

UJI KONDUKTIVITAS LISTRIK FILM TIPIS FERROELEKTRIK LiTaO₃ DIDADAH NIOBIUM (LNT)

R.Aam. Hamdani¹, M. Komaro¹, Rahmat¹, Irzaman²,

¹Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI

Jl. Setiabudhi no.229 Bandung

Email : hamdani_raam@yahoo.com

²Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika FMIPA IPB,
Kampus IPB Darmaga Gedung Wing S Bogor, Indonesia – 16680

Email : irzaman@yahoo.com, irzaman@dosen.fisika.net

ABSTRAK

Telah berhasil ditumbuhkan film tipis berbasis ferroelektrik LNT di atas substrat silikon (100) tipe-*n* struktur MFM. Film tipis dibuat dengan metode *chemical solution deposition* (CSD) dan metode *spin coating*, dengan kelarutan precursor 1,00 M dan kecepatan putar 3000 rpm selama 30 detik. Kemudian dilakukan proses *annealing* terhadap sembilan sampel yang dihasilkan yaitu LiTaO₃ tanpa pendadah niobium (LNT 0%) *annealing* 850^oC, LNT 0% *annealing* 900^oC, LNT 0% *annealing* 950^oC, LNT 0% *annealing* 1000^oC, LNT 2% *annealing* 850^oC, LNT 2% *annealing* 900^oC, LNT 2% *annealing* 950^oC, dan LNT 2% *annealing* 1000^oC, masing-masing selama 15 jam dalam suasana atmosfer oksigen. Setiap sampel diukur nilai resistansi dan dihitung konduktivitas listrik film tipis LiTaO₃ dan LNT menggunakan lampu pijar 10 W, 20W, 40W, 60W, 80W dan 100W. Perhitungan nilai konduktivitas listrik seluruh film tipis LNT menunjukkan sifat semikonduktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai resistansi dan konduktivitas listrik film tipis memiliki kolerasi yang kuat terhadap suhu *annealing*.

Kata kunci : Konduktivitas listrik, Ferroelektrik, LNT, pendadah niobium, CSD.

ABSTRACT

Niobium doped LiTaO₃ (LNT) thin films were successfully deposited on *n*-type Si(100) substrates with MFM structure. The thin films were fabricated by the chemical solution deposition (CSD) and spin coating method, with 1.00 M precursor and spinning speed of 3000 rpm for 30 seconds. The post deposition annealing of the 9 films were carried out LiTaO₃ without niobium (LNT 0%) annealing 850^oC, LNT 0% annealing 900^oC, LNT 0% annealing 950^oC, LNT 0% annealing 1000^oC, LNT 2% annealing 850^oC, LNT 2% annealing 900^oC, LNT 2% annealing 950^oC, LNT 2% annealing 1000^oC, for 15 hour in oxygen gas atmosphere, respectively. The resistance and electrical conductivity of the grown thin films are characterized by lamp 10 W, 20W, 40W, 60W, 80W and 100W. The electrical conductivity of the grown thin films LNT due to semiconductor. The results show that resistance and electrical conductivity of the thin film have strong correlation to the annealing temperature.

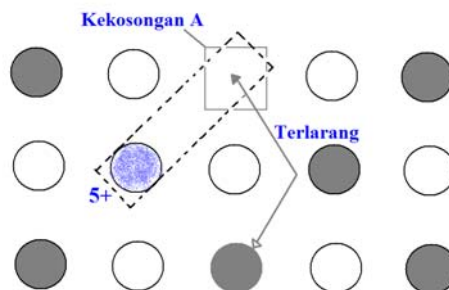
Keywords : Electrical conductivity, Ferroelectric, LNT, dopant niobium, CSD.

