

PENUMBUHAN FILM TIPIS $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ DI ATAS SUBSTRAT CORNING GLASS 7059 DENGAN METODE CHEMICAL SOLUTION DEPOSITION (CSD) DAN ANALISIS SIFAT OPTIK

Budi Harsono¹⁾, Johansah Liman¹⁾, Ade Kurniawan²⁾, Johan Iskandar²⁾,
Eti Rohaeti³⁾, Irzaman⁴⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, 11470
E-mail : budi.harsono@ukrida.ac.id

ABSTRAK

Barium Strontium Titanate ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$) adalah bahan *ferroelectric* yang sangat menarik karena memiliki rugi optik yang rendah, konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat film tipis $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ di atas substrat *Corning Glass 7059* dengan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) berbantuan *spin coating* berkecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik dalam kelarutan 1 M. Film tipis di-*annealing* pada suhu 550 °C, selama 8 jam. Analisis sifat optik film tipis yang dilakukan berupa: absorbansi, reflektansi, *energy gap* dan indeks bias dengan alat *Ocean Optics USB 4000* pada rentang gelombang cahaya tampak (400-750 nm). Analisis *energy gap* menggunakan metode reflektansi dan *Tauc Plot* menghasilkan nilai *energy gap* yang sama yaitu sebesar 1.62 eV, sedangkan dari analisis nilai indeks bias diperoleh nilai indeks bias minimum adalah 2,05 pada panjang gelombang 680 nm dan indeks bias maksimum adalah 2,5 pada panjang gelombang 750 nm. Dari hasil analisis sifat optik menunjukkan bahwa film tipis BST di atas substrat *Corning Glass 7059* dapat digunakan sebagai sensor cahaya.

Kata Kunci: Film tipis, $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$, CSD, *Corning Glass 7059*, *energy gap*

PENDAHULUAN

Barium Strontium Titanate ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$) adalah bahan *ferroelectric* yang sangat menarik karena memiliki rugi optik yang rendah, konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi [1, 2]. *Barium Strontium Titanate* (BST) bersifat ramah lingkungan, memiliki faktor disipasi yang rendah dan koefisien listrik-optik yang besar [3]. BST merupakan bahan yang menjanjikan untuk digunakan sebagai penggeser fasa, resonator, *filter* dan kapasitor dalam sistem komunikasi [4,5]. Sifat BST yang luar biasa juga telah menarik minat yang besar berkaitan dengan aplikasi BST sebagai bahan fungsional untuk mengembangkan sensor kimia dan biosensor [6]. Beberapa aplikasi sensor kimia BST yang dikembangkan, seperti untuk mendeteksi kelembaban [7], untuk mendeteksi hidrogen [8], gas amonia [9], atau pengembangan sensor yang sensitif terhadap pH [10, 11]. BST juga memiliki aplikasi optik dalam perangkat optik non-linear seperti pandu gelombang planar atau saklar optik dikarenakan rugi propagasi optik yang rendah [12].

Pembuatan BST dapat menggunakan peralatan yang cukup sederhana, dengan biaya yang murah dan mampu dilakukan dengan waktu yang relatif singkat [13]. Pembuatan BST dapat dilakukan dengan teknik, diantaranya *Chemical Solution Deposition* (CSD), *Pulsed Laser Deposition* (PLD), *sputtering* dan *Metallo Organic Chemical Vapour Deposition* (MOCVD) [14-16]. *Chemical Solution Deposition* dikenal sebagai suatu metode deposisi film semikonduktor sejak tahun 1869. Metode ini merupakan cara pembuatan film tipis dengan mendeposisikan larutan kimia di atas substrat dan kemudian dipreparasi dengan menggunakan *spin coating* pada

kecepatan tertentu. Kelebihan dari metode ini adalah lebih murah, sederhana, suhu rendah, dan proses yang lebih cepat [14,15].

