

EFEK KONSENTRASI PREKURSOR TERHADAP SIFAT FISIK FILM TIPIS BaSrTiO₃ (BST) SRUKRUR MFM DAN MFS YANG DITUMBUHKAN DENGAN *SPIN COATING*

Yenni Darvina ^{*)}

ABSTRACT

An BST precursor was synthesized by mixing Barium acetate 99,9%, Strontium acetate 99,99% , Titanium isopropoxide 99,999% in 2-methoxyethanol 99,9% and acetic acid glasia 100% at 120°C along 3 hours. The BST precursor concentration were 0.1 M and 0.5 M. By employing CSD method, the BST precursor was spin coated on p-type Si (100) substrate at 3000 rpm for 30 seconds and pyrolyzed at 130°C at 10 minutes to obtain BST thin films. The BST thin films were annealed for 15 hours at 1000°C. The BST thin films structure were MFM and MFS, characterized their physical properties. It was found that grain size and thickness for the MFM structure at the BST 0,1 M were < 0.3µm and 0.6 µm., And the BST 0.5 M were 0.5–1.0 µm and 0.9 µm. Grain size and thickness for the MFM structure at the BST 0.1 M were < 0.3µm and 0.6 µm, for BST 0.5M were 0.5–1µm and 0.8 µm .Latis constant 3.936 Å. Composition of BST thin films was same as BST precursor.

Key words : Ferroelektrik, BST, Spin Coating.

^{*)} Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email: ydarvina@yahoo.com

PENDAHULUAN

Bahan ferroelektrik merupakan bahan dielektrik yang penggunaannya sangat luas dibidang divais elektronik seperti pada memori komputer, komponen HP, aktuator dan sensor (Uchino, 2000). Khusus pada memori komputer penggunaannya sangat luas seperti FeRAM, DRAM dan SRAM (Araujo, 1996; Auciello, 1998; Kongon, 1999; Park, B.H, *et al*, 1999; Yang, Y.S, 2000; Tirumala, S, 2000).

Jenis bahan ferroelektrik sangat banyak sekali seperti PZT, BST, SBT, PLZT dan lain-lain. Bahan-bahan ferroelektrik dalam bentuk film tipis merupakan material yang sangat potensial untuk digunakan pada memori dinamik DRAM (*Dynamic Random Access Memory*) berskala besar (orde gigabit). Hal ini dapat dilakukan karena tingginya nilai konstanta dielektrik (κ) bahan-bahan tersebut. Selain itu rugi-rugi dielektrik (*dielectric loss*) dan kebocoran arus sangat kecil, sehingga memungkinkan dibuat untuk jaringan kapasitor (*capacitor array*) dengan dimensi per-unit yang sangat kecil serta densitas yang tinggi. Sifat-sifat di atas merupakan dasar dari penyimpanan muatan yang tinggi dan efisien yang digunakan pada material DRAM.

Beragam teknik pendeposisian film tipis telah digunakan secara luas, misalnya metoda sol-gel dengan peralatan *Spin Coating* (Tirumala, S, 2000; Sigov, A.S. *et al*, Burmistrova, P.V, *et al*); *sputtering* (Hou, S.Y, *et al*, 1995; Kurnia 1998); PLAD (*Pulsed Laser Ablation Deposition*) (Nakano, M, *et al*, 1997; Kurnia, 2000); dan MOCVD (*Metal Organic Chemical Vapour Deposition*) (Funakubo, H, *et al*, 1998; Kurnia, D, 1999). Teknik pendeposisian film tipis BST yang akan diprioritaskan pada penelitian ini adalah teknik CSD (*Chemical Solution Deposition*), dengan peralatan *Spin Coating*.

Pemilihan teknik CSD dengan peralatan *Spin Coating*, didasari oleh beberapa pertimbangan yaitu kontrol stoikiometri yang tinggi karena pembuatan film tipis melalui teknik stempel. Selain itu keuntungan lain adalah proses penumbuhan dapat dilakukan pada temperatur ruang, simpel, kompak dan film yang ditumbuhkan mempunyai homogenitas yang tinggi (Darmasetiawan, 2002; Tirumala, 2000). Selain itu teknik yang digunakan cukup sederhana, tidak menggunakan peralatan yang rumit dan tidak memerlukan investasi yang tinggi dan biaya operasional relatif murah.