PENDAHULUAN

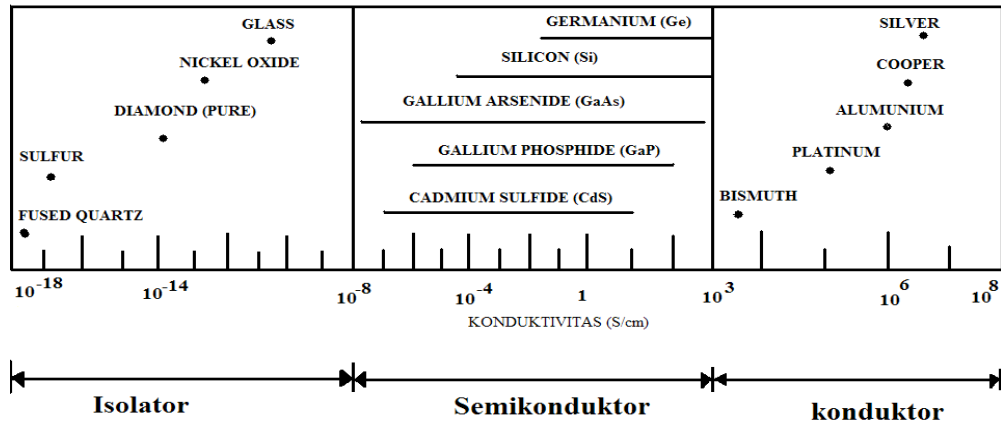
Struktur *perovskite* LiTaO_3 , ion litium (Li^{2+}) terletak di ujung rusuk-rusuk kubus, ion titanium (Ta^{4+}) terletak di diagonal ruang dan ion oksigen terletak di diagonal bidang kubus. Penambahan niobium ke dalam LiTaO_3 (LNT) akan mendapatkan bahan ferroelektrik/piroelektrik bersifat menyerupai semikonduktor tipe-*n* (*donor doping*), karena ion niobium (Nb^{5+}) akan menempati posisi ion tantalum (Ta^{4+}) yang berarti struktur tersebut memiliki kelebihan ion negatif (tipe-*n*) yang disebut ion *soft dopant* atau *donor dopant* (Uchino, 2000). Ion *soft dopant* ini dapat menghasilkan material ferroelektrik yang bersifat lebih *soft*, seperti konduktivitas elastis lebih tinggi, sifat medan koersif lebih rendah, faktor kualitas mekanik lebih rendah dan kualitas arus listrik yang lebih rendah (Uchino, 2000, Sunandar, 2006).

Gambar 1 menjelaskan keadaan *donor dopant* yang berperan penting dalam pembentukan ruang kosong pada posisi A (Li^{2+}) dari struktur *perovskite* akibat proses elektrostatis, dan mengakibatkan ion Li tidak dapat dengan mudah melompat ke ruang kosong A karena terhalang ikatan ionik oksigen (Uchino, 2000, Hastio *dkk*, 2006).

Salah satu karakteristik terbentuk sambungan *p-n* dalam sel surya fotovoltaik adalah uji sifat konduktivitas listrik dan uji arus fotovoltaik film tipis. Berdasarkan nilai konduktivitas listrik suatu material dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu konduktor, semikonduktor dan isolator. Gambar 2 memperlihatkan untuk material isolator berada dalam selang nilai 10^{-18} S/m sampai 10^{-8} S/m, semikonduktor berada dalam selang nilai 10^{-8} S/m sampai 10^3 S/m dan konduktor berada dalam selang nilai 10^3 S/m sampai 10^8 S/m (Kwok, 1995).



Gambar 1. *Donor dopant* (Uchino, 2000, Hastio *dkk*, 2006).



