

Sifat Optik dan Energi Gap Film Ferroelektrik LiTaSiO₅ di Atas Substrat Silikon

(Optical Properties and Bandgap Energy of LiTaSiO₅ Ferroelectric Thin Films on Silicon)

La Isa*, Irmansyah, Irzaman

(Diterima Mei 2015/Disetujui Agustus 2016)

ABSTRAK

Film tipis litium tantalat silikat (LiTaSiO₅) berhasil dibuat pada substrat Si (100) tipe-p dan Si (111) tipe-n dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) dengan variasi suhu *annealing* 600, 650, 700, 750, dan 800 °C. Penentuan ketebalan lapisan tipis dengan metode volumetrik dan uji sifat optik dengan spektroskopi UV-Vis. Pengujian absorbansi menghasilkan panjang gelombang serapan maksimum film pada kedua substrat, yaitu 420 dan 980 nm. Energi *bandgap* terbesar *film* pada Si (100) tipe-p, yaitu 2,94 eV pada suhu 650 °C dan Si (111) tipe-n, yaitu 3,06 eV pada suhu 800 °C.

Kata kunci: energi gap, film tipis litium tantalat silikat, sifat optik

ABSTRACT

Lithium tantalate silicate (LiTaSiO₅) has successfully been made on Si (100) p-type and Si (111) n-type by *chemical solution deposition* (CSD) technique with temperatures variation of 600, 650, 700, 750, and 800 °C. Determined the film thickness as well as and test the optical properties with UV-Vis spectroscopy. The maximum absorbance of the substrates were 420 and 980 nm. The maximum band of films on Si (100) was 2.94 eV a temperature of 650 °C and Si (111) was 3.06 eV a temperature of 800 °C.

Keywords: bandgap energy, lithium tantalate silicate thin film, optical properties

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang. Salah satu ilmu untuk mengembangkan dunia teknologi adalah ilmu fisika diantaranya fisika material. Fisika material mengkaji sifat-sifat dan struktur material (Smallman & Bishop 1999; Iriani *et al.* 2005).

Film tipis merupakan material yang memberikan harapan baru dalam pengembangan devais sensor infra merah dan sel surya agar memenuhi persyaratan, diantaranya biaya rendah dan stabilitas material yang baik. Pembuatan lapisan tipis sudah banyak dikembangkan dengan menggunakan metode tertentu. (Irzaman *et al.* 2003; Setiawan 2008; Irzaman *et al.* 2010; Irzaman *et al.* 2013; Irzaman *et al.* 2015)

Peranan bahan *ferroelectric* LiTaO₃ sangat menarik untuk diteliti karena dalam penerapannya dapat digunakan sebagai sel surya. LiTaO₃ merupakan objek yang diteliti secara intensif selama beberapa tahun terakhir karena memiliki sifat yang unik. LiTaO₃ bersifat *ferroelectric* pada suhu kamar.

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.

* Penulis Korespondensi: E-mail: isal071988@gmail.com

Dari beberapa hasil kajian, LiTaO₃ merupakan material optik, *optoelectric*, serta *piezoelectric* yang penting karena bahan LiTaO₃ memiliki kemampuan untuk merubah fase dari *ferroelectric* menjadi *paraelectric* (Gonzalez *et al.* 2003; Seo & Park 2004; Yan *et al.* 2011). Selain itu, LiTaO₃ dipilih karena pembuatannya dapat dilakukan di laboratorium dengan peralatan sederhana, biaya murah, dan dilakukan dalam waktu yang relatif singkat (Ismangil *et al.* 2015). Tujuan dari penelitian ini adalah membuat film tipis LiTaSiO₅ pada substrat Si (100) tipe-p dan Si (111) tipe-n dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) serta uji sifat optik dan menentukan energi gap.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam empat tahap. Tahap awal adalah menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, yaitu pisau mata intan, penggaris, pinset, gelas ukur, *beaker glass*, Branson 2510, pipet volumetrik, neraca analitik, reaktor *spin coater*, gunting, spatula, *stop watch*, tabung reaksi, pipet, selotip, *doubletip*, *tissue*, dan sarung tangan karet, sedangkan untuk bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bubuk litium asetat [LiO₂C₂H₃], bubuk tantalum oksida [Ta₂O₅], pelarut 2-

metoksietanol [C₃H₈O₂], substrat Si (100) tipe-p, dan substrat Si (111) tipe-n.

