

PERANCANGAN SENSOR CAHAYA MENGGUNAKAN FILM BST DENGAN SUBSTRAT SILIKON 100 TYPE-P DAN *INDIUM TIN OXIDE*

Susanto^{1,3}, Johan Liman², Harlianto Tanudjaja³

^{1,2} Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas
Kristen Krida Wacana, Jakarta

³ Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Atmajaya, Jakarta
e-mail: ¹susanto.2013te004@civitas.ukrida.ac.id, ²johansah@ukrida.ac.id,
³harlianto.tanudjaja@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat optik dari film tipis BST ($B_{0.5}S_{0.5}TiO_3$) dengan 2 substrat yang berbeda yaitu substrat *Indium Tin Oxide* (ITO) dan substrat Silikon 100 tipe-p. Proses ini menggunakan metode *Chemical Solution Decomposition* (CSD) dengan substrat ditetesi larutan BST dan mengalami *spin coating* dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 detik. Proses *annealing* dengan suhu 850 °C untuk substrat Silikon 100 tipe-p dan 200 °C untuk substrat ITO. Pengujian sifat optik yaitu sifat reflektansi dari film tipis. Dari hasil pengujian untuk 6 sampel untuk setiap substrat, film tipis substrat silikon memiliki reflektansi maksimum pada panjang gelombang 430-440 nm dan reflektansi minimum pada panjang gelombang 360-380 nm, sedangkan film tipis substrat ITO memiliki reflektansi maksimum pada panjang gelombang 280 nm dan reflektansi minimum pada panjang gelombang 380 nm dan kestabilan reflektansi terjadi pada panjang gelombang 460-830 nm. Dari hasil pengukuran menggunakan spektrometer, celah pita energi dapat ditentukan dengan metode Kubelka-Monk dengan menggunakan relasi Tauc Plot. Hasil pada sensor bersubstrat silikon dapat bekerja dengan mendeteksi pengaruh cahaya tampak dan cahaya ultraviolet sedangkan pada sensor bersubstrat ITO dapat bekerja dengan mendeteksi pengaruh cahaya tampak.

Kata kunci: BST, Silikon, ITO, CSD, Kubelka-Monk, Tauc Plot

ABSTRACT

The purpose of this research is to know the optical properties of thin film BST ($B_{0.5}S_{0.5}TiO_3$) with 2 different substrate of Indium Tin Oxide substrate (ITO) and p-type Silicon 100 substrate. This process uses Chemical Solution Decomposition (CSD) method which substrate is injected with BST and spin coating at 3000 rpm for 30 seconds. Followed by annealing process with temperature 850 °C for p-type 100 silicon substrate and for ITO substrate with temperature of 200 °C using Chemical Solution Decomposition (CSD) method. Testing of optical properties is the nature of the reflectance of the film. From the test results for 6 samples for each substrate, the silicon substrate filmisation has a maximum reflectance at the 430-440 nm wavelength and minimum reflectance at 360-380 nm wavelength, while ITO substrate filmization has maximum reflectance at 280 nm wavelength and minimum reflectivity at 380 nm wavelength and reflectivity stability occurs at 460-830 nm wavelength. From the results using a spectrometer, the energy band gap can be determined by Kubelka-Monk method using Tauc Plot relation. the results on the silicon substrate sensor can work by detecting light and ultraviolet light while on the ITO substrate sensor can work by detecting visible light.

Keywords: BST, Silikon, ITO, CSD, Kubelka-Monk, Tauc Plot

PENDAHULUAN

Ferroelectric adalah gejala terjadinya perubahan polarisasi listrik secara spontan pada material tanpa gangguan medan listrik dari luar. Sifat-sifat bahan *ferroelectric* dapat digunakan sesuai kebutuhan serta mudah diintegrasikan dalam bentuk *device* sehubungan dengan sifat-sifat unik yang dimilikinya. Golongan bahan elektronik utamanya merupakan bahan dielektrik yang terpolarisasi secara spontan dan memiliki kemampuan untuk merubah polarisasi internal. Salah satu bahan tersebut adalah Barium Stronsium Titanat (BST) yang merupakan bahan dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, serta kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi. Salah satu dari penelitian BST yang telah diteliti oleh Liman, *et al.* (2015). Penelitian ini dilakukan oleh kerjasama antara Universitas Kristen Krida Wacana dan Institut Pertanian Bogor. Dari penelitian itu, peneliti mulai melakukan pengembangan dengan membuat penelitian BST dengan substrat silikon 100 tipe-p yang dibandingkan dengan substrat ITO untuk melihat karakteristik masing-masing dari sensor yang dibuat. Pada penelitian ini, menggunakan metoda Chemical Solution Deposition (CSD). Metode ini mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Kelebihan dari metode ini yaitu lebih murah, sederhana, suhu rendah, dan proses yang lebih cepat, sedangkan masalah utama yang dihadapi untuk melakukan metode ini adalah cara membuat larutan kimia BST yang stabil, dikarenakan sering terjadi pengendapan selama penyimpanan larutan. Aplikasi bahan *ferroelectric* untuk peralatan optoelektronika memerlukan uji karakteristik optik dari material tersebut,