Aplikasi bahan *ferroelectric* untuk peralatan optoelektronika seperti sel surya, fotosensor, dan sensor warna memerlukan informasi tentang karakteristik optik dari material tersebut, seperti sifat absorbansi dan sifat transmitansi [14]. Pada makalah ini disampaikan hasil penelitian tentang pembuatan lapisan tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ (BST) yang ditetaskan diatas substrat *Corning Glass 7059* menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) yang diikuti dengan proses *spin coating* pada kecepatan 3000 rpm selama 30 detik dan proses *annealing* pada suhu 550 °C selama 8 jam. Film tipis yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi sifat optiknya melalui pengukuran nilai absorbansi dan reflektansinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan sintesa dan uji sifat optik film tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ (BST) di atas substrat *Corning Glass 7059*.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Film Tipis BST

Pada penelitian ini, film tipis BST dibuat di atas substrat *Corning Glass 7059* menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD). Bahan-bahan yang digunakan adalah bubuk barium asetat [$\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$] (99%), strontium asetat [$\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2$] (99%), titanium dioksida [TiO_2] (97.999%), dan pelarut 2-metoksi etanol [$\text{H}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$] (99%). Semua bahan diperoleh dari Sigma Aldrich.

Pertama, substrat *Corning Glass 7059* dipotong dengan ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ menggunakan pemotong kaca. Substrat tersebut kemudian dicuci dengan aqua bidest selama 30 detik. Kemudian bahan-bahan yang diperlukan (Barium asetat, Strontium asetat, dan Titanium dioksida) ditimbang menggunakan neraca analitik model *Sartorius BL6100*. Fraksi molar Ba dan Sr adalah 0.5. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur dan dilarutkan dalam 2.5 ml 2-metoksi etanol. Selanjutnya larutan yang sudah dibuat dihomogenisasi dengan ultrasonikator model *Branson 2510* selama 90 menit untuk mendapatkan larutan BST yang homogen.

Larutan BST yang telah homogen kemudian ditetaskan di atas substrat *Corning Glass 7059* dan diputar menggunakan *spin coater* selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Proses pelapisan BST pada substrat *Corning Glass 7059* diulang sebanyak 3 kali dengan waktu jeda selama satu menit.

Film tipis BST di atas substrat *Corning Glass 7059* selanjutnya di-*annealing* menggunakan furnace model *Vulcan*^{TM-3000} selama 8 jam pada suhu 550 °C.

Karakterisasi Optik Film Tipis BST

Karakterisasi optik film tipis BST dilakukan menggunakan spektroskopi optik *UV-Vis Ocean Optics USB4000* pada panjang gelombang cahaya tampak (400 nm – 750 nm). Parameter yang diukur adalah nilai absorbansi dan reflektansi film tipis BST. Nilai absorbansi dan reflektansi yang terukur kemudian digunakan untuk menghitung nilai *energy gap* dan indeks bias. Penghitungan nilai *energy gap* dilakukan menggunakan metode *Tauc Plot* dan Reflektansi. Metode *Tauc Plot* dilakukan dengan menggambarkan kurva hubungan antara $(\alpha hc/\lambda)^2$ terhadap $h\nu$, sedangkan metode Reflektansi dilakukan dengan menggambarkan kurva hubungan antara $[\ln((R_{max} - R_{min})/(R - R_{min}))]^2$ terhadap $h\nu$. Nilai *energy gap* kemudian diperoleh dengan menarik garis dari kurva dengan gradien tertinggi hingga memotong sumbu $h\nu$. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai indeks bias diberikan pada Persamaan (1).

$$n = \frac{(1 + \sqrt{R})}{(1 - \sqrt{R})} \quad (1)$$

n adalah indeks bias dan R adalah reflektansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Absorbansi

Hasil pengukuran absorbansi ditunjukkan pada Gambar 1. Dari hasil pengukuran absorbansi terlihat bahwa film tipis BST yang dibuat menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak (400 nm-750 nm). Serapan maksimum terjadi pada panjang gelombang 680 nm dan serapan minimum terjadi pada panjang gelombang 750 nm. Hal ini menunjukkan film tipis BST yang dibuat berpotensi sebagai sensor cahaya tampak.

Reflektansi

Hasil pengukuran reflektansi ditunjukkan pada Gambar 2. Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa bentuk kurva reflektansi merupakan kebalikan kurva absorbansi. Hal ini menunjukkan bahwa pada panjang gelombang serapan maksimum, nilai reflektansi rendah dan pada panjang gelombang serapan minimum, nilai reflektansi tinggi.

Energy gap

Kurva hasil penghitungan nilai *energy gap* menggunakan metode *Tauc Plot* ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan kurva hasil penghitungan nilai *energy gap* menggunakan metode reflektansi ditunjukkan pada Gambar 4. Dari kurva hasil penghitungan nilai *energy gap* menggunakan metode *Tauc Plot* dan reflektansi diperoleh nilai *energy gap* yang sama, yaitu 1,62 eV. Hal ini menunjukkan bahwa film BST yang dibuat bersifat sebagai semikonduktor.

