

# ***BERKALA FISIKA***

Jurnal Fisika Teori, Eksperimen dan Fisika Aplikasi

Volume 13

Nomor 1

Januari 2010

- Solusi Numerik Model Dinamik Perlakuan *Immunotherapy* pada Infeksi HIV-1..... Agus Kartono, Rosidah, dan Ardian Arif** 1 - 10
- Evaluasi Kinerja Metoda Analisis Pengukuran Neutron (APN)..... Zaenal Arifin, Dwi P. Sasongko, dan M. Munir** 11 - 18
- Studi Sifat Termal Prekursor  $\text{In}(\text{TMHD})_3$  Untuk Menumbuhkan Lapisan Tipis  $\text{In}_2\text{O}_3$  dengan Teknik MOCVD ..... Horasdia Saragih, Hasniah, Euis Sustini dan Sukirno** 19 - 26
- Analisis *Velocity Model Building* Pada *Pre Stack Depth Migration* Untuk Penggambaran Struktur Bawah Permukaan Daerah "X"..... Yose Rizal Triarto, Hernowo Danusaputro, dan Udi Harmoko** 27 - 32
- Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis  $\text{Ba}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{TiO}_3$  Yang Didadah Ferium Oksida Menggunakan Metode CSD..... Irzaman, R Erviansyah, H. Syafutra, A Maddu, dan Siswadi\*** 33 - 38
- Mekanisme Hamburan Defek Statis Dan Vibrasi Termal Terhadap Mobilitas Elektron Pada Film Tipis GaN..... Dadi Rusdiana, Lilik Hasanah dan Endi Suhendi** 39 - 44

## Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$ Yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode *Chemical Solution Deposition*

Irzaman<sup>1</sup>, R Erviansyah<sup>1</sup>, H. Syafutra<sup>1</sup>, A Maddu<sup>1</sup>, dan Siswadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor

Jalan Meranti Gedung Wing S no 3 Dramaga Bogor - 16680

<sup>2</sup>Departemen Matematika FMIPA, Institut Pertanian Bogor

Jalan Meranti Gedung Wing S no 3 Dramaga Bogor - 16680

Email : [irzaman@yahoo.com](mailto:irzaman@yahoo.com), [ridwan\\_physics@plasa.com](mailto:ridwan_physics@plasa.com)

### Abstract

Has done growth  $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$  (BST) thin film and BST are pure Ferium Oxide  $Fe_2O_3$  dopant (BFST) with dopant variations 5%, 10% and 15% above the substrate Si (100) type-p using Chemical Solution Deposition Method (CSD) with the spin coating technique at a speed of around 3000 rpm for 30 seconds. BST thin films made with 1 M concentration and annealing at a temperature of 850°C for Si Substrate. Thin film on silicon substrate type-p thickness characterization performed using the volumetric method and the characterization of electrical conductivity by using LCR meter. From the characterization results showed the thickness increases with the addition of ferium oxide dopant given. Electrical conductivity value of BST and BFST thin films are in the range semiconductor materials and electrical conductivity values obtained increased when the higher intensity light is used whereas resistance value could decrease if the light intensity is increased. The addition of ferium oxide dopant will increases electrical conductivity value of BST and BFST thin films.

**Keywords :** BFST, thin film, CSD, spin coating, electrical conductivity

### Abstrak

Telah dilakukan penumbuhan film tipis  $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$  (BST) murni dan BST yang didadah Ferium Oksida  $Fe_2O_3$  (BFST) dengan variasi pendadah 5%, 10% dan 15% di atas substrat Si(100) tipe-p dengan menggunakan metode chemical solution deposition (CSD) dengan teknik spin coating pada kecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik. Film Tipis BST dibuat dengan konsentrasi 1 M dan annealing pada suhu 850°C untuk Substrat Si. Film tipis diatas substrat silicon tipe-p dilakukan karakterisasi ketebalan menggunakan metode volumetric dan karakterisasi konduktansi dengan menggunakan LCR meter. Dari hasil karakterisasi ketebalan menunjukkan ketebalan meningkat dengan banyaknya pendadah ferium oksida yang diberikan. Nilai konduktivitas film tipis BST dan BFST berada pada rentang material semikonduktor dan didapatkan nilai konduktivitas semakin meningkat apabila semakin tinggi intensitas cahaya lampu yang digunakan, sebaliknya nilai resistansi akan semakin menurun apabila intensitas cahaya dinaikkan. Penambahan pendadah ferium oksida akan meningkatkan nilai konduktivitas listrik film tipis BST dan BFST.

