

UJI SIFAT LISTRIK FILM TIPIS LiTaO_3 DAN $\text{LiTaFe}_2\text{O}_3$

M.N.Indro¹, B. Sastr¹, L. Nady¹, E. Ridwan¹, H.Syafutra¹, Irzaman¹, Siswadi²

¹Departemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor,

²Departemen Matematika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor,

Jl.Meranti gedung FMIPA, Kampus Dramaga, Bogor 16680

Email: nicesztreegirl@yahoo.com, irzaman@yahoo.com

Abstract

Lithium Tantalat (LiTaO_3) pure and LF Thin films has been done is cube-shaped Ferium Oxide Fe_2O_3 (LFT) with a cube-shaped variation 0%, 2.5%, 5% and 7.5% above the substrate Si (100) p-type using a chemical solution deposition (CSD) method by spin coating technique at 3000 rpm rotational speed for 30 seconds. LF Thin films made with 1 M concentration and annealing at a temperature of 850 ° C for Si substrates. Thin films on p-type silicon substrates were characterized thickness using volumetric method, characterization conductance by using LCR meter, test the current-voltage characterization (IV curve) using Keithley Meter IV model 2400, characterization of dielectric constants and time constants using the oscilloscope and function generator and pyroelectric characterization using Wetsteind bridge circuit which in furnace (combustion) to a temperature of 1300C by calculating the increase in temperature variation. From the characterization results indicate thickness increases with the number pendadah ferium given oxide. IV characterization results showed that LF and LFT thin film is a dielectric resistor. Hasil are contained in a thin film on p-type silicon substrate varies in accordance with the addition pendadah used were 0%, 2.5%, 5% and 7.5%.

Keywords: LF, LFT, thin film, CSD, spin coating, annealing, cube-shaped, thickness, dielectric constant, time constant-voltage current, ferium oxides, pyroelectric.

Abstrak

Telah dilakukan penumbuhan film tipis Litium Tantalat (LiTaO_3) murni dan LF yang didadah Ferium Oksida Fe_2O_3 (LFT) dengan variasi pendadah 0%, 2.5%, 5% dan 7.5% 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 LF 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 volumetrik, karakterisasi konduktansi dengan menggunakan LCR meter, uji karakterisasi arus-tegangan (kurva I-V) menggunakan I-V Meter Keithley model 2400, karakterisasi konstanta dielektrik dan time constant menggunakan osiloskop dan function generator serta karakterisasi piroelektrik menggunakan rangkaian jembatan Wetsteind yang di furnace (pembakaran) hingga suhu 1300°C dengan menghitung peningkatan variasi suhunya. Dari hasil karakterisasi ketebalan menunjukkan ketebalan meningkat dengan banyaknya pendadah ferium oksida yang diberikan. Hasil karakterisasi I-V menunjukkan bahwa film tipis LF dan LFT merupakan bersifat resistor. Hasil dielektrik yang terdapat pada film tipis diatas substrat silicon tipe-p bervariasi sesuai dengan penambahan pendadah yang digunakan yaitu 0%, 2.5%, 5% dan 7.5%.

Kata Kunci : LF, LFT, film tipis, CSD, spin coating, annealing, pendadah, ketebalan, konstanta dielektrik, time constant, arus-tegangan, ferium oksida, piroelektrik.

PENDAHULUAN

Film tipis merupakan material yang memberikan harapan baru dalam pengembangan devais sel surya agar memenuhi persyaratan, diantaranya biaya rendah dan stabilitas material yang baik [1]. Pembuatan lapisan tipis sudah banyak dikembangkan dengan menggunakan metode tertentu. Metode pembuatan lapisan tipis secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu metode vakum dan non-vakum. Untuk metode vakum terdiri dari PVD, *Laser Ablasi*, *Ion Planting*, dan *Spray Pyrolysis* [2] Metode dalam penelitian ini menggunakan metode nonvakum yaitu CSD (*chemical solution Deposition*). Metode CSD memiliki kontrol stokiometri yang baik, mudah dalam pembuatannya serta sintesisnya terjadi pada temperatur rendah [2].