Indeks Bias

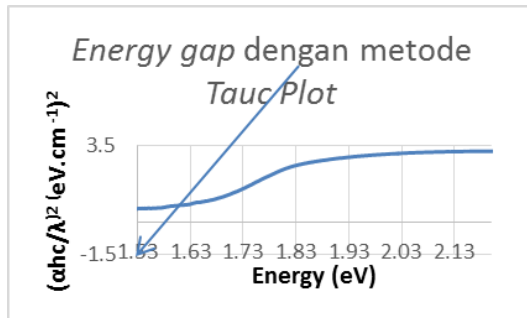
Kurva hubungan indeks bias sebagai fungsi panjang gelombang ditunjukkan Gambar 5.



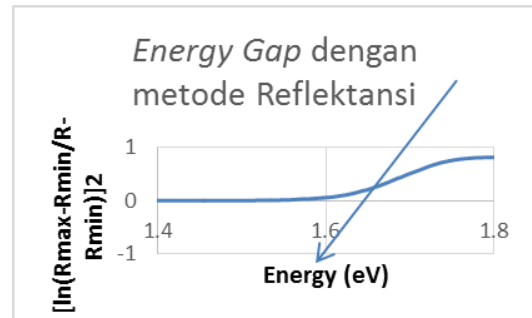
Gambar 1. Karakteristik absorbansi film tipis BST di atas substrat *Corning Glass 7059*.



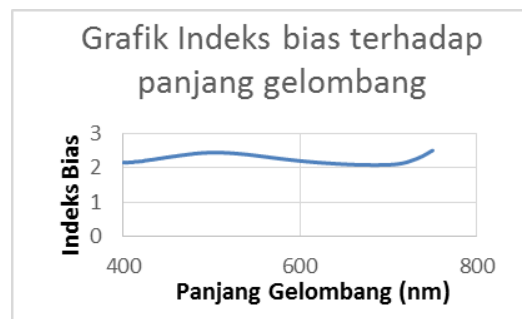
Gambar 2. Karakteristik reflektansi film tipis BST di atas substrat *Corning Glass 7059*.



Gambar 3. Nilai *energy gap* menggunakan metode *Tauc Plot*.



Gambar 4. Nilai *energy gap* menggunakan metode reflektansi.



Gambar 5. Kurva hubungan indeks bias terhadap panjang gelombang.