**Kata-Kata Kunci :** BFST, film tipis, CSD, spin coating, konduktivitas listrik

### PENDAHULUAN

Bidang elektronik saat ini memegang peranan penting diberbagai sektor pembangunan. Hal ini menyebabkan banyak orang melakukan penelitian dan pembuatan alat-alat serta komponen-komponen elektronika yang diharapkan mempunyai sifat dan karakteristik

tertentu. Salah satu penelitian yang belakangan ini menarik perhatian para ahli fisika yaitu penelitian terhadap material ferroelektrik karena material ini sangat menjanjikan terhadap perkembangan divais generasi baru sehubungan dengan sifat-sifat unik yang dimilikinya. Material ferroelektrik, terutama yang didasari

oleh campuran Barium Stronsium Titanat (BST), diharapkan memiliki energi yang tinggi karena memiliki konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai FRAM (*Ferroelectric Random Access Memory*) selain itu sifat histeresis dan konstanta dielektriknya yang tinggi dapat diterapkan pada sel memori *Dynamic Random Access Memory* (DRAM) dengan kapasitas penyimpanan melampaui 1 Gbit [1].

Sifat piezoelektriknya dapat digunakan sebagai *mikroaktuator* dan sensor, sifat pyroelektrik dapat diterapkan pada *infrared sensor*, sifat *polaryzability* dapat diterapkan sebagai *Non Volatile Ferroelektrik Random Acces Memory* (NVRAM), serta sifat *electro-optic* dapat digunakan dalam *switch termal infrared* [2]. Film Tipis BST dapat dibuat dengan beberapa metode diantaranya *Pulsed Laser Deposition* (PLD), *Metal Organic Solution Deposition* (MOSD), *Sol-antikann Gel Process* dan *RF Magnetron Sputtering* [3]. Selain itu juga terdapat Metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) yang telah lama dikembangkan untuk penumbuhan *perovskite thin film* semenjak tahun 1980-an dan dipublikasikan oleh Fukushima et al [4].

Dalam penelitian ini film tipis BST dan BFST dibuat dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) karena metode ini memiliki keunggulan yaitu prosedurnya mudah, biayanya relatif murah dan mendapatkan hasil yang bagus. *Spin coating* dilakukan di atas substrat Si tipe-p dan *annealing* pada suhu 850 °C sedangkan untuk material yang digunakan untuk pembuatan film tipis ini menggunakan Etilane Glykol yang pada penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan 2-metoeksitanol. Dari film tipis BST dan BFST yang telah dihasilkan akan dilakukan analisis dan karakterisasi konduktivitas listrik setiap film tipis yang dilakukan dengan menggunakan variasi pendadah Ferium Oksida.

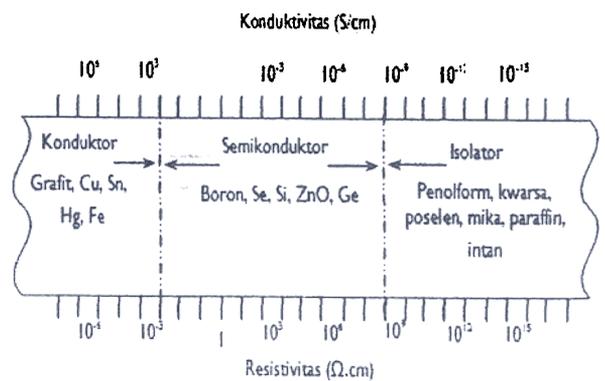
Penelitian ini bertujuan membuat film tipis BFST yang ditumbuhkan dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) dan menentukan nilai konduktivitas listrik yang diukur dengan menggunakan LCR meter.