Film tipis yang dikembangkan sebagai devais sel surya memiliki efisiensi yang cukup baik. Berdasarkan data yang diperoleh pembuatan sel surya dengan bahan silikon memiliki efisiensi diatas 20% [3]. Piranti yang dapat menghasilkan efek fotovoltaiik bahan dasarnya merupakan bahan semikonduktor.

Pembuatan film tipis LiTaO₃ diharapkan bisa menjadi devais sel surya. Sifat yang diuji dari film tipis tersebut adalah sifat listrik dan optik. Pengujian sifat listrik dilihat dari kurva hubungan tegangan arus dan konduktivitas listrik. Sedangkan untuk sifat optik dapat dilihat dari sifat absorpsi.

Material yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis ini adalah LiTaO₃. Litium Tantalat merupakan bahan yang memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, serta kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi (*high charge storage capacity*) [3]. Pembuatan LiTaO₃ menggunakan peralatan yang cukup

sederhana, biaya murah, dan dilakukan dalam waktu yang relatif singkat.

Penelitian lapisan tipis LiTaO₃ yang dilakukan adalah untuk melihat sifatnya melalui kurva hubungan tegangan dan arus atau I-V, sifat konduktivitas listriknya. Subtrat yang digunakan adalah silikon tipe-*p*. Subtrat yang digunakan untuk melihat hubungan I-V dan konduktivitas adalah silikon tipe-*p*. Suhu yang digunakan subtrat Si tipe-*p* menggunakan suhu *annealing* 850⁰C [4]. Pembuatan film tipis ada dua variasi yaitu film tipis tanpa doping dan dengan doping. Bahan doping yang digunakan pada penelitian ini adalah Ferium Oksida (Fe₂O₃).

Struktur LiTaO₃ berbentuk kubus. Temperatur Curie Litium Tantalat murni sebesar 130⁰C. Dengan penambahan temperatur barium titanat menurun menjadi temperatur kamar A. [5]. Pembuatan lapisan tipis LiTaO₃ secara umum dapat digolongkan menjadi dua yaitu metode vakum dan non-vakum. Untuk metode vakum terdiri dari PVD, *Laser Ablasi*, *Ion Planting*, dan CVD. Sedangkan untuk metode non vakum yaitu Elektrodeposisi, *Dip Coating*, *Spin Coating*, *Elektroforesis*, *Screen Printing*, dan *Spray Pyrolysis*. Lapisan tipis LiTaO₃ untuk dapat dibuat dengan berbagai teknik diantaranya *Chemical Solution Deposition*, *Sputtering*, laser ablasi, MOCVD dan proses sol gel [6].

Berikut ini merupakan persamaan reaksi untuk LiTaO₃

$$2\text{LiO}_2\text{CH}_3 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{LiTaO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$$

Litium Tantalat (LiTaO₃) dapat dibuat menjadi sebuah semikonduktor dengan menambahkan bahan pendadah tertentu. Semikonduktor LiTaO₃ dapat dihasilkan melalui pendadahan donor dengan ion-ion trivalen Ferium contohnya

Tantalum pada *site* ion Ti^{4+} [7]. Pendudukan ion-ion trivalen pada bahan ferroelektrik bersifat menyerupai semikonduktor tipe-*n* [8]. Substitusi ion trivalen menghasilkan level donor yang dangkal dan menyebabkan elektron dapat tereksitasi menuju pita konduksi [9].

Penambahan pendadah akan menyebabkan perubahan sifat material, diantaranya parameter kisi, konstanta dielektrik, sifat elektrokimia, sifat elektrooptik, dan sifat ferroelektrik dari lapisan tipis [10]. Bahan pendadah material dibedakan menjadi dua jenis yaitu *soft* dopan dan *hard* dopan. *Soft* dopan disebut juga dengan istilah donor dopan, karena menyumbang valensi yang berlebih pada struktur kristal $LiTaO_3$. Sedangkan *hard* dopan disebut juga dengan istilah *acceptor* dopan karena menerima valensi yang berlebih di dalam struktur kristal $LiTaO_3$ [10].

