

Sifat Optik Lithium Tantalat (LiTaO_3) Diatas Substrat Silikon (100) Tipe-P Bervariasi Suhu

Agus Ismangil^a, Irmansyah^b dan Irzaman^b

^aDepartemen Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Pakuan, Indonesia

^bDepartemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia
Jalan Pakuan PO.BOX 452, Telp/Fax.(0251) 8375547 Bogor

e-mail: a.ismangil.physics@gmail.com

Abstrak

Lithium tantalate, which has chemical formula of LiTaO_3 , thin films have been grown on a p-type Si substrate (100) by using chemical solution deposition and spin coating techniques at speed of 3000 rpm for 30 seconds. LiTaO_3 thin films were made in concentration of 2.5M and at annealing temperatures of 550 °C, 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C, and 800 °C. These thin films were characterized by using ocean optic spectroscopy and LCR meter. The results showed that the highest absorbance peak of LiTaO_3 films was at temperature of 800 °C with wavelengths above 800 nm. This indicates that the LiTaO_3 films was a semiconductor material.

Kata kunci: LiTaO_3 , absorbance, spin coating, annealing, semiconductor

1. Pendahuluan

Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor[1]. Bahan ini sangat berguna dalam bidang elektronik karena konduktivitasnya dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut doping)[2]. Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika seperti dioda, transistor, dan *integrated circuit* (IC)[3]. Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an[4]. Bahan semikonduktor yang banyak dikenal adalah silikon (Si), germanium (Ge), dan Galium Arsenida (GaAs)[5]. Belakangan ini, silikon menjadi terkenal setelah ditemukan cara mengekstrak bahan silikon dari alam. Silikon merupakan bahan terbanyak kedua yang ada di bumi setelah oksigen[6]. Pasir, kaca, dan batuan-batuan lain adalah bahan alam yang banyak mengandung unsur silikon[7].

Semikonduktor yang telah terkotori (tidak murni lagi) oleh atom dari jenis lainnya struktur pita dan resistivitasnya akan berubah[8]. Ketidakmurnian dalam semikonduktor dapat menyumbangkan elektron maupun hole dalam pita energi. Dengan demikian, konsentrasi elektron dapat menjadi tidak sama dengan konsentrasi hole, namun masing-masing bergantung pada konsentrasi dan jenis bahan ketidakmurnian[9]. Dalam aplikasinya terkadang hanya diperlukan bahan dengan pembawa muatan elektron saja, atau hole saja. Hal ini dilakukan dengan doping ketidakmurnian ke dalam semikonduktor[10].

Untuk mendapatkan *device* semikonduktor yang bermutu tinggi[11], yang harus diperhatikan adalah "kemurnian" dan "kesempurnaan kristal tunggal" dari semikonduktor yang dipergunakan sebagai bahan untuk pembuatan alat-alat tersebut[12]. Hal ini disebabkan karena secara umum penambahan sedikit ketidakmurnian mempengaruhi pembawa muatan[13], sehingga mempengaruhi komponen yang akan dibuatnya. Sebaliknya, semakin sempurna kristalnya yang berarti mempunyai kerusakan lapisan kristal yang sangat sedikit, kesempurnaan kristal ini sangat menentukan karakteristik dari komponen yang dibuatnya[14].

Salah satu penelitian yang belakangan ini menarik perhatian para ahli fisika yaitu penelitian terhadap material ferroelektrik[15] karena material ini sangat menjanjikan terhadap perkembangan *device* generasi baru sehubungan dengan sifat-sifat unik yang dimilikinya[16]. Material ferroelektrik[17], terutama yang didasari oleh campuran lithium tantalat (LiTaO_3), diharapkan sifat pyroelektrik dapat diterapkan