Dari kurva hubungan indeks bias dengan panjang gelombang terlihat bahwa indeks bias minimum sebesar 2,05 terjadi pada panjang gelombang 680 nm dan indeks bias maksimum sebesar 2,5 terjadi pada panjang gelombang 750 nm.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat film tipis $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ (BST) yang ditumbuhkan di atas substrat *Corning Glass 7059* dengan metode CSD. Analisis *energy gap* menggunakan metode *Tauc plot* dan reflektansi menghasilkan nilai *energy gap* sebesar 1,62 eV. Dari analisis nilai indeks bias diperoleh nilai indeks bias minimum adalah 2,05 pada panjang gelombang 680 nm dan indeks bias maksimum adalah 2,5 pada panjang gelombang 750 nm. Hasil uji sifat optik film tipis BST ini menunjukkan potensi BST untuk diaplikasikan sebagai sensor cahaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Pekerti, Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah III, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dengan surat perjanjian pelaksanaan nomor 095/K3/KM/2015.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Wang, T. Zhang, J. Jiang, R. Pan, dan F. Zhan, "Microstructure and photoluminescence properties of Nd doped (Ba,Sr)TiO₃ thin films," *J. Phys.: Conf. Ser.* **152**, 012084 (2009).
2. A. Ardian dan Irzaman, "Penerapan film tipis Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO₃(BST) yang dididat fermium oksida sebagai sensor suhu berbentuk mikrokontroler," *Berkala Fisika* **13**(2), C53-C64 (2010).
3. K. Anumeet, S. Anupinder, K. Asokan, dan S. Lakhwant, "Structural and optical properties of iron doped barium strontium titanate," *IJEAR* **4**(2), Spl-1 (2014).
4. K. Ashok, G. M. Sriraj, G. Venkataramanan, J. Sathyaharish, dan W. Thomas, "Dielectric and structural properties of pulse laser deposited and sputtered barium strontium titanate thin films," *Mater. Sci. Eng. B* **139**, 177-185 (2007).
5. A. Rajamani, G. F. Dionne, D. Bono, dan C. A. Ross, "Faraday rotation, ferromagnetism, and optical properties in Fe-doped BaTiO₃," *J. Appl. Phys.* **98**, 063907 (2005).
6. C. Huck, A. Poghossian, M. Bäcker, S. Reiser, J. Schubert, W. Zander, V. K. Begoyan, V. V. Buniatyan, dan M. J. Schöning, "Chemical sensors based on a high-*k* perovskite oxide of barium strontium titanate," *Procedia Engineering* **87**, 28-31 (2014).
7. S. Agarwal dan G. L. Sharma, "Humidity sensing properties of (Ba,Sr)TiO₃ thin films grown by hydrothermal-electrochemical method," *Sens. Actuators B* **85**, pp. 205-211 (2002).
8. W. Zhu, O. K. Tan, Q. Yan, dan J. T. Oh, "Microstructure and hydrogen gas sensitivity of amorphous (Ba,Sr)TiO₃ thin film sensors," *Sens. Actuators B* **65**, 366-370 (2000).
9. S. C. Roy, G. L. Sharma, M. C. Bhatnagar, dan S. B. Samanta, "Novel ammonia-sensing phenomena in sol-gel derived Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ thin films," *Sens. Actuators B* **110**, 299-303 (2005).
10. C.-Y. Chen, J.-C. Chou, dan H.-T. Chou, "pH-sensing of Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃/SiO₂ film for metal-oxide-semiconductor and ion-sensitive field-effect transistor devices," *J. Electrochem. Soc.* **156**, G59-G64 (2009).
11. V. V. Buniatyan, M. H. Abouzar, N. W. Martirosyan, J. Schubert, S. Gevorgian, M. J. Schöning, dan A. Poghossian, "pH-sensitive properties of barium strontium titanate (BST) thin films prepared by pulsed laser deposition technique," *Phys. Status Solidi A* **207**, 824-830 (2010).
12. Y. F. Kuo dan T. Y. Tseng, "Structural-related optical properties of rapid thermally annealed Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ thin films," *Mater. Chem. Phys.* **61**, 244-250 (1999).
13. J. Liman, B. Harsono, T. T. Rohman, U. Trimukti, M. Khalid, E. Rohaeti, dan Irzaman, "Uji sifat optik film tipis Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ di atas substrat corning glass 7059," *JFI*, **accepted** (2015).
14. Y. Xin, R. Wei, S. Peng, W. Xiaoqing, dan Y. Xi, "Enhanced tunable dielectric properties of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃/ Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O₇ multilayer thin films by a sol-gel process," *Thin Solid Films* **520**(2), 789-792 (2011).
15. A. W. Nuayi, H. Alatas, Irzaman, dan M. Rahmat, "Enhancement of photon absorption on Ba_xSr_{1-x}TiO₃ thin-film semiconductor using photonic crystal," *Int. J. Opt.* (2014).
16. F. Umar, A. W. Nuayi, R. Siskandar, H. Syafutra, H. Alatas, dan Irzaman, "Uji sifat optik pada film tipis Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃," *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains (SNIPS)*, pp. 280-284 (ITB Bandung, 2013).

TANYA JAWAB

1. **Pertanyaan dari Nizar Septian (UIN Syarif Hidayatullah):** Mengapa nilai *energy gap* yang diperoleh dari metode *Tauc Plot* dan Reflektansi berbeda?

Jawaban: Terdapat kesalahan dalam penggambaran kurva *energy gap* metode *Tauc Plot*, sehingga penarikan garis linear menghasilkan nilai *energy gap* yang berbeda. Kesalahan ini telah diperbaiki penulis dan diperoleh nilai *energy gap* yang sama, yaitu sebesar 1,62 eV.

2. **Pertanyaan dari Rini Khamimatul Ula (P2F LIPI):** Penelitian ini menggunakan pemanasan terhadap material selama 8 jam sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan SiO₂ dengan pemanasan selama 22 jam. Apakah kualitas BST yang dihasilkan sama dan aplikasinya apa?

Jawaban: BST yang dihasilkan dengan pemanasan selama 8 jam memiliki *gap* energi yang lebih tinggi daripada BST yang dihasilkan dari pemanasan SiO₂ selama 22 jam dan dapat diaplikasikan sebagai sensor cahaya.