Tahap kedua, yaitu persiapan substrat. Substrat yang digunakan adalah Si tipe-p (100) dan tipe-n (111). Substrat dipotong dengan ukuran 1 × 1 cm berbentuk persegi menggunakan pisau mata intan. Substrat dibersihkan dengan proses pencucian, yaitu substrat yang telah dipotong, direndam dalam larutan aquades selama 5 menit kemudian dikeringkan.

Tahap ketiga, yaitu pembuatan larutan. Larutan dibuat dengan menggunakan litium asetat ((LiO₂C₂H₃) 99,9%) + bubuk tantalum oksida ((Ta₂O₅) 99,9%) setelah bahan-bahan dicampur lalu dikocok beberapa menit kemudian dilakukan penyaringan agar diperoleh larutan yang bersifat homogen sebagai pelarut. Seluruh bahan tersebut dicampur dengan pengaduk ultrasonik dengan model Branson 2210 selama 90 menit.

Tahap keempat penumbuhan film. Penumbuhan film menggunakan metode CSD di permukaan reaktor *spin coater*. Substrat yang telah dibersihkan, diletakkan di permukaan piringan reaktor *spin coater* kemudian 1/3 bagiannya ditutup menggunakan selotip. Bagian 2/3 substrat ditetesi larutan LiTaO₃ sebanyak satu tetes, 3 kali ulangan. Reaktor *spin coater* diatur pada kecepatan 3.000 rpm selama 30 detik setiap penetesan larutan LiTaO₃. Selanjutnya proses *annealing* bertujuan untuk mendifusikan larutan LiTaO₃ dengan substrat silikon sehingga akan terbentuk LiTaSiO₅. Proses *annealing* menggunakan *furnace* VulcanTM 3-130, dengan kenaikan suhu 1,7 °C/menit dari suhu kamar sampai pada suhu yang diinginkan sesuai suhu yang divariasikan. Film tipis litium tantalat silikat (LiTaSiO₅) yang dihasilkan dilakukan uji sifat optik, metode *Tauc Plot* untuk menentukan celah pita optik atau energi gap.

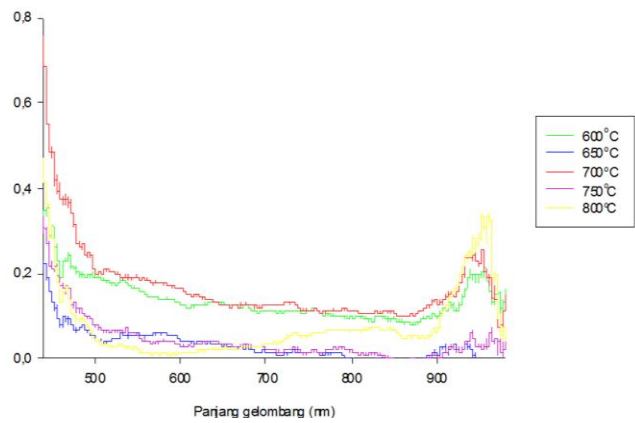
HASIL DAN PEMBAHASAN

Film tipis LiTaSiO₅ dapat ditumbuhkan dengan baik pada temperature *annealing* 600, 650, 700, 750, dan 800 °C telah di ukur absorbansi optiknya seperti tampak dalam Gambar 1 dan 2.