Pada penelitian ini dipilih bahan Ba_xSr_{1-x}

TiO₃ atau BST dengan $x = 0,5$. Konsentrasi yang digunakan adalah 0,1 M dan 0,5 M. Film tipis ditumbuhkan diatas substrat Silikon type-p (100) yang telah dimetalisasi dengan aluminium (AL). Dari beberapa penelitian didapatkan konstanta dielektrik BST dengan metode rf-magnetron sputtering antara 146 – 214 (Izuha, at al 1997), dengan teknik sol-gel diperoleh 490. Harga konstanta dielektrik ternyata semakin besar bila film tipis yang dibuat semakin tebal (Wang, F, at al, 1998). Selain sifat listrik, perlu dilakukan penelitian terhadap sifat fisik film tipis yang ditumbuhkan.

Permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimanakah pengaruh konsentrasi terhadap sifat fisik berupa morfologi, struktur kristal dan komposisi dari film tipis ferroelektrik BST struktur MFS (Metal Ferroelektrik Semikonduktor) dan MFM (Metal Ferroelektrik Metal) yang ditumbuhkan dengan teknik CSD menggunakan *spin coating*? Sifat fisik ini perlu diketahui terlebih dahulu sebab apabila sifat fisik telah baik diharapkan sifat listriknya pun juga baik. Untuk mengetahui sifat fisik berupa morfologi, struktur kristal dan komposisi dari film tipis yang ditumbuhkan, dilakukan karakterisasi berupa SEM, XRD dan EDAX

METODE PENELITIAN

Secara garis besar penumbuhan film tipis dengan menggunakan tehnik CSD terdiri dari 3 tahapan proses yaitu sintesis precursor, pembuatan film tipis dengan metode CSD menggunakan *spin coating* dan karakterisasi. Peralatan yang digunakan untuk penumbuhan secara umum ada 3 macam yaitu *spin coating*, *furnace* dan evaporator.

Prekursor BST disintesis dengan metode sol-gel dari bahan *Barium acetate* 99,9% [Ba(CH₃COO)₂], *Strontium acetate* 99,99% [Sr(CH₃COO)₂], dan *Titanium isopropoxide* 99,999% [Ti(C₁₂O₄H₂₈)] dengan perbandingan $x = 0,5$ (Ba/Sr = 50/50). Perbandingan ini adalah yang terbaik menurut Kurnia (2000), M. Nur (2002) dan Wang F(1998). Pelarut yang digunakan adalah *2-methoxyethanol* 99,9% dan ditambah dengan *acetic acid glasial*. Konsentrasi yang digunakan adalah 0,1 M dan 0,5 M.

Penumbuhan film tipis BST dengan teknik CSD didahului dengan pra penumbuhan. Pra penumbuhan terdiri dari pemotongan substrat, pencucian dan metalisasi. Pemotongan substrat dilakukan menggunakan pemotong dengan

ujung intan dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Substrat yang telah dipotong selanjutnya dicuci agar semua kotoran yang menempel hilang. Setelah substrat bersih lalu dimetalisasi menggunakan logam Al menggunakan evaporator.

Penumbuhan film tipis BST dilakukan dengan menggunakan *spin coating* dengan parameter penumbuhan seperti pada pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Parameter Penumbuhan untuk Film Tipis BST 0.1 M dan 0,5 M.

No	Jenis Parameter Penumbuhan	Besar Parameter
1	Konsentrasi prekursor	0.1 M dan 0,5 M
2	Struktur film tipis:	MFM dan MFS
3	Putaran <i>Spin Coating</i> *	3000 rpm
4	Waktu <i>annealing</i> *	15 jam
5	Temperatur <i>annealing</i> *	1000°C
6	Pra pemanasan film tipis BST	130°C, 10 menit
7	Aliran gas O ₂	100 sccm
8	Kenaikan suhu <i>annealing</i>	2°C / menit
9	Penurunan suhu <i>annealing</i>	alamiah

Setelah proses penumbuhan film tipis selesai, selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap film untuk mengetahui morfologi, struktur kristal dan komposisi dalam bentuk SEM, XRD dan EDAX.