Karakterisasi yang muncul dengan penambahan ion trivalen menyebabkan *soft dopan* pada lapisan tipis yang dibuat. Sifat yang dihasilkan dari film tipis menjadi *soften* artinya koefisien elastis menjadi lebih tinggi, sifat medan koersif yang lebih rendah, faktor kualitas mekanik rendah dan kualitas listrik rendah. Sedangkan ion *hard dopan* dapat menghasilkan material ferroelektrik menjadi lebih *hardness*, seperti *loss dielektrik*, *bulk* resistivitas lebih rendah, faktor kualitas mekanik lebih tinggi dan faktor kualitas listrik menjadi lebih tinggi [11].

Material Ferium Oksida (Fe_2O_3) merupakan material pendadah ion akseptor (*acceptor dopan*) Fe^{3+} , Fe_2O_3 (hematite) memiliki struktur Kristal hombohedral dengan konstanta kisi $a =$

$5,0329 \pm 0,001 \text{ \AA}$. Rapat jenis Fe_2O_3 adalah 5,24 g/ml dan titik lelehnya adalah $1565 \text{ }^\circ\text{C}$. Fe_2O_3 tidak dapat larut dalam air namun dapat larut dalam asam [10].

Penambahan ion dopan Fe^{3+} akan membentuk ruang kosong di posisi ion O^{2-} . Ion dopan Fe^{3+} memiliki valensi lebih dari 4+, maka kekurangan muatan positif (+) akan terjadi pada struktur *perovskite* dan terbentuk ruang kosong di posisi ion oksigen sebagai kompensasi untuk menjaga kenetralan muatan (*electroneutrality balance*). Semakin banyak penambahan ion Fe^{3+} maka akan mengakibatkan semakin banyak ion oksigen yang terlepas [11].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menumbuhkan film tipis LT murni dan yang didadah dengan Ferium Oksida (Fe_2O_3) diatas substrat Si (100) tipe-*p*, melakukan karakterisasi arus-tegangan (I-V) pada setiap film tipis, menentukan konstanta dielektrik film tipis.