seperti sifat absorptansi, reflektansi dan transmitansi.

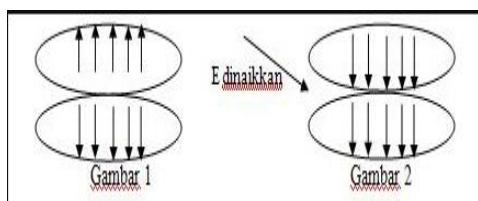
LANDASAN TEORI

A. Material Ferroelektrik

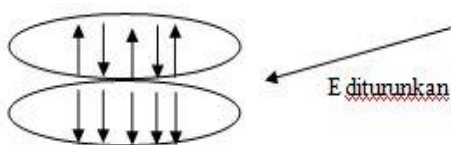
Ferroelektrik adalah gejala terjadinya perubahan polarisasi listrik yang spontan pada material tanpa gangguan medan listrik dari luar. Momen dipol didefinisikan sebagai jarak yang memisahkan pusat muatan positif dengan muatan negative, sedangkan polarisasi itu sendiri merupakan jumlah momen dipole persatuan luas. Momen dipole memiliki posisi masing-masing pada awalnya seperti pada Gambar 1. Namun ketika diberikan suatu medan sebesar E , maka momen dipole akan menjadi searah. Ketika sudah searah semua dan E tetap dinaikkan maka jumlah momen dipole yang searah tetap sama (karena semua momen dipole sudah searah) seperti terlihat pada Gambar 1. Kondisi ini dinamakan keadaan jenuh.

Kemudian ketika besar E diturunkan maka akan ada momen dipole yang tetap searah dan ada momen dipole yang balik arah (tidak semua dipole bergerak kearah sebelum diberi medan listrik E) seperti terlihat pada Gambar 2. Keadaan ini dinamakan dengan medan koersif.

Untuk aplikasi sensor cahaya, bahan semikonduktor ferroelektrik lebih unggul dalam hal respon kecepatan dan kepekaannya. Teknologi ferroelektrik film BST saat ini merupakan salah satu teknologi modern yang sangat menarik para ahli untuk dikembangkan karena sifat-sifatnya,



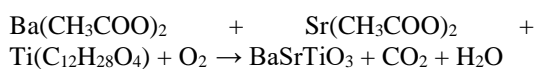
Gambar 1. Perubahan momen dipole keadaan jenuh



Gambar 2. Medan Koersif

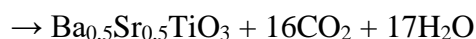
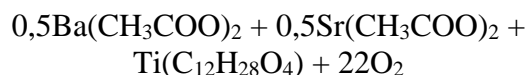
B. Barium Stronsium Titanat (BST)

BST adalah material ferroelektrik yang digunakan pada penelitian ini. Penambahan stronsium ke dalam barium titanat menjadi barium stronsium titanat ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$), menyebabkan temperatur *curie* (temperatur untuk mengubah fase ferroelektrik ke paraelektrik) BST menurun dari 130° celsius menjadi suhu kamar yaitu 25° celsius, sehingga material ferroelektrik ini bias digunakan sebagai spesifikasi alat-alat sensor. Film BST ini memiliki ketebalan dengan besaran mikron dan sifat semikonduktornya yang demikian membuatnya menjadi ideal untuk digunakan pada berbagai sensor, salah satunya adalah sensor cahaya yang mampu bekerja dengan memanfaatkan intensitas cahaya. Berikut ini adalah persamaan reaksi kimia dari larutan BST :