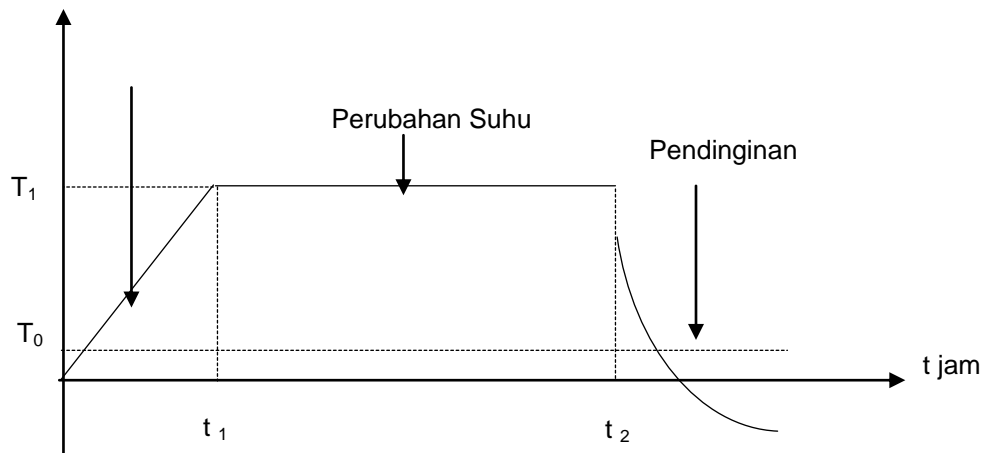
pada *infrared sensor*, sifat *polaryzability* dapat diterapkan sebagai *Non Volatile Ferroelektrik Random Access Memory (NVRAM)*[18], serta sifat *electro-optic* dapat digunakan dalam *switch termal infrared* [19].

Sifat suatu material *ferroelectric* dimanfaatkan untuk kebutuhan perangkat elektronika[20]. Peranan bahan *ferroelectric* LiTaO_3 sangat menarik untuk diteliti karena dalam penerapannya dapat digunakan sebagai sensor infra merah. LiTaO_3 merupakan objek yang diteliti secara intensif selama beberapa tahun terakhir karena memiliki sifat yang unik. LiTaO_3 bersifat *ferroelectric* pada suhu kamar. Dari beberapa hasil kajian, LiTaO_3 merupakan material optik, *optoelectric* serta *piezoelectric*. LiTaO_3 memiliki konstanta dielektrik yang tinggi serta kapasitas penyimpan muatan yang tinggi juga [21]. Selain itu LiTaO_3 merupakan kristal *non-hygroscopic* yang tidak mudah rusak sifat optiknya[22], sifat ini yang menjadikan bahan LiTaO_3 unggul dari bahan lainnya [23]. Tujuan penelitian ini menentukan koefisien difusilithium tantalat (LiTaO_3) diatas substrat silikon (100) tipe-p pada suhu annealing 550°C , 600°C , 650°C , 700°C , 750°C , dan 800°C .

2. Metode Penelitian

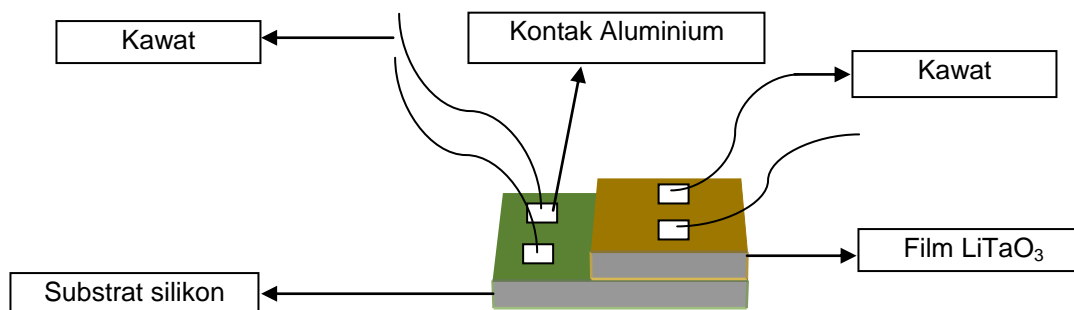
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika, Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan. Penelitian ini dilaksanakan dari January 2015 sampai dengan Maret 2015. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bubuk Lithium Asetat [$\text{LiO}_2\text{C}_2\text{H}_3$], bubuk Tantalum Oksida [Ta_2O_5], pelarut 2-metoksietanol [$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$], substrat Si (100) tipe-p, *deionized water*, aseton PA [CH_3COCH_3 , 58.06 g/mol], metanol PA [CH_3OH , 32.04 g/mol], asam florida (HF), kaca preparat, pasta perak, kawat tembaga halus, dan alumunium foil.

Dalam penelitian ini film tipis LiTaO_3 dibuat dengan metode *chemical solution deposition* (CSD)[24] yang telah lama dikembangkan untuk penumbuhan *perovskite thin film*[25]. metode ini memiliki keunggulan yaitu prosedurnya mudah, biayanya relatif ekonomis, dan mendapatkan hasil yang bagus. Metode *chemical solution deposition*(CSD)[26] merupakan metode pembuatan film dengan cara pendeposisian larutan bahan kimia di permukaan substrat, kemudian dipreparasi dengan *spin coater* pada kecepatan 3000rpm selama 30 detik setiap penetesan larutan LiTaO_3 [27].