METODE PENELITIAN

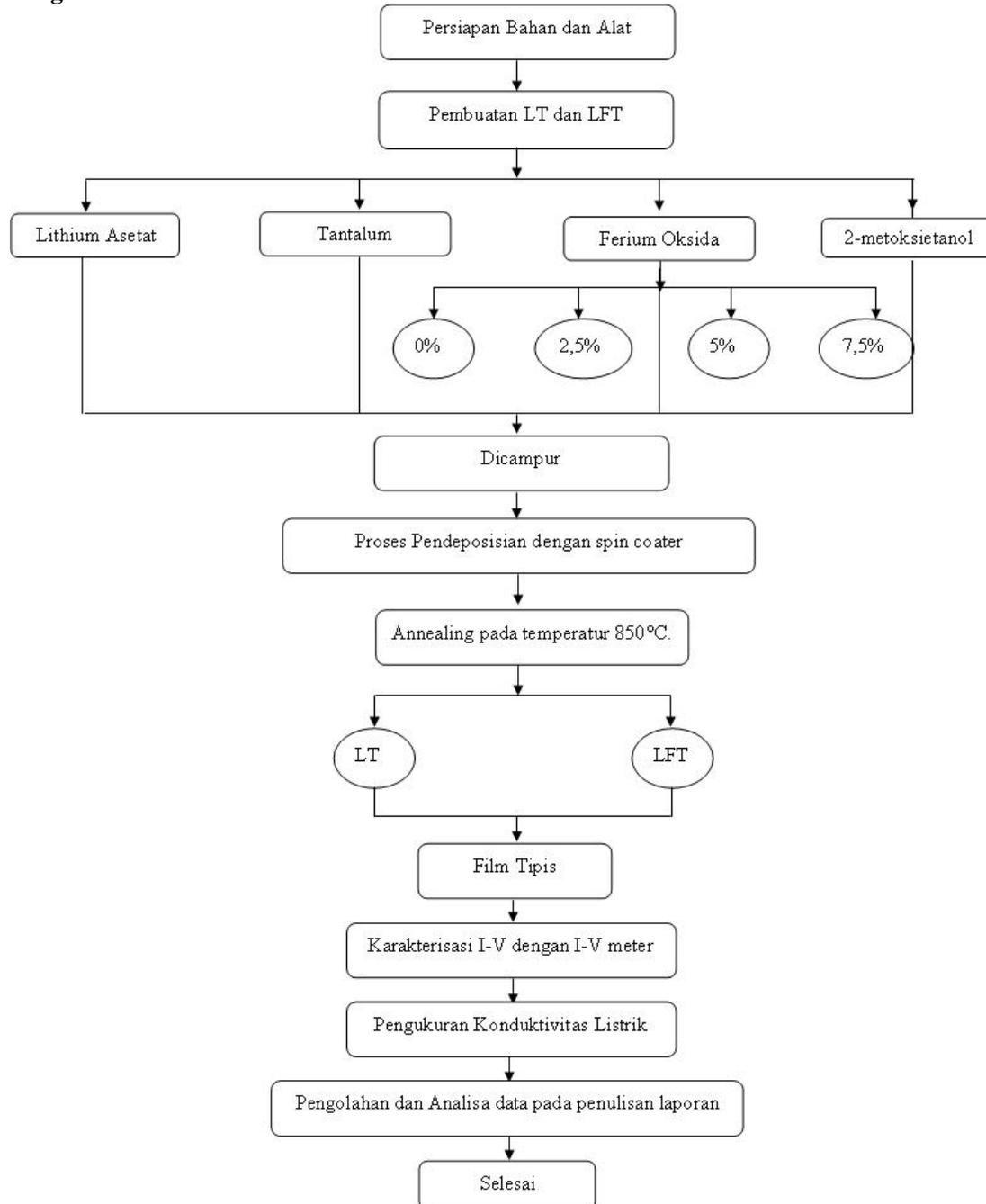
Bahan dan Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, reaktor *spin coater*, mortal, pipet, gelas ukur Iwaki 10 ml, pemanas, pinset, gunting, spatula, *stop watch*, tabung reaksi, sarung tangan karet, cawan petris, tissue, isolasi, LCR meter, I-V meter, osiloskop,

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lithium Asetat [(LiO_2CH_3) , 99,9%], Tantalum [(Ta_2O_5) , 99,9%], Ferium Oksida [(Fe_2O_3)], pelarut 2-metoksietanol, substrat Si (100) tipe-*p*, aquades, HF (asam florida), kaca preparat dan *aluminium foil*.

Diagram Alir Penelitian (Flow Chart) dapat diuraikan sebagai berikut:

Diagram Alir Penelitian



Karakterisasi

Pengukuran Arus dan Tegangan (I-V meter)

Pengukuran hubungan arus dan tegangan menggunakan alat I-V meter. Data keluaran dari alat I-V meter merupakan nilai arus dan tegangan, kemudian dapat dibuat grafik hubungan tegangan dan arus menggunakan *Microsoft Excel*. Dari grafik hubungan tersebut dapat diketahui karakteristik film tipis yang dibuat.

Konstanta Dielektrik

Pengukuran gambaran dimana material tersebut dapat menyimpan muatan listrik seiring dengan salah satu fungsi kapasitor sebagai penyimpan muatan dengan menggunakan osiloskop dan rangkaian yang menggunakan hambatan awal sebesar 1000 ohm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik I-V