Larutan BST ini tidak dalam keadaan setara. Persamaan reaksi dikatakan setara, bila jumlah atom-atom zat-zat pereaksi pada ruas kiri sama dengan zat-zat hasil reaksi pada ruas kanan. Apabila jumlah atom sebelum

dan sesudah reaksi belum sama, maka perlu disetarakan dengan cara membubuhkan koefisien reaksi namun indeks tidak boleh diubah. Maka dari itu persamaan reaksi kimia di atas harus dilakukan penyetaraan koefisien sehingga menjadi :



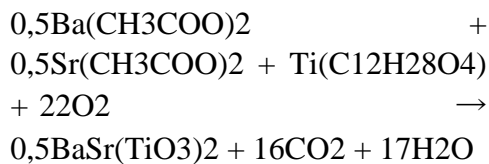
RANCANGAN

Fabrikasi Film BST dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti *sputtering*, *laser ablation*, dan *sol-gel process*. Pada rancangan penelitian ini menggunakan metode *sol-gel process*, secara umum meliputi empat proses yaitu;

1. Sintesis larutan prekursor. Komposisi massa senyawa yang digunakan, dihitung dengan metode stoikiometri.
2. Deposisi larutan prekursor pada permukaan substrat. Proses ini dapat dilakukan dengan cara mencelupkan substrat ke dalam larutan prekursor, spin coating atau penetasan larutan prekursor pada permukaan sehingga didapatkan film pada permukaan.
3. Pemanasan pada suhu rendah. Perlakuan ini bertujuan menghilangkan pelarut dan senyawa organik lain yang diperkirakan masih ada (biasanya pada suhu $300\text{-}400^\circ\text{C}$) dan pembentukan film yang masih berstruktur amorf.
4. Perlakuan panas pada temperatur tinggi. Perlakuan ini bertujuan untuk densifikasi (pepadatan) dan kristalisasi film (biasanya pada suhu $600\text{-}1000^\circ\text{C}$).

A. Pembuatan Film Tipis BST

Larutan Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO₃ diperoleh dengan mencampurkan bahan-bahan kimia menurut penyetaraan reaksi sebagai berikut :



Penimbangan massa zat kimia yang dipakai berasal dari hasil penyetaraan persamaan reaksi kimia untuk memperoleh larutan kimia 1M. Dari hasil penyetaraan reaksi dan perhitungan, maka komposisi zat-zat yang dipakai, sebagai berikut:

- Bubuk barium asetat [Ba(CH₃COO)₂, 99%] sebanyak 0,3193 gram.
- Bubuk stronsium asetat [Sr(CH₃COO)₂, 99%] 0,2572 gram.
- Bubuk titanium isopropoksida [Ti(C₁₂O₄H₂₈), 97,999%] 0,7107 gram.
- 2-metoksietanol [(H₃COCH₂CH₂OH)] sebanyak 2.5 ml.

Dari hasil pencampuran bahan-bahan Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO₃ dengan larutan 2,5 ml 2-Metoksietanol sebagai pelarutnya akan menghasilkan Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO₃ yang murni. Fraksi molar dari Barium Asetat dan Stronsium Asetat adalah 0,5. Larutan yang sudah dicampur diberikan getaran ultrasonikasi selama 90 menit agar terbentuk campuran BST yang homogen

B. Proses Spin Coating

Campuran BST yang sudah homogen di teteskan pada substrat Si(100) type p atau substrat ITO kemudian substrat diputar dengan menggunakan *spin coating* dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 detik. Proses ini dilakukan 3 kali dengan waktu jeda selama 1 menit.

C. Proses Annealing

Setelah mengalami proses *spin coating*. Substrat harus di annealing pada suhu yang tinggi sehingga kristal-kristal BST yg sudah ada di substrat tidak gampang hilang. Proses *annealing* ini dilakukan dengan menggunakan furnace. Proses annealing substrat Si (100) type-p yang telah diberi BST dilakukan pada suhu 850° Celsius sedangkan substrat ITO yang telah diberi BST dilakukan pada suhu 200° Celsius, selama 22jam dengan kenaikan suhu pada 3,5 jam pertama hingga suhu 850° celsius dan 15 jam stabil pada suhu 850° di lanjutkan penurunan suhu pada 3,5 jam akhir.