Teknik *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada hakekatnya merupakan pemeriksaan analisis permukaan. Prinsip kerja SEM adalah *scanning* yang berarti bahwa berkas elektron “menyapu” permukaan *speciment* titik demi titik dengan sapuan membentuk baris demi baris, mirip seperti gerakan mata membaca. SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari film tipis yang diteliti baik untuk permukaannya maupun penampang melintangnya. Dengan melihat morfologi permukaan dapat diketahui *grain size* film yang dideposisi. Dari penampang melintangnya dapat diketahui ketebalan dari film tipis yang terbentuk. Peralatan yang digunakan untuk SEM adalah merk JOEL seri JSM-35C buatan Jepang yang terdapat pada P3GL Bandung.

Difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari film tipis yang

ditumbuhkan. Dari analisis hasil XRD dapat ditentukan parameter kisi masing-masing sampel yang dibuat. XRD dilakukan di Lab. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Bandung dengan peralatan merk Diano type 2100E menggunakan target Cu dengan panjang gelombang $1,54056 \text{ \AA}$.

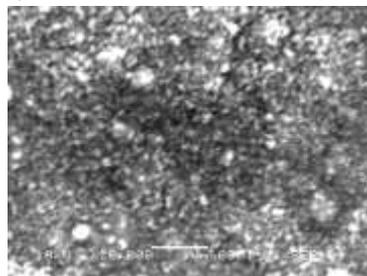
EDAX dilakukan di P3GL Bandung dengan peralatan merk JOEL seri JSM-35C buatan Jepang. Dari hasil EDAX dapat diketahui jenis dan kandungan zat yang ada pada film tipis yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

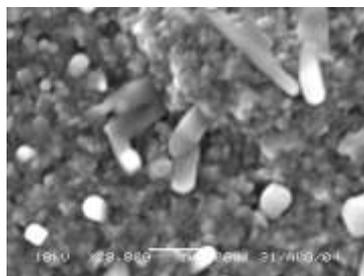
1. Morfologi film tipis BST 0,1 M dan 0,5 M

Morfologi dapat diketahui melalui karakterisasi SEM. SEM digunakan untuk melihat struktur mikro dari film yang terbentuk, baik untuk permukaan maupun penampang lintangnya.

Struktur mikro permukaan yang dapat diketahui melalui hasil SEM adalah berupa *grain size kristalin* film. Hasil SEM dari permukaan film tipis BST 0,1 M dan 0,5 M dengan struktur MFM (sebelum dimetalisasi), dapat dilihat pada gambar 1.



a. 0,1 M



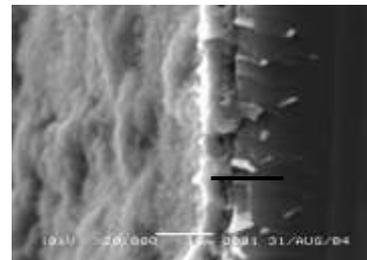
b. 0,5 M

Gambar 1. Hasil SEM Permukaan Film Tipis BST dengan Struktur MFM

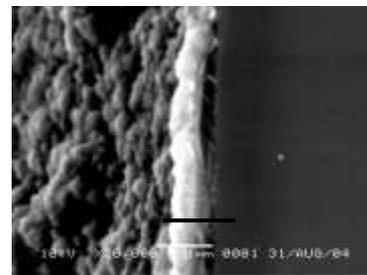
Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa *grain size kristalin* film BST 0,1 M lebih kecil dari 0,5 M. Pada gambar juga terlihat bahwa film yang terbentuk masih mengalami porositas atau adanya bagian yang berlobang-lobang, hal ini

ditandai dengan adanya bagian yang hitam diantara butiran-butiran kristal yang terbentuk. Pada konsentrasi 0,5 M bentuk kristalnya sudah mulai ada yaitu bulat dan lonjong dengan ukuran $0,5-1 \mu\text{m}$, namun belum homogen. Sedangkan pada 0,1 M bentuk kristalnya belum jelas dan ukurannya pun masih kecil ($< 0,3 \mu\text{m}$). Dari gambar ini dapat dikatakan bahwa *grain size kristalin* film tipis BST 0,5 M lebih besar dari 0,1 M.

