaluskan struktur kristal dan parameter kisi.



Gambar 3. Hasil analisis *Rietveld* dengan tidak memasukkan Mg dalam *refine*. (a) BST (b) BSMT doping 1 % (c) BSMT doping 2 % (d) BSMT doping 4 %

Gambar 3 merupakan hasil penghalusan menggunakan analisis *Rietveld*, tanpa memasukkan Mg dalam proses penghalusan. Data berupa titik-titik adalah data observasi yaitu hasil dari peralatan *XRD*. Sedangkan kurva adalah data hasil kalkulasi. Jika keempat gambar tersebut dibandingkan, maka makin banyak *doping* Mg yang diberikan maka makin sulit kurva kalkulasi menyesuaikan dengan data observasi.

Untuk mengetahui *dopant* Mg telah masuk dalam BST, dilakukan penghalusan lagi tetapi dengan memasukkan atom Mg dengan posisi atom seperti atom Ti. Hasil penghalusan *GSAS* untuk BST yang *didoping* Mg, setelah Mg dimasukkan pada posisi atom seperti pada Gambar 4 terlihat bahwa kurva kalkulasi pada semua puncak telah menyamai data observasi. *Tickmark* juga tepat sekali di sudut-sudut pada puncak yang muncul menunjukkan bahwa parameter-parameter yang dimasukkan benar.



Gambar 4. Hasil analisis *Rietveld* dengan memasukkan Mg dalam *refine*. (a) BSMT doping 1% (b) BSMT doping 2% (c) BSMT doping 4%

Dibandingkan dengan tanpa memasukkan Mg hasil penghalusan *GSAS* ini lebih baik. Jumlah iterasi (*cycle*) lebih sedikit jika dibandingkan dengan belum

Tabel 2. Parameter kisi hasil penghalusan *GSAS* BST murni dan yang *didoping* Mg pada substrat Si

Sampel	Parameter kisi	Dengan Mg (Å)
BST Murni		3.946316
BSMT 1% massa		3.945896
BSMT 2% massa		3.947844
BSMT 4% massa		3.947927

memasukkan Mg, tetapi kurva kalkulasi sudah *match* dengan data observasi. Dari hasil penghalusan GSAS ini bisa disimpulkan bahwa Mg telah masuk dalam struktur BST. Parameter kisi hasil penghalusan GSAS untuk BST murni dan BST yang *didoping* Mg seperti tertera pada Tabel 2. Penghalusan setelah penambahan *dopant* Mg pada BST mengakibatkan parameter kisi bertambah naik seiring dengan naiknya persen massa *dopant* kecuali yang *didoping* 1% nilai parameter kisi hampir sama dengan BST murni.

KESIMPULAN

Pembuatan lapisan tipis barium strontium titanat (BST) yang *didoping* Mg telah berhasil didapatkan dengan metode *Chemical Solution Deposition* yang disiapkan dengan *spin coating*. Hal ini dibuktikan dengan karakterisasi menggunakan XRD. Hasil analisis *Rietveld* menunjukkan bahwa Mg mempengaruhi struktur kristal dan parameter kisi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Departemen Pendidikan Nasional Indonesia, atas pendanaan sebagian penelitian ini yang berasal dari Proyek Hibah Pasca Sarjana Dikti Dinas, No. Kontrak : 011/SP3/PP/DP2M/II/2006 dan 029/SP2H/PP/DP2M/III/2007.

DAFTARACUAN

- [1]. KINGON, A.I., J.P. MARIA and S.K. STREIFFER, *Nature*, **406** (2000) 1032-1038
- [2]. TAHAN, TSAI, M.S., S. C. SUN and T. Y. TSENG, *J. Appl. Phys.*, **82** (7) (1997)
- [3]. ADEM, U., *Preparation of $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ Thin Films by Chemical Solution Deposition and Their Electrical Characterization*, The Middle East Technical University, (2003)
- [4]. ZHU, X.H., ZHENG, D.N., PENG, W., LI, J., CHEN, Y.F., *Materials Letter*, **60** (2006) 1224-1228
- [5]. WANG, S. Y., B L CHENG, CANWANG, S A T REDFERN, S Y DAI, K J JIN, H B LU, Y L ZHOU, Z H CHEN and G Z YANG, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **38** (2005) 2253-2257
- [6]. KUK KIM, TAE GON HA and SANG SU KIM, *Journal of the Korean Physical Society*, **49** (2006) 571-574
- [7]. K.B. CHONG, L.B. KONG, et. all., *Journal of Applied Physics*, **95** (3) (2004)
- [8]. YOFENTINA, I., M. HIKAM dan A. DARMAWAN, Studi Sifat Ferroelektrik Barium Titanat Doping Indium, *Proceedings 4th Kentingan Physics Forum, Solo*, (2007)

- [9]. ANDRI, D., M. HIKAM dan YOFENTINA, I., Deposisi Barium Strontium Titanat ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$) Doping Indium dengan Metode Chemical Solution Deposition, *Proceedings 4th Kentingan Physics Forum, Solo*, (2007)
- [10]. PDF-ICDD (Powder Diffraction File, International Centre of Diffraction Data) database, (1998) (CD ROM)