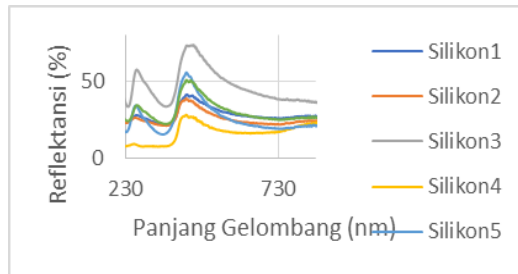
PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Karakteristik Optik Film Tipis BST

Film tipis akan diuji karakteristik reflektansinya dengan menggunakan spektrometer. Dari hasil spektrometer akan didapatkan kurva persen reflektansi terhadap panjang gelombang. Dari hasil tersebut dapat dihitung nilai reflektansi dengan persamaan reflektansi, persamaan kubelka-munk, energi, eV, (F(R)*hv). Setelah mendapatkan nilai-nilai tersebut dibuatlah kurva perbandingan antara (F(R)*hv)² dan (F(R)*hv)^{0,5} terhadap eV untuk mendapat energi gap dari film tipis.

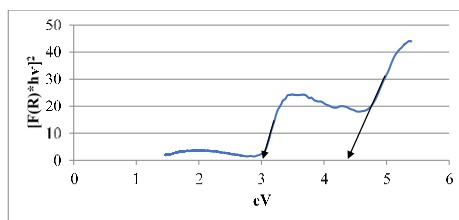
B. Hasil Pengukuran dan Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan nilai dari (λ vs Reflektansi (%)) substrat Silikon 100 Type-p, sebagai berikut:

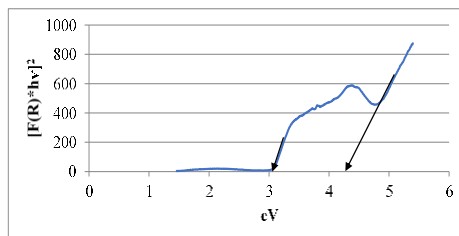


Gambar 3. λ vs Reflektansi substrat Silikon 100 Type-p

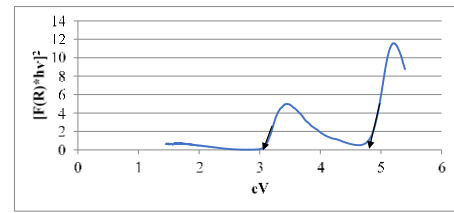
Gambar 4 sampai 9 menunjukkan nilai dari $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, sebagai berikut:



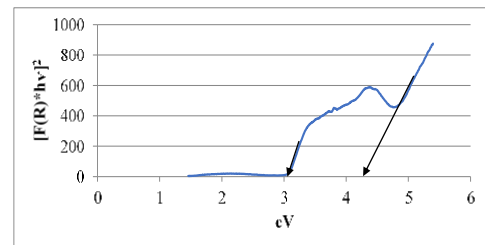
Gambar 4. Kurva $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-1



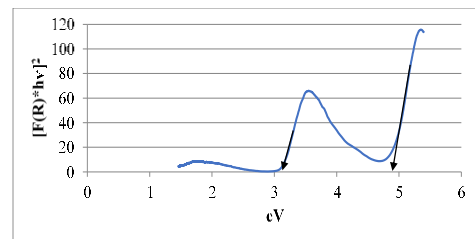
Gambar 5. $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-2



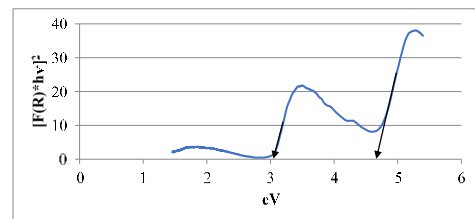
Gambar 6. Kurva $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-3



Gambar 7. Kurva $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-4

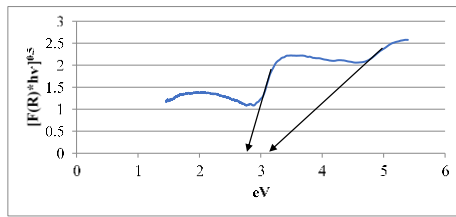


Gambar 8. Kurva $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-5

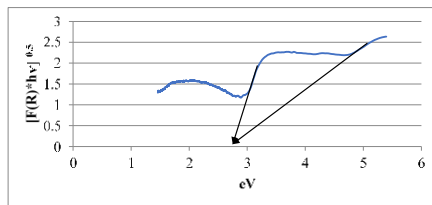


Gambar 9. Kurva $(F(R) \cdot hv)^2$ terhadap eV Silikon ke-6

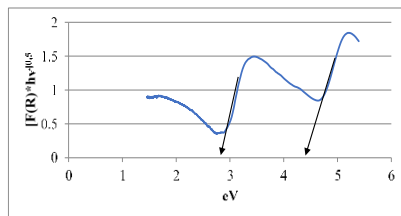
Gambar 10 sampai 15 menunjukkan kurva nilai dari $(F(R) \cdot hv)^{0.5}$ terhadap eV Silikon 100 type-p, sebagai berikut:



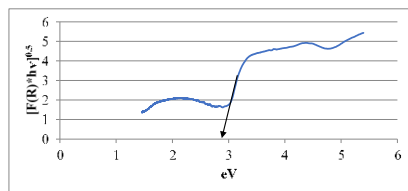
Gambar 10. Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 1



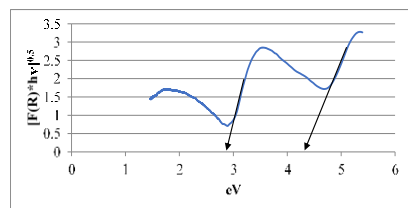
Gambar 11. Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 2



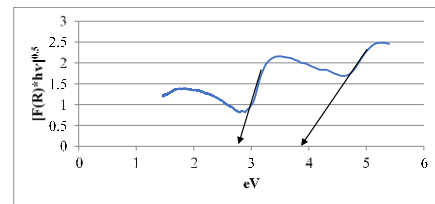
Gambar 12. Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 3



Gambar 13. Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 4

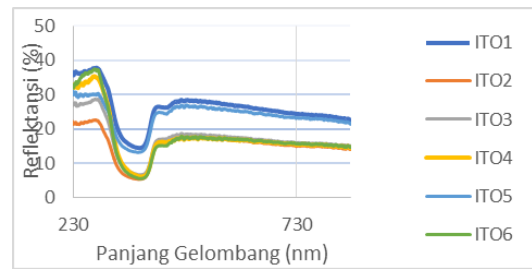


Gambar 14 Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 5



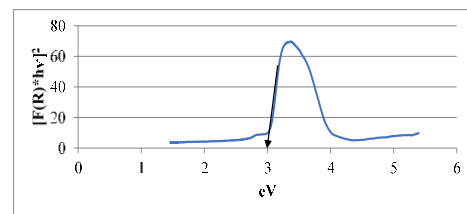
Gambar 15 Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV silikon 6

Gambar 16 menunjukkan nilai dari (λ vs Reflektansi (%)) substrat ITO, sebagai berikut:

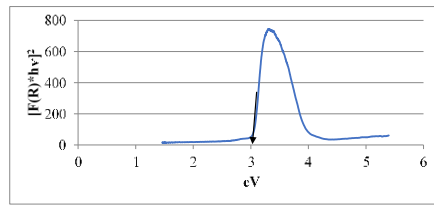


Gambar 16 λ vs Reflektansi (%) substrat ITO

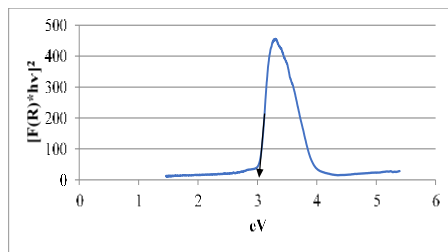
Gambar 17 sampai gambar 22 menunjukkan nilai dari $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, sebagai berikut:



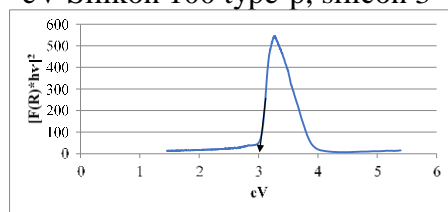
Gambar 17. Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 1



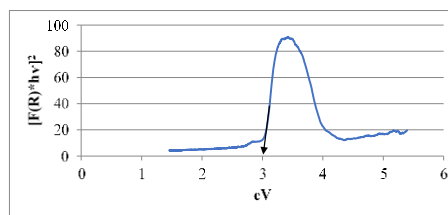
Gambar 18. Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 2



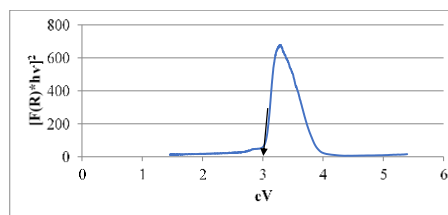
Gambar 19. Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 3