Gambar 1 Proses annealing

Proses *annealing* dilakukan secara bertahap menggunakan *furnace Vulcan™* 3-130. tujuan *annealing* untuk mendifusikan larutan LiTaO_3 dengan substrat silikon yang dimulai dari suhu ruang kemudian dinaikkan hingga suhu *annealing* yaitu $550\text{ }^\circ\text{C}$, $600\text{ }^\circ\text{C}$, $650\text{ }^\circ\text{C}$, $700\text{ }^\circ\text{C}$, $750\text{ }^\circ\text{C}$ dan $800\text{ }^\circ\text{C}$ dengan kenaikan suhu $1,7\text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$ dan ditahan konstan selama 8 jam pada suhu *annealing* tersebut [28]. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan sampai kembali pada suhu ruang.



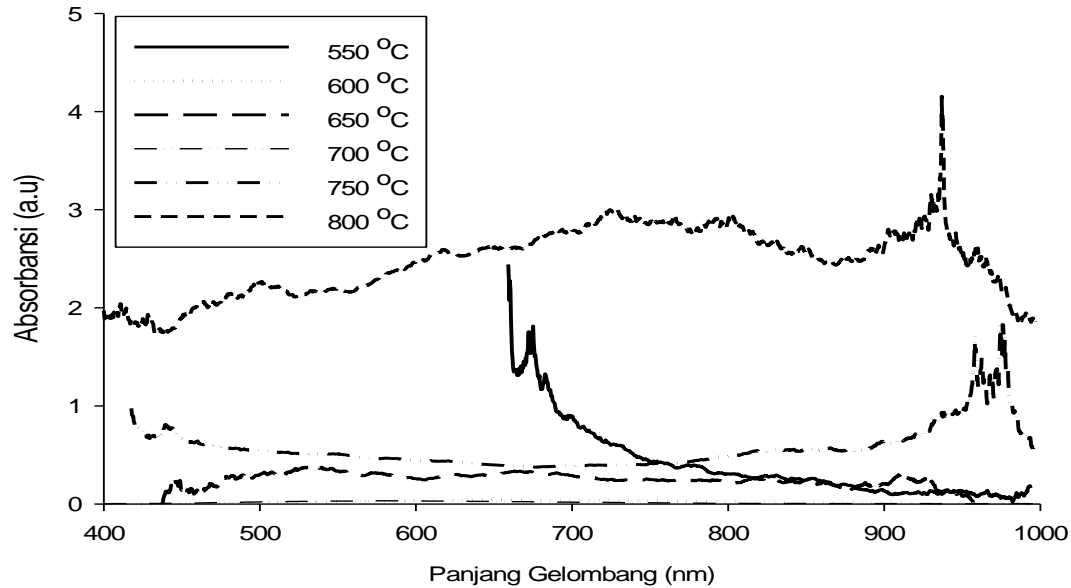
Gambar 2 Design dari LiTaO_3 Ferroelektrik