Gambar 2. Pembedaan material berdasarkan konduktivitas listrik (Kwok, 1995).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Itskovsky (1999) telah berhasil membuat sel surya ferroelektrik infra merah triglisin sulfat, LiTaO_3 , NaNO_2 , dan desain roda *chopper* dengan selisih antara frekuensi resonansi *arm section* (f_{r1}) dengan frekuensi resonansi *driving section* (f_{r2}) sebesar 10 % pada alat ukur arus piroelektrik sel surya. Sedangkan Imada *dkk* (1998), Fraden *dkk* (2000), Taniguchi *dkk* (1997) telah berhasil melakukan pengukuran arus ferroelektrik berbantuan JFET dan *I/V converter* dengan karakterisasi sensor berupa waktu respon listrik sebesar 2 detik pada kapasitor = 40 pF dan hambatan = 50 GΩ serta respon frekuensi 3 dB di atas frekuensi *cut off*-nya.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan Sartorius Model BL 6100, seperangkat reaktor *spin coating*, mortar, pipet, gelas ukur, gelas piala, tabung reaksi, setrika, pinset plastik, gunting, *stopwatch*, spatula, sarung tangan karet, *masker*, *petritis*, *beaker glass*, kompresor udara, Lampu, IC 741, resistor, potensiometer, pikoammeter, mikrovoltmeter, multimeter, baterai, kabel, dan *bread board*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Litium asetat (99%), Lantanum isopropoksida (99 %), Niobium pentaoksida Nb_2O_5 (99,9 %) dan pelarut 2-

metoksietanol [$\text{H}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, 99%], substrat Silikon (100) tipe-*n*, aquadest, metanol, aseton dan *aluminium foil*.

Dalam penelitian ini LiTaO_3 dibuat dengan metode *chemical solution deposition* (CSD). Semua bahan dalam bentuk padatan digerus terlebih dahulu selama 3 jam agar diperoleh butiran yang halus. Kemudian bahan-bahan tersebut dicampur kemudian dikocok secara manual selama 1 jam (campuran tersebut biasa disebut *precursor*). Kemudian *precursor* dipanaskan pada permukaan setrika dengan temperatur $\pm 120^\circ\text{C}$ selama 5 menit agar bahan-bahan tercampur secara merata. Kemudian *precursor* tersebut disaring dengan kertas saring agar didapat larutan yang lebih homogen [9,13].

Substrat diletakkan di atas reaktor *spin coating* yang telah diberi perekat. Bagian tengah substrat Si (100) tipe-*n* ditetesi larutan *precursor* sebanyak 2 tetes. Kemudian reaktor *spin coating* diputar pada 3000 rpm selama 30 detik. Substrat Si (100) tipe-*n* yang telah diproses dipanaskan di atas permukaan setrika selama satu jam pada temperatur $\pm 120^\circ\text{C}$. Substrat siap diproses langkah selanjutnya yaitu *annealing*.

Annealing dilakukan menggunakan *furnace* model VulcanTM3-130. Proses *annealing* untuk setiap substrat dilakukan pada temperatur 850°C , 900°C , 950°C dan 1000°C dan pendadah niobium, sehingga sampel yang didapat sebanyak 30 buah film. *Annealing* dimulai dari temperatur ruangan dengan kenaikan $1,7^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai didapat temperatur *annealing* 850°C , 900°C , 950°C dan 1000°C . Kemudian ketika temperatur *annealing* telah dicapai maka dilakukan penahanan temperatur tersebut selama 15 jam. Tahapan terakhir yaitu penurunan temperatur *furnace* (*furnace cooling*) sampai didapat temperatur ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakterisasi Resistansi dan Konduktivitas Listrik

Material yang telah melalui proses *annealing* dibentuk dalam struktur MFM diukur nilai resistansinya. Resistansi suatu material bergantung dengan panjangnya L dan berbanding terbalik dengan nilai konduktivitas listrik dan luas penampang lintangnya A sesuai persamaan 1 [14,15] :