Setelah diketahui *grain size kristalin* film yang terbentuk, selanjutnya perlu dilihat struktur penampang lintang dan ketebalan film yang terjadi pada penumbuhan dengan parameter yang sama. Hasil SEM penampang lintang film BST tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



a. 0,1M

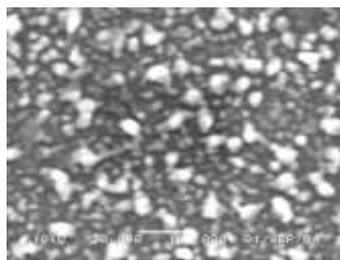


b. 0,5M

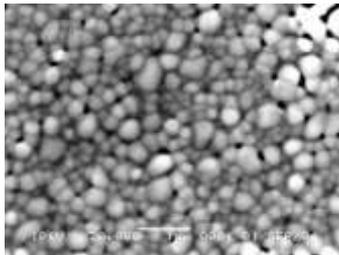
Gambar 2. Hasil SEM Penampang lintang BST dengan struktur MFM

Dari penampang lintang struktur MFM terlihat bahwa film BST 0,1 M memiliki struktur film yang lebih halus dibanding 0,5 M, dan ketebalan film 0,1M lebih tipis dibanding 0,5 M terlihat ukurannya sekitar $0,9 \mu\text{m}$ untuk 0,5 M dan $0,6 \mu\text{m}$ untuk 0,1 M. Tingkat kehalusan film yang terbentuk diperkirakan dipengaruhi oleh konsentrasi prekursor yang digunakan. Dari penampang lintang juga terlihat bahwa masih ada celah antara film yang terbentuk dengan substratnya.

Untuk struktur MFS atau film BST yang langsung ditumbuhkan diatas substrat Si (100) tipe-p menghasilkan struktur permukaan film seperti gambar 3.



a. 0,1M

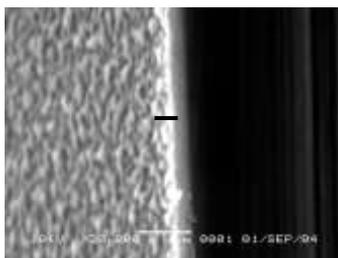


b. 0,5 M

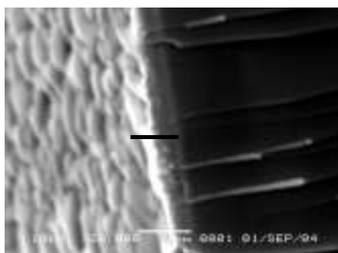
Gambar 3. Hasil SEM Permukaan BST Struktur MFS

Gambar 3 memperlihatkan bahwa *grain size kristalin* film BST 0,5 M lebih homogen dibanding 0,1 M dan bentuknyapun berbeda. Pada 0,5 M cenderung bulat dan antara satu dengan yang lain tersusun dengan baik dengan ukuran 0,3 – 0,8 μm . Sedangkan pada 0,1 M bentuk kristalnya tidak beraturan demikian pula dengan susunannya dengan ukuran $< 0,5 \mu\text{m}$. Namun pada kedua permukaan ini masih ada terlihat porositas.

Bentuk dari penampang lintang film BST dengan struktur MFS dapat dilihat pada gambar 4.



a. 0,1 M



b. 0,5 M

Gambar 4. Hasil SEM Penampang Lintang Struktur MFS

Berdasarkan gambar 4 terlihat bahwa struktur penampang lintang BST 0,1 M lebih halus dari 0,5M, namun ketebalan film yang terbentuk untuk 0,5 M lebih tebal dibanding 0,1 M. Untuk 0,5 M ketebalannya sekitar 0,8 μm sedangkan untuk 0,1 M sekitar 0,6 μm . Dari penampang lintang ini terlihat bahwa *interface* yang terjadi sangat baik, hal ini diperlihatkan oleh tidak adanya celah yang terjadi antara film dengan substrat.