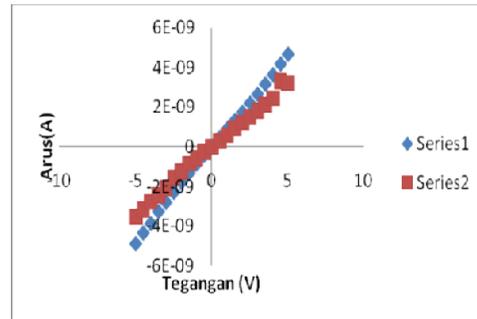
Pengukuran Arus dan Tegangan *film* tipis menggunakan alat I-Vmeter pada kondisi gelap dan kondisi terang dengan disinari lampu bohlam 100 Watt. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan untuk semua kombinasi kontak yang ada pada film tipis. Dari hasil karakterisasi *film* tipis yang dilakukan, diperoleh kurva hubungan arus-tegangan yang mirip dengan karakteristik kurva resistor untuk keseluruhan film tipis dan seluruh kombinasi kontak pada *film* tipis. *Film* tipis yang dibuat merupakan persambungan antara dua buah semikonduktor. Silikon yang digunakan merupakan semikonduktor tipe-*p*, sedangkan lapisan tipis LF dan LFT merupakan semikonduktor tipe-*n* (K. Krane, 1992). Persambungan semikonduktor tipe-*p* dan tipe-*n* dikenal dengan nama *p-n junction* (J. A. Blackburn, 2001). Dengan adanya *p-n*

junction, maka karakteristik dari film tipis yang dibuat sama dengan karakteristik dari resistor yang merupakan gabungan antara dua elektroda yaitu anoda dan katoda (P.A. Tippler, 1991).

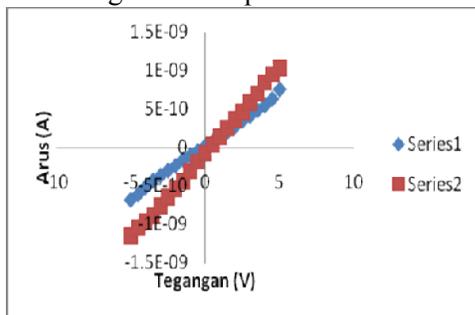
Karakterisasi yang dilakukan pada *film* tipis dilakukan dengan bias maju. Nilai tegangan yang menyebabkan arusnya naik bervariasi untuk semua *film* dan juga untuk variasi kombinasi kaki kontak yang ada pada satu *film* tipis yang sama. Pada bahan semikonduktor mempunyai keterbatasan dalam menampung tegangan, sehingga mencapai tegangan *breakdown* (Cari, A. Supriyanto, 2004).

Dari kurva yang diperoleh dari pengukuran pada kondisi gelap dan kondisi terang yang disinari lampu bohlam 100 Watt, keduanya menunjukkan karakteristik yang sama yaitu kurva karakteristik resistor, tetapi terjadi pergeseran antara kurva yang diperoleh pada kondisi terang dan pada kondisi gelap. Pada kondisi disinari lampu diperoleh kurva yang lebih cepat mencapai kenaikan dan memiliki nilai arus yang lebih besar. Pemberian cahaya pada *film* tipis menyebabkan film tersebut menjadi lebih konduktif. Terjadinya sifat konduktif pada *film* tipis karena adanya energi foton dari luar yang diserap oleh elektron. Pada kondisi ini, energi foton memiliki kecenderungan untuk memberikan energi cukup bagi difusi elektron, sehingga peningkatan difusi ini mengakibatkan terjadinya rekombinasi elektron *hole* lebih banyak. Pada pita valensi sebagian elektron yang tidak berekombinasi dapat pindah (eksitasi) menuju pita konduksi dan kemudian dapat menghasilkan arus listrik serta dapat mempersempit celah antara pita valensi dan pita konduksi akibat difusi elektron tersebut, sehingga pada saat disinari

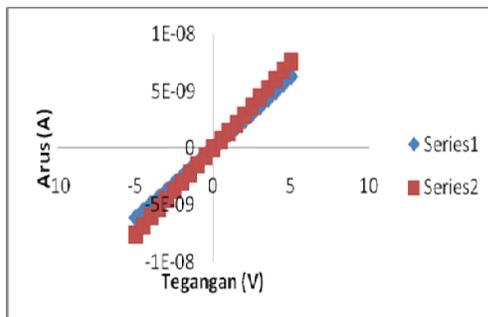
lampu menjadi lebih cepat mencapai kenaikan dan memiliki nilai arus yang lebih besar. Dengan adanya pergeseran kurva arus-tegangan *film* tipis LF dan LFT saat diberi cahaya maka film tipis memiliki respon terhadap cahaya dan bisa disebut sebagai resistor. Dari kurva pada karakterisasi I-V yang dihasilkan tampak bahwa film tipis LFT dengan *doping* 7.5% dan suhu *annealing* 850°C memiliki respon yang paling baik terhadap cahaya dibandingkan film tipis lain.