Gambar 20. Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 4

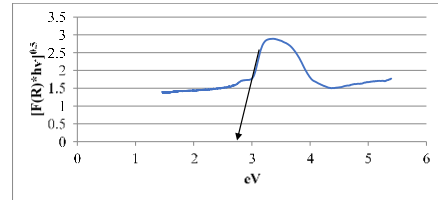


Gambar 21. Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 5

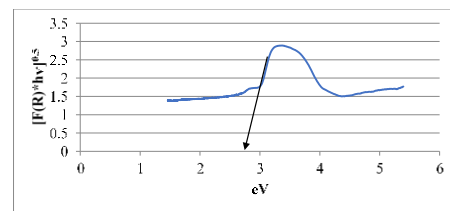


Gambar 22 Kurva $(F(R)*hv)^2$ terhadap eV Silikon 100 type-p, silicon 6

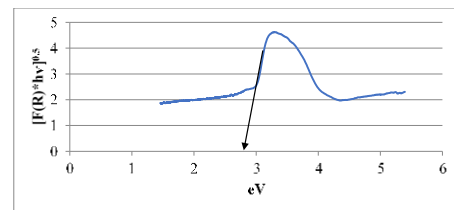
Gambar 23 sampai 29 menunjukkan kurna nilai dari $(F(R)*hv)^{0,5}$ terhadap eV ITO, sebagai berikut:



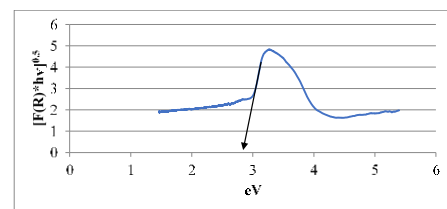
Gambar 23 Kurva $(F(R)*hv)^{0,5}$ terhadap eV ITO ke-1



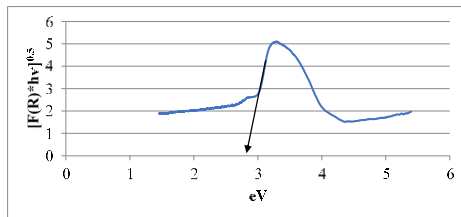
Gambar 24. Kurva $(F(R)*hv)^{0,5}$ terhadap eV ITO ke-2



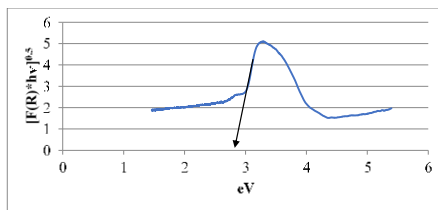
Gambar 25 Kurva $(F(R)*hv)^{0,5}$ terhadap eV ITO ke-3



Gambar 26 Kurva $(F(R)*hv)^{0,5}$ terhadap eV ITO ke-4



Gambar 27 Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV ITO ke- 5



Gambar 28 Kurva $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV ITO ke-6

KESIMPULAN

1. Film tipis BST substrat silikon 100 tipe-p memiliki reflektansi maksimum pada range panjang gelombang 430 - 440 nm sedangkan reflektansi minimum pada range panjang gelombang 360 - 380 nm.
2. Film tipis BST substrat ITO memiliki reflektansi maksimum pada panjang gelombang 280 nm sedangkan reflektansi minimum pada panjang gelombang 380 nm. Kestabilan reflektansi terjadi pada panjang gelombang 460 - 830 nm.
3. Dari hasil kurva $(F(R)*hv)^2$ dan $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV substrat Silikon menggunakan spektrometer, sensor dapat bekerja dengan mendeteksi cahaya tampak dan cahaya ultraviolet.
4. Dari hasil kurva $(F(R)*hv)^2$ dan $(F(R)*hv)^{0.5}$ terhadap eV substrat ITO menggunakan spektrometer, sensor dapat bekerja dengan mendeteksi cahaya tampak.
5. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa sensor yang dibuat merupakan