Dari hasil SEM di atas terlihat bahwa grain size BST struktur MFS telah memperlihatkan pola yang baik, ini ditandai dengan bentuk butiran yang mulai homogen. Hal ini memperlihatkan bahwa ukuran konstanta kisi substrat Silikon tipe p (100) cocok dengan film BST. Sedangkan untuk struktur MFM masih belum jelas pola butirnya.

Bila dibandingkan morfologi antara film tipis BST 0,1 M dengan 0,5M maka terdapat pengaruh konsentrasi terhadap *grain size* kristalin, ketebalan dan kehalusan film. Makin besar konsentrasi, maka *grain size* kristalin dan ketebalan filmnya semakin besar, baik untuk struktur MFM maupun MFS. *Grain size* kristalin film BST 0,5 M struktur MFS lebih homogen, susunannya lebih teratur dan polanya lebih jelas dibanding dengan BST 0,1 M. Hal ini mungkin disebabkan karena BST yang tumbuh di atas substrat Si lebih baik dari pada di atas metal Al. Berarti konstanta kisi BST cocok dengan Si (100) sehingga tidak terjadi kesulitan dalam pembentukan kristal pada *interfacenya*.

Pada film jenis MFM terdapat rongga antara film dengan substrat sedangkan pada jenis MFS tidak ada rongga, ini memperlihatkan *interface* pada film jenis MFS lebih baik dari pada MFM, baik untuk BST 0,1 M maupun 0,5 M. Terjadinya rongga pada film jenis MFM antara film dengan substrat, mungkin disebabkan oleh konstanta kisi Al tidak cocok dengan Si (100) sehingga terjadi kesulitan dalam pembentukan kristal pada *interfacenya*, sehingga menyebabkan logam Al tidak menempel dengan kuat pada substrat. Kemungkinan lain sewaktu *annealing* dilakukan terhadap film BST, logam Al bercampur dengan film BST sehingga ada sebagian logam yang terlepas dari substrat sehingga membentuk rongga. Kemungkinan bercampurnya antara logam Al dengan film didukung oleh bentuk *grain size* kristalin pada film jenis MFM yang tidak memiliki pola yang jelas.

2. Struktur Kristal Film Tipis BST

Bidang kristal film tipis yang ditumbuhkan dapat dilihat melalui hasil XRD. Pada hasil XRD biasanya terdapat puncak-puncak yang menunjukkan bidang kristal yang terjadi. Dari sini nantinya dapat ditentukan konstanta kisi dari film tipis tersebut. Hasil karakterisasi film tipis BST 0,1 M dan 0,5 M dapat dilihat pada gambar 5.

Dari gambar di atas terlihat bahwa puncak film tipis BST yang dihasilkan ada 3 buah untuk film BST 0,1 M dan 2 puncak untuk BST 0,5 M. Untuk BST 0,1M puncak yang terjadi adalah pada sudut 2 theta sekitar 32° yang bersesuaian dengan bidang BST (110), sekitar 67° yang bersesuaian dengan bidang BST (220), sudut 69° bersesuaian dengan bidang kristal Si (100) dan sekitar 76° yang bersesuaian dengan bidang BST (310). Namun intensitas puncak yang terjadi masih kecil. Intensitas yang kecil menandakan bahwa kristalisasi yang terbentuk belum mempunyai rantai yang panjang dan puncak yang banyak berarti poli kristalin.