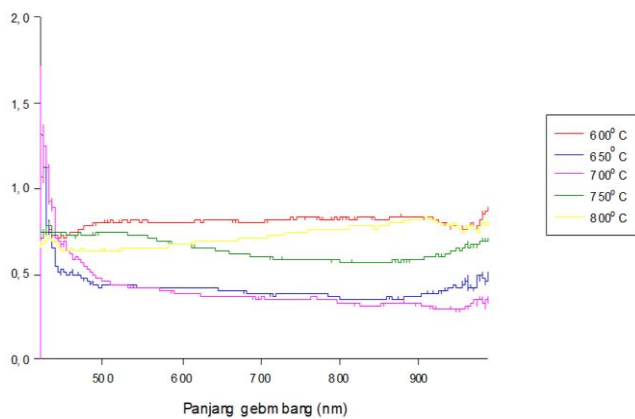
Tampak dalam Gambar 1 dan 2 bahwa suhu *annealing* dapat merubah nilai absorbansinya, ini diduga karena energi termal dari suhu *annealing* dapat merubah struktur kristal film tipis sehingga dapat memengaruhi kemampuan menyerap energi pada film tipis.

Penentuan ketebalan film (d) menggunakan metode volumetrik (perbandingan massa dengan massa jenisnya) dimana dilakukan dengan cara menimbang massa substrat sebelum dilapisi film tipis (m₁) dan menimbang substrat setelah di *annealing* (m₂) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{film\ tipis} \cdot A}$$



Gambar 1 Hubungan absorbansi dan panjang gelombang film Si (100) tipe-p.



Gambar 2 Hubungan absorbansi dan panjang gelombang film Si (111) tipe-n.

$$d = \frac{0,1299 - 0,1291}{7,45 \cdot 0,6}$$

$$d = 0,000179 \text{ atau } 1,79 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

Di mana A = luas permukaan dari film tipis.
Koefisien absorbansi (α)

$$\alpha = 2,03 \frac{\text{absorbansi}}{d}$$

$$\alpha = 2,03 \frac{0,722}{1,79 \times 10^{-4}}$$

$$\alpha = 81880,45$$

Dengan d ketebalan film.

Metode *Tauc plot*, yaitu metode penentuan celah optik dengan melihat grafik linear hubungan E (eV) pada sumbu- x dan (α h ν)² pada sumbu- y, dengan

$$E(\text{eV}) = h\nu \text{ atau } h \frac{C}{\lambda}$$

h = 6,63 × 10⁻³⁴ J.s dan C = 3 × 10⁸ m/s, maka diperoleh data Tabel 1 dan 2.

Tampak dalam Tabel 1 dan 2 nilai energi *bandgap* film pada substrat silikon (111) tipe-n lebih tinggi dibanding film pada substrat silikon (100) tipe-p, ini diduga bahwa *bandgap* film LiTaSiO₅ pada substrat

Tabel 1 Energi *bandgap* film LiTaSiO₅ pada substrat silikon (100) tipe-p

Suhu <i>annealing</i> (°)	Energi gap (eV)
600	2,69
650	2,84
700	2,94
750	2,92
800	2,89

Tabel 2 Energi *bandgap* film LiTaSiO₅ pada substrat silikon (111) tipe-n

Suhu <i>annealing</i> (°)	Energi gap (eV)
600	2,73
650	2,90
700	2,94
750	3,02
800	3,06