**TINJAUAN PUSTAKA**

*Devices* fotokonduktivitas dibuat dengan tujuan menghasilkan perubahan resistansi atau tegangan ketika disinari dengan suatu cahaya. Fotokonduktivitas sendiri adalah fenomena optik dan listrik di dalam suatu material yang menjadi lebih konduktif ketika menyerap radiasi electromagnet seperti cahaya tampak, sinar ultraviolet, sinar inframerah atau radiasi gamma. Ketika cahaya diserap oleh sebuah material seperti semikonduktor, jumlah dari perubahan electron bebas dan hole meningkatkan konduktivitas listrik dari semikonduktor. Eksitasi cahaya yang menumbuk semikonduktor harus mempunyai cukup energi untuk meningkatkan jumlah electron yang menyeberangi daerah terlarang atau oleh eksitasi pengotoran dengan daerah *bandgap*. Konduktivitas listrik  $\sigma$  (S/cm) berhubungan dengan resistivitas  $\rho$  ( $\Omega$  cm) sesuai dalam persamaan 2.1:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.1)$$

Peningkatan konduktivitas listrik disebabkan oleh eksitasi dari penambahan pengisian bebas yang diangkut oleh cahaya energi tinggi pada semikonduktor dan isolator. Material alami maupun buatan yang terdapat di alam dapat diklasifisikan menjadi tiga yaitu konduktor, isolator dan semikonduktor. Nilai dari konduktivitas listrik ketiga material tersebut berbeda. Material semikonduktor mempunyai nilai konduktivitas antara selang dari ( $10^{-8}$  –  $10^3$ ) S/cm [5].



Gambar 1. Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas

Resistansi suatu material bergantung pada panjang, luas penampang lintang, tipe material dan temperature. Pada material ohmik resistansinya tidak bergantung pada arus dan hubungan empiris ini disebut dengan hukum Ohm yang dinyatakan sesuai dalam persamaan 2.2 :

$$V = IR ; R = \text{konstan} \quad (2.2)$$

Untuk material nonohmik, arus tidak sebanding dengan tegangan. Resistansinya bergantung pada arus, didefinisikan sesuai dalam persamaan 2.3:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

Kurva hubungan arus dan tegangan pada material Ohmik adalah linear sedangkan material nonohmik kurva hubungannya tidak linear.

Resistansi suatu kawat penghantar sebanding dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang lintang sesuai dalam persamaan 2.4 :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.4)$$

Dimana  $\rho$  disebut resistivitas material penghantar. Satuan resistivitas adalah ohm meter ( $\Omega\text{m}$ ). Kebalikan dari resistivitas disebut konduktivitas  $\sigma$ .

Adapun nilai konduktivitas suatu material bergantung dari sifat material tersebut. Nilai konduktivitas listrik suatu material dapat dilihat pada gambar. Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Persamaan berikut merupakan hubungan konduktivitas listrik dan resistansi sesuai dalam persamaan 2.5 dan 2.6 :

$$R = \frac{L}{\sigma A} \quad (2.5)$$

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad (2.6)$$

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bubuk barium asetat [ $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , 99%], stronsium asetat [ $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , 99%], titanium isopropoksida [ $\text{Ti}(\text{C}_{12}\text{O}_4\text{H}_{28})$ ,

99.999%], besi oksida [ $(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ], etilin glikol, asam asetat, substrat Si (100) tipe-p, aquades, HF (asam florida), kaca preparat dan aluminium foil, dan furnace. Dari alat tersebut didapatkan nilai konduktansi (G). Nilai resistansi didapatkan dari persamaan  $R=1/G$  sedangkan nilai konduktivitas dapat dicari dari persamaan  $\sigma = \frac{L}{RA}$ . Konduktansi film tipis diukur dengan berbagai variasi yaitu pada kondisi gelap (0 watt), kondisi terang dengan intensitas bervariasi (25 watt, 50 watt, 75 watt, 100 watt).