Konstanta kisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan Bragg berikut ini (Cullity, B.D, 1998; Suryanarayana, C, *at al*, 1998):

$$2 d_{hkl} \sin \theta = \lambda \dots\dots\dots(1)$$

Karena struktur kristal BST berbentuk kubik maka berlaku rumus (C.Suryanarayana 1998):

$$a = b = c = \{d_{hkl}^2 (h^2 + k^2 + l^2)\}^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

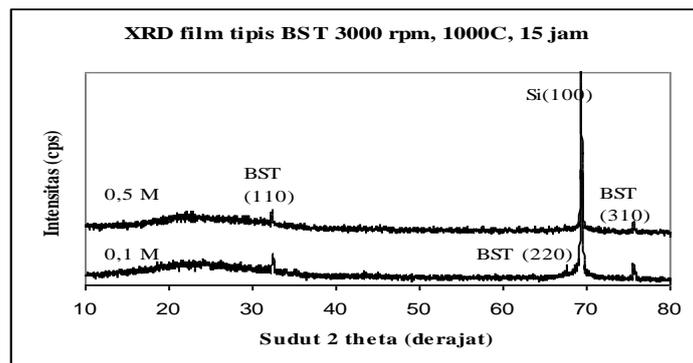
dengan

$$d_{hkl}^2 = \lambda^2 / 4 \sin^2 \theta \dots\dots\dots(3)$$

Hasil pengolahan data berdasarkan sudut 2 theta yang menghasilkan puncak dapat dilihat pada tabel 2.

Dari pengolahan data XRD di atas diperoleh harga konstanta kisi rata-rata sebesar 3,936 Å untuk film BST 0,1 M. Dari data base diketahui konstanta kisi BST adalah 3,947Å, dengan kesalahan perhitungan untuk film BST 0.1 M sekitar 0,28 %. Untuk film BST 0,5 M konstanta kisi rata-rata adalah 3,933 Å, dengan kesalahan perhitungan sebesar 0,35 %. Berarti hasil perhitungan untuk BST 0,1 M lebih baik dari 0,5 M, namun kedua harga ini sangat mendekati harga pada data base.

Hasil XRD telah memperlihatkan munculnya puncak-puncak BST pada film yang ditumbuhkan yaitu 3 puncak pada BST 0,1 M dan 2 puncak pada 0,5 M. Kenaikan konsentrasi tidak menghasilkan kenaikan jumlah puncak yang muncul. Intensitas puncak-puncak BST yang dihasilkan belum begitu tinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh sulitnya terbentuk sruktur kristal dengan rantai yang panjang. Atau mungkin juga disebabkan oleh penggunaan temperatur *annealing* dan waktu *annealing* yang belum optimal. Dengan tidak jelasnya pola *grain size* kristalin yang terbentuk pada film BST jenis MFM dan rendahnya intensitas puncak pada hasil XRD, maka perlu penelitian lebih lanjut terhadap optimasi temperatur *annealing* dan waktu *annealing*.



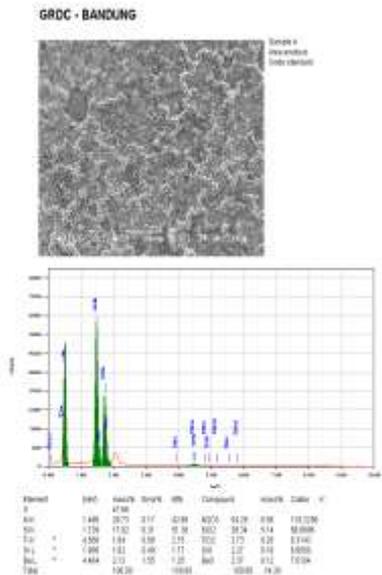
Gambar 5. Hasil XRD film tipis BST 0,1 M dan 0,5 M

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data XRD Film Tipis BST

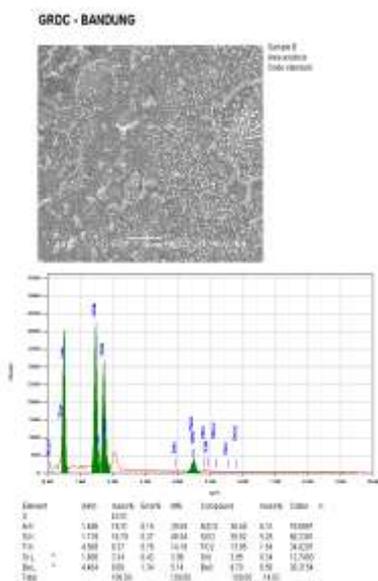
Material : BST		Radiasi : Cu Kα		λ _{Kα} = 1,54056Å		
Puncak	2θ(°)	Sin ² θ	hkl	d _{hkl} ²	h ² +k ² +l ²	a(Å)
1	32,2	0,0769	110	7,7156	2	3,928
2	67,1	0,3054	220	1,9428	8	3,942
3	76,4	0,3824	310	1,5515	10	3,938