silikon (111) tipe-n menyebabkan elektron yang melompat dari pita valensi ke vita konduksi memerlukan energi yang besar di banding dengan film LiTaSiO₅ pada substrat silikon (100) tipe-p.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa film tipis litium tantalat silikat (LiTaSiO₅) telah berhasil ditumbuhkan dengan baik menggunakan metode *spin coating* pada substrat silikon (100) tipe-p dan (111) tipe-n pada temperatur *annealing* dengan variasi suhu 600, 650, 700, 750, dan 800 °C. Energi celah pita optik film tipis litium tantalat silikat (LiTaSiO₅) dapat dihitung menggunakan metode *Touc Plot* diperoleh nilai terbesar 2,94 eV dengan suhu 650 °C pada substrat silikon (100) tipe-p dan 3,06 eV dengan suhu 800 °C pada substrat silikon (111) tipe-n. Seluruh hasil kajian ini menunjukkan bahwa film tipis film LiTaSiO₅ yang ditumbuhkan pada substrat silikon (100) tipe-p maupun pada substrat silikon (111) tipe-n memiliki potensi sebagai sensor infra merah dan sel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gonzalez AHM, Simoes AZ, Zaghete MA, Varela JA. 2003. Effect of *preannealing* on the morphology of LiTaO₃ thin films prepared from the polymeric precursor method. *Materials Characterization*. 50(2–3): 233–238. <http://doi.org/bfzvkt>
- Iriani Y, Hikam M, Irzaman. 2005. Analisa Struktur Kristal dan Komposisi Tipis Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO₃ yang

disiapkan dengan *spin coating* – *3th. Kentingan Physics Forum*. 125–127.

- Irzaman, Darvina Y, Fuad A, Arifin P, Budiman M, Barmawi M. 2003. Physical and pyroelectric properties of tantalum oxide doped lead zirconium titanate [Pb_{0.9950}(Zr_{0.525} Ti_{0.465} Ta_{0.010})O₃] thin films and its applications for IR sensor. *Physica Status Solidi (a)*. 199(3): 416–424. <http://doi.org/bv9jgw>
- Irzaman, Maddu A, Syafutra H, Ismangil A. 2010. Uji konduktivitas listrik dan dielektrik film tipis *lithium tantalate* (LiTaO₃) yang didadah niobium pentaoksida (Nb₂O₅) menggunakan metode *chemical solution deposition*. Di dalam: *prosiding seminar nasional fisika*. hlm 175–183.
- Irzaman, Syafutra H, Rancasa E, Nuayi AW, Rahman TbGN, Nuzulia NA, Supu I, Sugianto, Tummimomor F, SURIANTY, Muzikarno O, Masrur. 2013. The Effect of Ba/Sr ratio on Electrical and Optical Properties of Ba_x Sr_(1-x) TiO₃ (x = 0,25; 0,35; 0,45; 0,55) Thin Film Semiconductor. *Ferroelectrics*. 445(1): 4–17. <http://doi.org/bqhx>
- Irzaman, Pebriyanto Y, Apipah ER, Noor I, Alkadri A. 2015. Characterization of Optical and Structural of Lanthanum Doped LiTaO₃ Thin Films. *Integrated Ferroelectrics*. 167(1): 137–145. <http://doi.org/bqhz>
- Ismangil A, Jenie RP, Irmansyah, Irzaman. 2015. Development of lithium tantalite (LiTaO₃) for automatic switch on LAPAN-IPB satellite infra-red sensor. *Procedia Environmental Sciences*. 24: 329–334. <http://doi.org/bqh2>
- Seo YJ, Park SW. 2004. Chemical Mechanical Planarization Characteristic of Ferroelectric Film for FRAM Applications. *Journal of Korean Physics society*. 45(3): 769–772.
- Setiawan A. 2008. Uji sifat listrik dan optik BST yang didadah niobium (BSNT) ditumbuhkan di atas substrat Si (100) tipe-p dan gelas *corning* dengan penerapannya sebagai fotodiode. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Smallman R, Bishop R. 1999. *Modern Physics Metallurgy and Materials Engineering*. Oxford (GB): Butterworth-Heinemann.
- Yan T, Zheng F, Yu Y, Qin S, Liu H, Wang J, Yu D. 2011. Formation mechanism of black LiTaO₃ single crystal through chemical reduction. *Journal of Applied Crystallography*. 44(1): 158–162. <http://doi.org/fqfbp3>