$$R = \frac{L}{\sigma A} \quad (1)$$

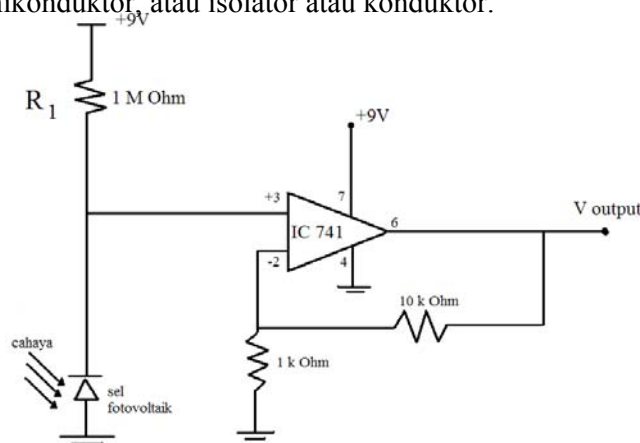
keterangan σ adalah konduktivitas listrik material yang bergantung pada temperatur. Konduktivitas listrik adalah salah satu konstanta empiris yang dimiliki setiap material dan nilainya berbeda-beda untuk setiap bahan [14,15].

Pengukuran resistansi film tipis LNT dilakukan dengan menggunakan rangkaian elektronik *Op-Amp* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai resistansi yang terukur, berasal dari konversi dari nilai tegangan dengan menggunakan persamaan 2 : [16]

$$R_{ft} = \frac{V_{ft} R_1}{V_{total} - V_{ft}} \quad (2)$$

di mana R_{ft} merupakan adalah hambatan film tipis, V_{ft} adalah tegangan film tipis yang terukur pada multimeter setelah dibagi penguat tegangan (penelitian ini menggunakan penguat tegangan sebesar 10 kali), V_{total} adalah tegangan total (tegangan 9V ditambah tegangan film tipis) dan R_1 adalah hambatan yang digunakan.

Perhitungan nilai konduktivitas σ film tipis berdasarkan pengukuran nilai resistensi dengan menggunakan persamaan 1. Pada percobaan ini nilai panjang film tipis LNT $L = 4 \cdot 10^{-3}$ m dan nilai luas penampang lintangnya $A = 1.35 \cdot 10^{-9}$ m². Tebal film tipis sebesar 0.675 μ m [9]. Hasil perhitungan nilai konduktivitas film tipis LNT yang didapat diklasifikasikan berdasarkan Gambar 2 agar diketahui bersifat semikonduktor, atau isolator atau konduktor.



Gambar 3. Rangkaian elektronik *Op-Amp* pengukuran resistansi [16].

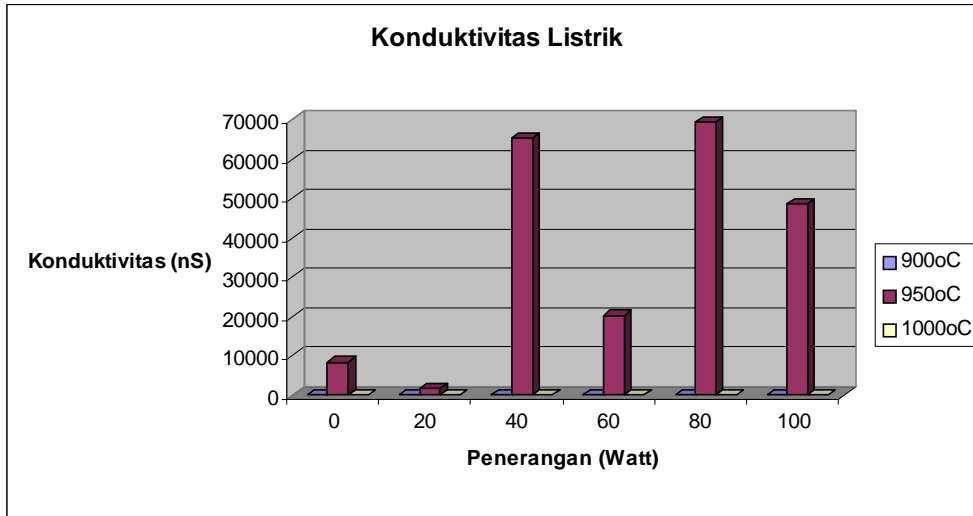
Pengukuran besaran resistansi film tipis LNT dilakukan dengan menyinari sel tersebut dengan variasi daya lampu 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 W kemudian kontak ohmik alumunium yang terletak di atas LiTaO_3 maupun LNT 2% dihubungkan dengan rangkaian aplikasi *Op Amp: resistance*.