Data konduktansi ini digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas listrik film tipis dengan menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6. Nilai konduktivitas listrik film tipis yang didapatkan akan dibandingkan dengan data literatur, dan untuk mengetahui film tipis yang terbentuk termasuk bahan konduktor, semikonduktor atau bahan isolator.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

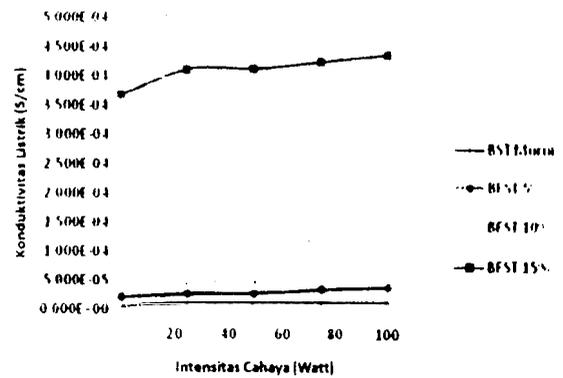
### Karakteristik Konduktivitas Listrik Film Tipis

Pengukuran nilai konduktivitas listrik film tipis dilakukan dalam 5 kondisi yang berbeda yaitu gelap (0 watt), dengan lampu 25 watt, 50 watt, 75 watt dan 100 watt. Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.1. Secara umum nilai konduktivitas ordenya ialah  $10^{-5}$  S/cm yang berarti dapat dikatakan bahwa film tipis yang kita buat merupakan suatu material semikonduktor. Dari tabel 4.1 diketahui bahwa nilai konduktivitas listrik meningkat seiring dengan kenaikan intensitas cahaya. Peningkatan konduktivitas ini dikarenakan tereksitasnya elektron pada pita valensi ke pita konduksi [6]. Elektron pada pita konduksi bebas bergerak dibawah pengaruh medan listrik sehingga semakin banyak elektron tereksitasi ke pita konduksi akibat disinari cahaya yang menyebabkan arus akan meningkat dengan demikian konduktivitas listriknya jga meningkat dan sebaliknya nilai resistansinya akan menurun karena konduktivitas dan resistansi memiliki hubungan terbalik [7]. Adapun untuk data nilai konduktivitas masing-masing film tipis dapat dilihat pada tabel 1.

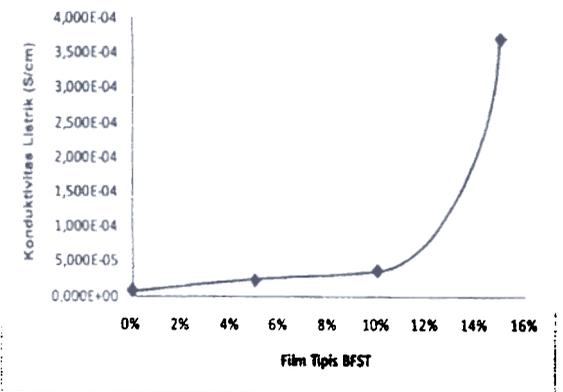
Secara umum penambahan pendadah ferium akan meningkatkan konduktivitas listrik

film tipis seperti terlihat pada gambar (4.1). Peningkatan konduktivitas listrik akibat penambahan pendadah ferium terjadi karena atom trivalent memiliki tiga elektron pada pita valensi sedangkan ion silikon memiliki empat elektron valensi dengan demikian ada ikatan kovalen yang kosong (hole). Kekurangan electron ini menyebabkan semikonduktor menjadi tipe  $-p$ . Selain itu, jika semikonduktor intrinsik (semikonduktor yang dibuat dengan metode khusus untuk meningkatkan kemurniannya setinggi mungkin, sehingga hasilnya bisa dianggap sebagai semikonduktor murni) didadah dengan sejumlah kecil atom trivalent, maka setiap atom pendadah akan mengkontribusikan tiga elektron dan menyisakan satu hole pada ikatan kovalen. Zat pendadah seperti ini disebut akseptor atau ketidakmurnian tipe  $-p$ . Penambahan akseptor pada semikonduktor intrinsik akan menimbulkan tambahan tingkat energy sedikit diatas pita valensi. Kecilnya selisih tingkat energy pita valensi dan pita konduksi menyebabkan banyaknya electron naik ke pita konduksi, meninggalkan hole pada pita valensi yang menjadi *carrier* terbesar pada suatu bahan semikonduktor sehingga nantinya akan meningkatkan nilai konduktivitas listrik film tipis BST dan BFST [8].