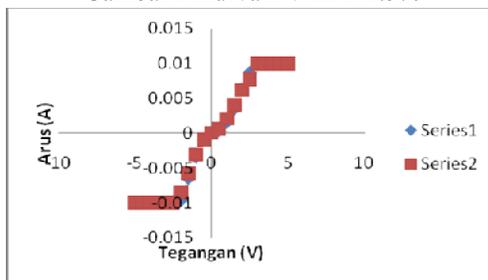
Gambar 4 Kurva I-V LFT 7.5%



Gambar 1 Kurva I-V LF 0%



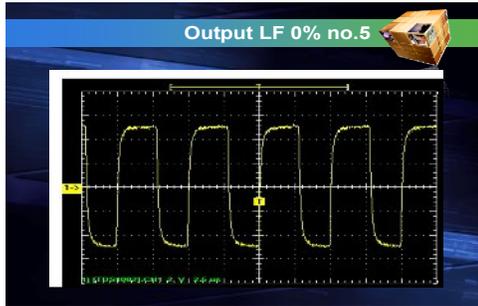
Gambar 2 Kurva I-V LFT 2.5%



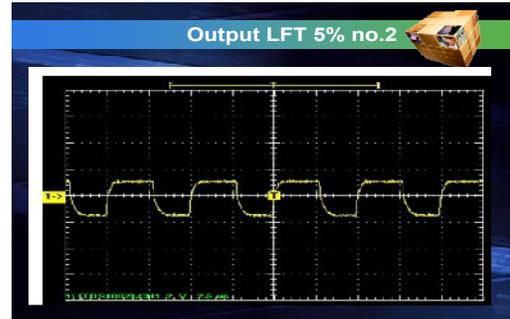
Gambar 3 Kurva I-V LFT 5%

Pengukuran Dielektrik

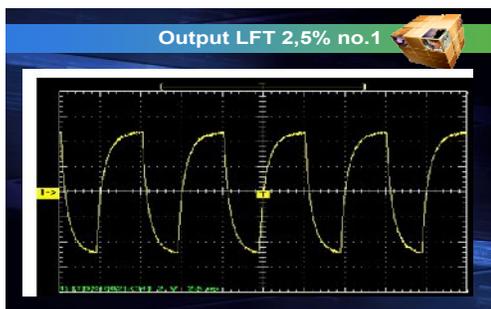
Pada pengambilan data dielektrik pada setiap sampel film tipis LF dan LFT digunakan osiloskop dengan menggunakan rangkaian yang hambatannya adalah 1000 ohm. Hasil keluaran dari osiloskop akan menunjukkan nilai konstanta dielektrik yang didapat. Pada film tipis dengan variasi pendadah Ferium Oksida yaitu 0%, 2.5%, 5% dan 7.5% didapat nilai dielektrik terbesar yaitu pada LFT 5%. Nilai konstanta dielektrik merupakan gambaran dimana material tersebut dapat menyimpan muatan listrik seiring dengan salah satu fungsi kapasitor sebagai penyimpan muatan. Dari gambar hasil keluaran pada osiloskop (Gambar 3.5) dapat dilihat bahwa kelengkungan pada sinyal kotak menunjukkan adanya penyimpanan muatan pada material tersebut. Pada gambar tersebut faktor yang mempengaruhi besarnya nilai konstanta dielektrik adalah salah satunya dengan penambahan pendadah ferium oksida yang cukup (tidak berlebih) yang diberikan pada film tipis tersebut.