semikonduktor karena bekerja pada range 2,8 – 4,8 ev.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bonga, A.Y. dkk. 2015. Analisis Energy Gap Dan Indeks Bias Film Tipis $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ Didada Ga₂O₃ Berdasarkan Metode Reflektansi. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*.
- [2] Faanzir dan Umar. 2013. Teknologi Proses Produksi Sensor Cahaya untuk Pengembangan Robotik Berbasis Teknologi Lapisan Tipis Bahan Ferroelektrik Barium Stronsium Titanat ($Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$). *Jurnal Media Elektro*.
- [2] Hunter Lab. 2008. The Kubelka-Monk Theory and K/s. skripsi. Pdf.
- [3] Liman, Johansah, dkk. 2015. Penumbuhan Film Tipis $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ di atas Substrat Si (100) Type-p dengan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Analisis Sifat Optik. *to be publish in Prosiding LINOF 2015, Pusat Penelitian Fisika LIPI*.
- [4] Liman, Johansah, dkk. 2015. Uji Sifat Optik Film Tipis $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$ di Atas Substrat Corning Glass 7059. *Jurnal Fisika Indonesia*.
- [5] M. Sukumar, L. John Kennedy, J. Judith Vijaya, B. Al-Najar, M. Bououdina, Facile microwave assisted combustion synthesis, structural, optical and magnetic properties of $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ ($0 \leq x \leq 0.5$) perovskite

- nanostructures. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (2018).
- [6] Novianty Keyza, Lubis, tony. 2012. Perancangan Prototipe Sistem Penerangan Otomatis Ruang Berjendela Berdasarkan Intensitas Cahaya. Seminar Nasional Teknologi Informasi 2012. Universitas Tarumanegara Fakultas Teknologi Informasi.
- [7] N. Fifere, A. Airinei, D. Timpu, A. Rotaru, L. Sacarescu, L. Ursu, New insights into structural and magnetic properties of Ce doped ZnO nanoparticles, *Journal of Alloys and Compounds* (2018).
- [8] Nur Hilaluddin, Muhammad. 2011. PEMBUATAN SEL SURYA BERBASIS FILM FERROELEKTRIK BARIUM STRONTIUM TITANATE ($Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$). Institut Pertanian Bogor.
- [9] R Estrada, N Djohan, D Pasole, M Dahrul, A Kurniawan, J Iskandar, H Hardhienata and Irzaman. The optical band gap of $LiTaO_3$ and Nb_2O_5 -doped $LiTaO_3$. thin films based on Tauc Plot method to be applied on satellite, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 54 012092.
- [10] Samiya Manzoor and Shahid Husain. 2018. Influence of Zn doping on structural, optical and dielectric properties of $LaFeO_3$. *IOP Publishing*. Department of Physics, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, India.
- [11] Schrade, Matthias; Magraso, Anna; Galeckas, Augustinas; Finstad, Terje & Norby, Truls (2016). The Band Gap of $BaPrO_3$ Studied by Optical and Electrical Methods. *Journal of The American Ceramic Society*.
- [12] Syam, R. 2013. Dasar-dasar teknik sensor. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [13] Bahan kuliah fisika,” semikonduktor”. Homepage Online. Available from <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/drs-sumarna-msi-meng/bahan-kuliah-fisika-semikonduktor.pdf>; internet; accessed 15 June 2017.
- [14] Elektronika,” Teori dan penerapan”. Homepage Online. Available from <http://staffnew.uny.ac.id/upload/131666733/pendidikan/Elektronika++Te-ori+dan+Penerapan-BAB1-sc.pdf>; internet; accessed 15 June 2017.
- [15] Gelombang Elektromagnetika,” Elektromagnet”. Homepage Online. Available from <https://mohamadramdhani.staff.telkomuniversity.ac.id/files/2015/09/2-Elektromagnetika-v1-bag-2.pdf>; internet; accessed 15 June 2017.
- [16] Info-elektro,” semikonduktor”. Homepage Online. Available from <http://www.info-elektro.com/2013/06/bahan-semikonduktor-ilmu-bahan-listrik.html>; internet; accessed 15 June 2017.
- [17] Polsri,” Sensor Cahaya”. Homepage Online. Available from <http://eprints.polsri.ac.id/1128/3/>

- BAB%20II.pdf; internet; accessed 15 june 2017.
- [18] Sastra Kusuma Wijaya,” Semikonduktor”. Homepage Online. Available from <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/sastra.kusuma/material/05semi-kondutor.pdf>; internet; accessed 19 june 2017.
- [19] Zona Elektro,” Sensor Cahaya”. Homepage Online. Available from <http://zoniaelektro.net/sensor-cahaya/>; internet; accessed 15 june 2017.