Pada rangkaian aplikasi *Op Amp* tersebut digunakan hambatan referensi sebesar 10 K Ω dan hambatan input 1 K Ω . Hambatan yang digunakan tidak terlalu besar hal ini dilakukan guna mengurangi sinyal *noise* yang dapat mempengaruhi nilai keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian.

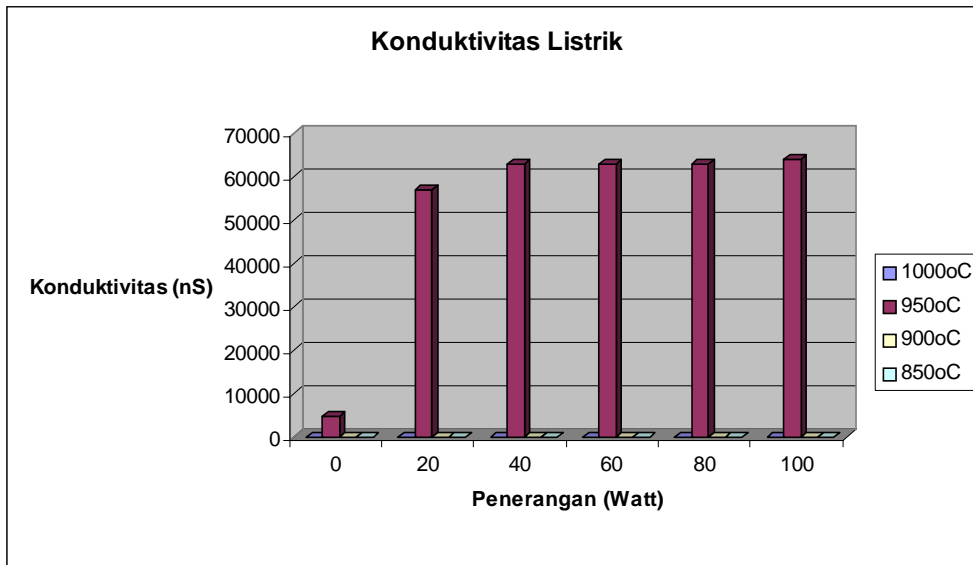
Berdasarkan gambar rangkaian 3 didapatkan bahwa sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian ini merupakan besaran tegangan namun melalui persamaan 1 dilakukan konversi dari tegangan menjadi resistansi dan berdasarkan persamaan 2 didapat konduktivitas listrik .

Gambar 4 dan 5 merupakan hasil pengukuran resistansi dan konduktivitas film tipis LiTaO_3 dan LNT berstruktur metal-ferroelektrik-metal. Pada gambar 4 dan 5 didapatkan nilai konduktivitas dari film tipis LiTaO_3 dan LNT yang digunakan memiliki orde minimum 30,00 S/m sampai 31,25 S/m. Maka film yang digunakan merupakan bahan semikonduktor berdasarkan gambar 2. Pada hasil tersebut dapat dilihat pengaruh temperatur annealing terhadap nilai resistansi film tipis. Ketika sel fotovoltaik pada kondisi penyinaran 40 watt tampak meningkatkan nilai konduktivitas listrik namun pada 60 watt menaikkan nilai resistansi dan menurunkan konduktivitas listrik. Pada kondisi penyinaran 80 dan 100 watt, nilai konduktivitas listrik kembali naik.

Pengaruh temperatur terhadap nilai konduktivitas listrik (lihat gambar 4) memiliki hubungan yang berbanding lurus, artinya peningkatan suhu *annealing* menimbulkan kenaikan nilai konduktivitas listrik. Hal ini terjadi akibat peningkatan suhu *annealing* menyebabkan peningkatan evaporasi lapisan film tipis sehingga ketebalan lapisan film tipis berkurang dan cacat strukturnya menurun. Kenaikan konduktivitas akibat elektron yang mengalir akan meningkat karena terjadinya hamburan dengan cacat kristal yang cenderung menurun.