3. Komposisi bahan film tipis BST

Komposisi film tipis yang dihasilkan dapat dilihat melalui karakterisasi EDAX pada gambar 6.



a. BST 0,1 M



b. BST 0,5 M

Gambar 6. Hasil EDAX Film Tipis BST 0,1 M dan 0,5 M.

Agar lebih jelas jumlah kandungan unsur yang ada pada hasil EDAX di atas dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. Hasil EDAX Film Tipis BST 0,1 M dan 0,5 M dalam % massa

Nama Unsur	0,1M	0,5 M
Oksigen (O)	47,66%	48,49%
Aluminium (Al)	28,73%	16,51%
Silikon (Si)	17,92%	28,58%
Titanium (Ti)	1,64%	0,63%
Srontium (Sr)	1,92%	2,25%
Barium (Ba)	1,92%	3,55%

Dari table 3 di atas terlihat bahwa semua unsur yang ada pada prekursor juga terdapat pada film tipis yang ditumbuhkan. Berarti dalam deposisi ini tidak ada unsur yang hilang atau dengan kata lain komposisi bahannya lengkap. Dari tabel terlihat bahwa kandungan bahan film pada konsentrasi 0,5 M lebih banyak dibanding 0,1 M, ini menunjukkan distribusi yang benar. Namun untuk bahan Titanium terjadi sebaliknya, titanium untuk 0,5 M lebih rendah dibanding 0,1 M.

Bila diamati komposisi bahan BST pada konsentrasi 0,1 M dan 0,5 M terlihat bahwa semua unsur yang terdapat pada prekursor BST juga terdapat pada film yang ditumbuhkan. Ini merupakan pertanda baik terhadap cara sintesis prekursor yang telah dilakukan. Namun untuk titanium pada BST 0,5 M lebih rendah dari 0,1 M. Rendahnya titanium mungkin disebabkan adanya penguapan sewaktu *annealing*. Untuk itu perlu penelitian lebih lanjut tentang optimasi temperature dan waktu *annealing*. Sedangkan kandungan Al yang lebih sedikit pada film BST 0,5 M struktur MFM dapat disebabkan oleh tipisnya ukuran metal yang menempel.

SIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan penelitian pengaruh konretrasi prekursor terhadap sifat fisik film tipis BST dengan struktur MFM dan MFS yang ditumbuhkan dengan *Spin Coating*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh konsentrasi terhadap sifat fisik berupa *grain size* kristalin, ketebalan dan kehalusan film. Makin besar konsentrasi, maka *grain size* kristalin dan ketebalan filmnya semakin besar, baik untuk struktur MFM maupun MFS. Selain itu makin besar konsentrasi prekursor makin kasar struktur film yang dihasilkan.
2. *Interface* pada film jenis MFS lebih baik dari film jenis MFM, baik untuk BST 0,1 M

maupun 0,5 M. Terjadinya rongga pada film jenis MFM antara film dengan substrat, mungkin disebabkan oleh kurang cocoknya ukuran konstanta kisi antara metal Al dengan substrat Si (100).

3. Komposisi bahan BST pada konsentrasi 0,1 M dan 0,5 M sudah lengkap merupakan pertanda baik. Namun untuk titanium pada BST 0,5 M lebih rendah dari 0,1 M. Rendahnya titanium mungkin disebabkan adanya peng-uapan sewaktu *annealing*.

Dari hasil yang didapatkan dan kelemahan yang masih ada, disarankan untuk melakukan optimasi pada teknik *annealing* baik dari segi temperatur maupun waktu *annealing*. Selain itu dapat dilakukan optimasi berupa penggunaan logam untuk metalisasi serta teknik metalisasinya.