3. Analisis dan Hasil

3.1. Karakterisasi Optik

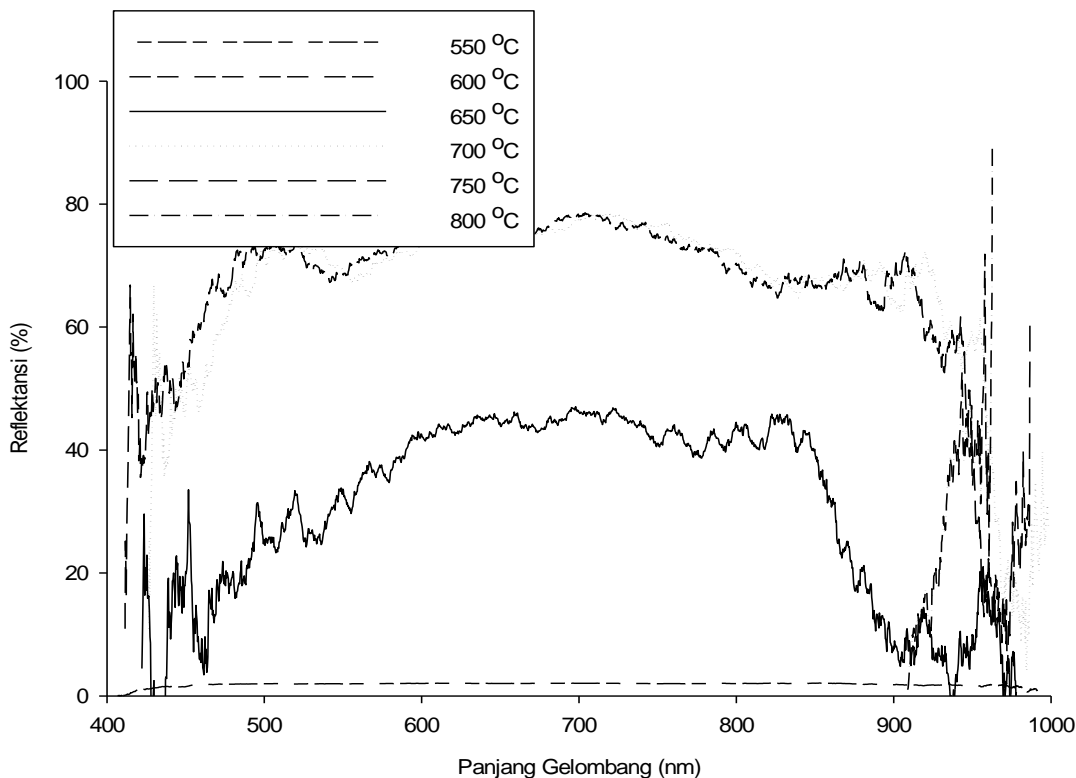
Pengukuran spektroskopi absorptansi memiliki lima komponen utama yaitu sumber radiasi, monokromator, sampel, *detector*, dan *recorder*. Sumber radiasi yang digunakan yaitu lampu xenon yang umum digunakan pada spektroskopi, sedangkan monokromator berfungsi untuk menghasilkan berkas radiasi dengan satu panjang gelombang. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap secara selektif dan radiasi lain akan diteruskan atau dipantulkan.

Absorbansi maksimum dari film lithium tantalat terjadi pada daerah inframerah yaitu pada panjang gelombang 950 nm, terlihat pada Gambar 3 puncak absorbansi tertinggi pada film lithium tantalat pada suhu annealing 800 °C dan 750 °C, dengan kata lain film LiTaO₃ banyak menyerap energi foton dari cahaya yang mengenainya. Intensitas absorbansi film LiTaO₃ setelah proses *annealing* selama 8 jam juga lebih tinggi. Selain itu, grafik absorbansi pada rentang panjang gelombang 450-950 nm cenderung horizontal, hal ini menunjukkan bahwa film LiTaO₃ dapat menyerap seluruh cahaya pada rentang panjang gelombang tersebut. Pada film LiTaO₃ setelah proses *annealing* 550 °C absorbansi terjadi pada panjang gelombang 650 nm, hal ini terjadi pada daerah panjang gelombang merah. Namun intensitas absorbansi pada film LiTaO₃ setelah proses *annealing* 850 °C merupakan yang paling tinggi.



Gambar 3 Absorbansi terhadap panjang gelombang

Reflektansi yang diperlihatkan dalam Gambar 4 Hubungan antara reflektansi dengan panjang gelombang terlihat pada rentang 400-1000 nm. Pada film lithium tantalat yang telah diannealing pada suhu 800 °C pemantulannya terjadi pada panjang gelombang 910 nm sedangkan pada suhu annealing 550 °C, 600 °C, 650 °C, 700 °C, dan 750 °C terjadi pada panjang gelombang 400-1000 nm.



Gambar 4 Reflektansi terhadap panjang gelombang

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat disimpulkan bahwa absorbansi maksimum dari film lithium tantalat terjadi pada daerah infra merah yaitu pada panjang gelombang diatas 800 nm, puncak absorbansi tertinggi pada film lithium tantalat pada suhu annealing 800°C dengan kata lain film LiTaO₃ banyak menyerap energi foton dari cahaya yang mengenainya.