Gambar 4. Hasil pengukuran konduktivitas film tipis LiTaO₃



Gambar 5. Hasil pengukuran konduktivitas film tipis LiTaO₃ yang didadah Niobium

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Telah berhasil ditumbuhkan film tipis LiTaO₃ dan LNT di atas substrat Si (100) tipe-*n* dengan menggunakan metode *chemical solution deposition* (CSD). Film tipis LiTaO₃ dan LNT merupakan bahan semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas listrik sekitar 30 S/m.

Saran

Karakteristik listrik dari Al/ LiTaO₃/n-Si dan Al/ LNT /n-Si mengindikasikan bahwa piranti tersebut dapat menghantarkan arus dan tegangan pada suhu ruang sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya piranti tersebut dapat diaplikasikan dalam pembuatan sel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fraden, J. and L. Jolla. 2000. *Infrared (IR) Thermometer*. US Patent No. 6,129,673, (October 10, 2000).
- Griffiths, D. J. 1995. *Introduction To Electrodynamics*, Prentice-Hall of India Private Limited.
- Imada, K., N. Takahiro and K. Osamu. 1998. *Pyroelectric IR Sensor*. US Patent No. 5,739,532, (April 14, 1998).
- Irzaman, Y. Darvina, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi. 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 Application for IR Sensor*. Physica Status Solidi (a), Germany, **199** (3), page 416 – 424.
- Itskovsky, M.A. 1999. *Kinetics of Ferroelectric Phase Transition : Nonlinear Pyroelectric Effect and Ferroelectric Solar Cell*. Jpn. J. Appl. Phys. **38** (8), page 4812 – 4817.
- Jasruddin, D.M, W.W. Wenas, T. Winata and M. Barmawi. 2001. *Growth Study of n-Type Delta-Doped for p-i-n Solar Cell Application Based Amorphous Silicon and Its Alloy*. Proceedings of the International Conference on Electrical Electronics Communication and Information (CECI 2001), Jakarta, Indonesia, page MD42 – MD44.
- Kwok, K. N. 1995. *Complete Guide To Semiconductor Device*. McGraw-Hill, inc.,
- Lee, B.T, W.D. Kim, K.H. Lee, H.J. Lim, C.S. Kang, H. Hideki. *Electrical Properties of Sputtered BST Thin Films Prepared by Two Step Deposition Method*. Journal of electronic Materials. **28** (4), page L9 – L12.
- Neamen, D. A. 2001. *Electronic Circuit Analysis and Design*, New York. Mc Graw Hill, International Edition.
- Sunandar, C. 2006. *Penumbuhan Film Ba_xSr_{1-x}TiO₃ dan BaFeSrTiO₃ dan Observasi Sifat Ferroelektriknya*, Skripsi, Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor.
- Taniguchi, R., M. Ikara, T. Matsushima, H. Yagyu. 1997. *Pyroelectric Type Infrared Receiving and Infrared Sensor Utilizing The Same*. Europe Patent No. EP 0802402, (October 22, 1997).
- Tippler, P. A. 1991. *Physics for Scientist and Engineers*. Worth Publisher, Inc.,
- Uchino, K. 2000. *Ferroelectric Devices*. Marcel Dekker, Inc. New York. page 23.
- Washo, B.D. 1977. *Reology and Modelling of the Spin Coating Process*. IBM Res. Develop. page 190 – 198.

- Whitaker, T. 1998. *Focal Plane Arrays Fabricated from Compound Semiconductor Materials are at The Heart of Many Infrared Imaging Systems and Nighth Vision Cameras*. *Compound Semiconductor Spring II*, **4** (4), page 17–23.
- Wu, N.J, Y.S. Chen, S. Dorderic, A. Ignatiev. 1997. *Pyroelectric IR Sensor Based on Oxide Heterostructures on Si (100) and LaAlO₃ (100) Substrates*. *Proceeding Third International Conference on Thin Film Physiscs and Applications*. SPIE Vol. **3175**, page 256 – 261.