Gambar 2 menunjukkan kurva konduktivitas listrik film tipis BST dan BFST sebagai fungsi dari intensitas cahaya. Kurva konduktivitas tersebut menunjukkan konduktivitas relatif stabil sebagai fungsi intensitas cahaya dan penambahan dopan ferium akan meningkatkan nilai konduktivitas. Adapun pada gambar 3 menunjukkan kurva konduktivitas listrik film tipis BFST pada kondisi gelap dimana terlihat kurva menyerupai bentuk eksponensial dan menunjukkan bahwa pendadah ferium meningkatkan nilai konduktivitas listrik walaupun tidak ada intensitas cahaya yang masuk pada film tipis BFST.



Gambar 2. Hubungan konduktivitas listrik terhadap variasi intensitas cahaya.



Gambar 3. Hubungan konduktivitas listrik setiap film tipis setiap film tipis BFST pada kondisi gelap.

Tabel 1. Pengaruh intensitas cahaya dan banyaknya pendadah ferium oksida terhadap konduktivitas listrik film tipis BFST.

| Film tipis BFST | Konduktivitas listrik ( $10^{-5}$ S/cm) |         |         |         |          |
|-----------------|---|---------|---------|---------|----------|
|                 | 0 watt                                  | 25 watt | 50 watt | 75 watt | 100 watt |
| 0%              | 0,663                                   | 1,053   | 1,137   | 1,200   |          |
| 5%              | 2,149                                   | 2,923   | 2,829   | 3,469   |          |
| 10%             | 3,519                                   | 4,882   | 4,957   | 6,394   |          |
| 15%             | 36,961                                  | 41,270  | 41,410  | 42,642  | 43,781   |

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas listrik film tipis meningkat seiring dengan kenaikan intensitas cahaya sebaliknya nilai resistansinya akan menurun dan dari nilai konduktivitas listrik yang didapatkan menunjukkan bahawa film tipis BST dan BFST yang dibuat merupakan material semikonduktor. Penambahan pendadah ferium oksida akan meningkatkan nilai konduktivitas listrik film tipis BST dan BFST.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai Program Hibah Kompetitif Penelitian .. Unggulan Strategis Nasional 2009, DP2M Dikti, Republik Indonesia dengan nomor kontrak:  
413/SP2H/PP/DP2M/VI/2009.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Seo, J.Y, Park S.W. 2004. Chemical Mechanical Planarization Characteristic of Ferroelectric Film for FRAM Applications. *Journal of Korean Physics society*. Vol 45 (3). 769-772.
- [2]. Azizahwati. Studi Morfologi Permukaan Film Tipis  $Pb_{0.525}Zr_{0.475}TiO_3$  yang Ditumbuhkan dengan Metode DC Unbalanced Magnetron Sputtering. *Jurnal Nasional Indonesia*. Universitas Riau, 5 (1), 50-56 (2002).
- [3]. Giridharan, N.V, Jayavel R, Ramasamy P. *Structural, Morphoogical and Electrical Studies on Barium Strontium Titanate Thin Films Prepared by Sol-Gel Technique*. Crystal Growth Centre, Anna University, Chennai, India, 36 (1), 65-72 (2001).
- [4]. Schwartz, R.W. *Chemical Solution Deposition of Perovskite Thin Films*. Department of Ceramic and Materials Engineering, Clemson University, Clemson, South Carolina 29634-0907, 9 (11), 2325-2340 (1997).
- [5]. Sze, S.M. 1981. *Physics of Semiconductor Devices 2<sup>nd</sup> edn*. John Wiley and Sons. Singapore
- [6]. Omar, M.A. *Elementary Solid State Physics*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc (2007).
- [7]. Sutrisno. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. ITB, Bandung (1986).
- [8]. Arifin, I. *Elektronika 1*. Hal 9-12 (2004).