References

- [1] Marco S, Volkmar N, and Gerald G. 2014. Dielectric and pyroelectric properties of ultrathin, monocrystalline lithium tantalite. *Journal infrared Physics & Technology* 63:35-41.
- [2] Poole C.P. 1998. The Physics Handbook Fundamentals and Key Equations. New York: John Wiley and Son, Inc.
- [3] Saito, T, I. 1996. Kimia Anorganik. Permiission of Iwanami Shaten Publisher.
- [4] Milan J, Lauhon L, and Allen J. 2005. Photoconductivity of Semiconducting.CdS.
- [5] Paula M.V, Nathalie B, Sebastian Z, Pedro F, Maria H.F. 2014. Are lithium niobate (LiNbO₃) and lithium tantalate (LiTaO₃) ferroelectrics bioactive. *Journal Materials Science and Engineering* 39:395-402.
- [6] Milton O. 1991. The Materials Science of Thin Film. Academic Press Limited, London.
- [7] Irzaman, A. Fuad, and M. Barmawi. 2001. Spectral Response of Al/Si Photodiodes for IR Sensor. Proceeding Instrumentation, Measurement, and Communications for the Future, Indonesian German Conference (IGC), Bandung: 340 – 342.
- [8] Omar, M.A. 2007. Elementary Solid State Physics. Addison-Wesley Publishing Company.
- [9] Song I et al. 2004. Diffusion of Zn in stoichiometric LiTaO₃. *Journal of Crystal Growth* 270: 568–572.
- [10] Rio S.R, M.lida.1999. Fisika dan Teknologi Semikonduktor. PT.Pradnya Paramita: Jakarta.

- [11] Kwok, K. N. 1995. Complete Guide to Semiconductor Device. McGraw-Hill, inc.
- [12] Kuneva M, Christova K and Tonchev S. 2012. Proton-exchanged optical waveguides in LiTaO₃: phase composition and stress. *Journal of Physics: Conference Series*.398.
- [13] Liu X. 2005. Nanoscale chemical etching of near-stoichiometric lithium tantalite. *Journal Material sains* 97(1):30-38.
- [14] Sutrisno. 1986. Elektronika Teori dan Penerapannya. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [15] Tipler PA.1991. Physics for Scientist and Engineers. Worth Publisher Inc.
- [16] Beata Z, Ewa M, Ryszard J. K. 2012. Synthesis, characterization and photocatalytic properties of lithium tantalite. *Journal Materials Characterization* 68:71-78.
- [17] Chaidir A, Kisworo D. 2007. Pengaruh pemanasan terhadap struktur-mikro, sifat mekanik dan korosi paduan Zr-Nb-Sn-Fe. [Hasil-hasil Penelitian EBN]. ISSN 0854-5561.
- [18] Cullity, B.D. 1956. Elements of X-Ray Diffraction. Massachusetts, Addison Wesley Publishing Company.
- [19] Irzaman, Maddu A, Syafutra H dan Ismangil A. 2010. Uji konduktivitas listrik dan dielektrik film tipis lithium tantalate (LiTaO₃) yang didadah niobium pentaoksida (Nb₂O₅) menggunakan metode chemical solution deposition. Prosiding Seminar Nasional Fisika, Bandung: 175-183.
- [20] Malvino A V. 1990. Prinsip-prinsip Elektronika. Jakarta: Salemba Teknika.
- [21] Uchino K. 2000. Ferroelectric Devices. New York: Marcel Dekker, In
- [22] Jun L, Yang L, Zhongxiang Z, Ruyan G, Amar S, and Bhalla. 2013. Structure and dielectric properties of niobium-rich potassium lithium tantalate niobate single crystals. *Journal Ceramics International*39:8537-8541.
- [23] Schwartz, Robert W. 1997. Chemical Solution Deposition of Perovskite Thin Film. Chem. Mater: 2325-2340.
- [24] Seo, J.Y, Park S.W. 2004. Chemical Mechanical Planarization Characteristic of Ferroelectric Film for FRAM Applications. *International Journal of Korean Physics society* 45: 769-772.
- [25] Ismangil A, Irmansyah, Irzaman. 2016. The diffusion coefficient of lithium tantalite with temperature variations on LAPAN-IPB satellite infra-red sensor. *International Journal of Procedia Environmental Sciences* 23: 343 – 444.
- [26] Irzaman, Darvina Y, Fuad A, Arifin P, Budiman M dan 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) Germany* 199: 416-424.
- [27] Irzaman, H. Syafutra, A. Arif, H. Alatas, M. N. Hilaludin, A. Kurniawan, J. Iskandar, M. Dahrul, A. Ismangil, D. Yosman, Aminullah, L. B. Prasetyo, A. Yusuf, and T. M. Kadri. 2014. Formation of solar cells based on Ba_{0.5} Sr_{0.5} TiO₃ (BST) ferroelectric thick film. *Proc. American Institute of Physics (AIP) Conference* 1586. 23-34.
- [28] Ismangil A, Jenie R P, Irmansyah, Irzaman. 2015. Development of lithium tantalite (LiTaO₃) for automatic switch on LAPAN-IPB Satellite infra-red sensor. *International Journal of Procedia Environmental Sciences* 24: 329 – 334.