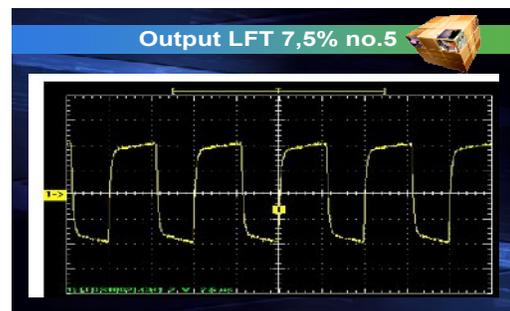
Gambar 5 Kurva Dielektrik LF 0%



Gambar 7 Kurva Dielektrik LF 5%



Gambar 6 Kurva Dielektrik LF 2.5%



Gambar 8 Kurva Dielektrik LF 7.5%

Tabel 4.1 Menunjukkan Nilai Dielektrik Setiap Film Tipis LF dan LFT

LF	Dielektrik
LF 0%	1.021
LFT 2.5%	0.155
LFT 5%	4.309
LFT 7.5%	0.202

KESIMPULAN

Pada penellitian ini telah berhasil dilakukan sintesis film tipis LF dan LFT dengan variasi pendadah 2.5%, 5% dan 7.5% menggunakan metode *chemical solution deposition* (CSD) dan *spin coating* pada suhu anelling 850⁰C. Penambahan doping pada film tipis LFT memberikan karakteristik listrik yang lebih baik pada film tipis tersebut.

Dengan metoda spin coating telah berhasil dibuat film tipis dengan ketebalan film tipis yang mencapai 1 mikrometer hingga 1 nanometer

Dari Hasil karakteristik i-v didapat data yang terbaik pada pembuatan Film Tipis yang didadah dengan 5% Ferium Oksida dengan memperoleh dari nilai hambatan (R) yang besar yaitu 384,62 ohm.

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai dielektrik film tipis LF dan LFT terbaik juga didapat pada Film Tipis yang didadah Ferium Oksida sebesar 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai surat perjanjian Pelaksanaan Hibah Kompetitif Penelitian Unggulan Strategi Nasional: 431/SP2H/PP/DP2M/V1/2009, tanggal 25 Juni 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. Amiruddin, Usman, Mursal, T. Winata, dan Sukirno. 2005. Optimasi Parameter Tekanan Deposisi pada Penumbuhan Lapisan Tipis Polykristal Silikon dengan Metode Hot Wire Cell PECVD. *Jurnal Matematika dan Sains* 10(1):27-30.
- [2]. Anonim. 2007. *Materi Kuliah Teknologi Lapisan Tipis*. Departemen Fisika. Institut Pertanian Bogor.
- [3]. A Maddu. 2007. *Pedoman Praktikum Eksperimen Fisika 2*. Departemen Fisika. Institut Pertanian Bogor.
- [4]. J. Y. Seo, S. W. Park. 2004. Chemical Mechanical Planarization Characteristic of Ferroelektrik Film for FRSM Application. *Journal of Korean Physical Society* 45(3):769-772.
- [5]. A. G. W. Utami. 2007. *Studi Efek Fotovoltaik Film Tipis $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ yang didadah Tantalum (BSTT) di atas Subtrat Si (100) tipe-p*. Skripsi Departemen Fisika. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [6]. H. Darmasetiawan, K. Abdullah. Irzaman, Carl. 2005. *Growth of Tantalum and Galium Doped Barium Titanate Thin Film By Chemical Solution Deposition (CSD) Method and Its Application for Fill Factor of Solar Cell*. World Renewable Energy Regional Congress and Exhibition 2005. Proc. 1-10
- [7]. B.D. Stojanovic, V. Mitic, V. B. Pavlovic, M. Cilence, M. A. Zaghete, J. A. Varela. 2001. *Influence of Niobium on Microstructure and Dielectric properties of Organometalic Derived Barium Titanate*. J. Am. Chem. Soc.
- [8]. K. Uchino. 2000. *Ferroelektrik Devices*. Marcel Dekker. Inc. USA.
- [9]. A. P. Malvino. 1990. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Edisi ke-2 diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan. Jakarta: Erlangga.
- [10]. Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Bandung : Institut Teknik Bandung.
- [11]. P. S. Kirev. 1975. *Semiconductor Physic*. Moscow : MIR Publisher.