DAFTAR RUJUKAN

- Araujo, Carlos Paz De, Scott, J.F and. Taylor, W.George, (1996), **Ferroelectric Thin Film, Synthesis and Basic Properties**, Gordon and Breach Publishers, Amsterdam.
- Auciello, O, Scott, J.F. and Ramest, R., (1998), *The Physics of Ferroelectric Memory*, **Physics Today**, vol 22, pp 22-27, July.
- Burmistrova, P.V, Zacharov,D.N, Zhigalina,O.M, **Structure of CSD BST Capacitor Elements**, Institute of Crystallography RAS, 117333 Moscow, Russia., Electronics and Automation (Technical University), 117454 Moscow, Russia.
- Cullity, B.D, (1978), **Elements of X-ray Diffraction**, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company Inc., London.
- Darmasetiawan, H, dkk, (2002), Lattice Constans Analysis and Structure of Crystalline $Ba_{0,5} Sr_{0,5} TiO_3$ Thin Films Wsa Formed By Chemical Solution Deposition Method, **Prosiding**, Seminar Fisika dan Aplikasinya, Surabaya.
- Funakubo, H., Takeshima, T. and Nagano, M., (1998), Crystal structure and dielectric properties of epitaxially grown thin film prepared by Molecular Chemical Vapour Deposition, **J. Material Res.**, vol 13 no. 12.
- Hou, S.Y., Kwo, J., Watts, R.K. and Cheng, J.Y., (1995), Structure and properties of epitaxial $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3/SrRuO_3/ZrO_2$ heterostructure on Si grown by off-axis sputtering, **Appl. Phys. Lett.** 67 (10).
- Izuha Mitsuaki and Abe Kazuhide, (1997), *Electrical Properties and Microstructure oh Pt/ $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3/SrRuO_3$ capacitors*, **Appl. Phys. Lett.** 70 (11). 17 March 1997, pp 1405-1407.
- Kongon, Angus I and Streiffer, Stephen K, (1999), *Ferroelectric Films and Devices*, Materials Research Center, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7919 USA.
- Kurnia, D, (1999), **Flm Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori**, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.1, 1998-1999.
- Kurnia, D, (2000), **Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori**, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.2, 1999-2000.
- Nakano, M., Tabata, H., Katamay, Y. and Kawai, T., (1997), *$Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$ Thin film production on atomically flat $SrTiO_3$ (100) substrate by a Pulsed Laser Deposition and its dielectric properties*, Japan, **J. Appl. Phys.** vol. 36 no 6A.
- Park, B. H, Kang, B. S, Bu S. D, Noh, T. W.J.Lee, & W.Jo, (1999), *Lantanum-substituted bismuth titanate for use in non-volatile memories*, **Letters to Nature**, 401, 682-684, Macmillan Magazines Ltd.
- Sigov, A.S, Vasiliev, V.A. Vorotilov, K.A., and Kochanchik, L.S., **Microstructure and Electrical Properties of CSD Barium-Strontium Titanate Films**, Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automation (Technical University), 117454 Moscow, Russia.
- Suryanarayana, C, Grant Norton,M, (1998), **X-Ray Dyfraction A Practical Approach**, Plenum Press, New York,.

- Tirumala, Sridhar, (2000), **Integration of Ferroelectric Material into high Density Non-Volatile Random A Memories**, Material Science and Engineering.
- Uchino, K., (2000), **Ferroelectric Devices**, Marcel Dekker, Inc. New York.
- Wang, F, Uusimaki, A. and Leppavuori, S. (1998), *Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ ferroelectric film prepared with the sol-gel process and its dielectric performance in planar capacitor structure*, **J. Material Research**, vol. 13 no. 5, 1998
- Yang, Y.S, Ryu, M.K, H.J. Joo, S.H. Lee, S.J. Lee, Kang, K.Y, and Jang, M.S., (2000), **Ferroelectricity and Electronic Defect Characteristics of c-oriented Sr_{0.25}Ba_{0.75}Nb₂O₆ Thin Films Deposited on Si Substrates**, American Institute of Physics. S0003-6951(00)04223-6.