

Pengaruh Tekanan Parsial Oksigen Terhadap Koefisien Absorpsi Lapisan Tipis Indium Tin Oxide (ITO)

Effect of Partial Pressure of Oxygen Absorption Coefficient of Thin Layer Of Indium Tin Oxide (ITO)

Muslimin

Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Tadulako. Jl. Soekarno Hatta, Palu 94118

Received 11 September 2012 / Accepted 10 Oktober 2012

ABSTRAK

Proses absorpsi foton dengan energi tertentu akan mengeksitasi elektron dari keadaan energi yang lebih rendah ke keadaan energi yang lebih tinggi. Untuk menentukan koefisien ini secara eksperimen terutama karena adanya pengaruh interferensi optis dari pola-pola transmitansi dan reflektansi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya absorpsi lapisan tipis $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ dengan berbagai kadar oksigen yang diberikan pada saat deposisi. Proses pelapisan dilakukan 90% berat In_2O_3 dan 10% berat SnO_2 pada substrat kaca dengan cara sputtering. Pada saat sputtering dilakukan penambahan oksigen tertentu yaitu 2,50%, 3,70%, 5,10%, 6,15% dan 8,90% yang dilakukan deposisi pada temperature 175°C . Hasil analisis teramati adanya pergeseran interferensi dan transmitansi ke arah panjang gelombang yang lebih pendek sebanding dengan kenaikan kadar oksigen. Pada kadar oksigen 2,50% dan 3,70% koefisien absorpsi makin naik, tetapi pada kadar oksigen 5,10%, 6,15% dan 8,90% koefisien absorpsi mulai menurun. Perlakuan kadar oksigen pada saat deposisi lapisan tipis ITO dapat mempengaruhi koefisien absorpsi lapisan tipis yang terbentuk.

Kata kunci : Kadar oksigen, koefisien absorpsi

ABSTRACT

The process of absorption of photons with a certain energy will excite an electron from a lower energy state to condition higher energy. To determine these coefficients experimentally mainly due to the effects of optical interference patterns transmittance and reflectance. The purpose of this study was to determine the magnitude of absorption of a thin layer of $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ with various levels of oxygen given at the time of deposition. The coating process performed 90 weight% In_2O_3 and 10 wt% SnO_2 on glass substrates by sputtering. At the time, the addition of certain oxygen sputtering is 2.50%, 3.70%, 5.10%, 6.15% and 8.90% were done deposition at temperatures of 175°C . The results of the analysis observed a shift in the interference and transmittance towards shorter

Korenspondensi:

email: Musliminmallawangeng@yahoo.co.id

wavelengths comparable to the increase in oxygen levels. In the oxygen content is 2.50% and 3.70% absorption coefficient has been rising, but the oxygen content 5.10%, 6.15% and 8.90% coefficient absorpsi began to decline. Treatment oxygen levels during deposition of a thin layer of ITO can affect the absorption coefficient of thin layers formed.

Key words: levels of oxygen, the absorption coefficient

PENDAHULUAN

Hasil Penelitian tentang sifat optis dan sifat listrik ITO (Freeman, 2008) diperlihatkan bahwa bila pada pembuatan lapisan tipis ITO tidak dimasukan gas oksigen pada saat deposisi, maka lapisan yang dihasilkan tidak transparan dalam hal ini koefisien absorpsinya sangat kecil. Sebaliknya bila diberi gas oksigen, maka lapisan tipis yang dihasilkan transparan tetapi konduktivitasnya menurun. Oleh sebab itu tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana efek variasi gas oksigen terhadap koefisien absorpsi lapisan tipis ITO yang dibuat pada temperature 175⁰C.

Konstanta optis dari suatu material sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat optis dari material tersebut. Sifat optis merupakan bagaimana suatu material mengadakan interaksi antara radiasi elektromagnet dengan elektron dari material. Berdasarkan sifat optis dapat diketahui struktur elektron, dan bagaimana sifat optis itu dipengaruhi oleh struktur atom, energi ikat, pengotoran dan cacat kristal.

Jika pada bahan dielektrik sempurna cepat rambat gelombang elektromagnetik adalah

$$V = c/\sqrt{\mu\varepsilon} \quad (1)$$

dengan ε adalah permitivitas listrik bahan. Indeks bias sebagai perbandingan kecepatan gelombang elektromagnetik di udara c dengan di bahan v maka indeks bias adalah,

$$n = c/v \quad (2)$$

Maka untuk bahan semikonduktor, cepat rambat gelombang elektromagnetik dapat dituliskan sebagai

$$V = c/\sqrt{\mu\varepsilon} \quad (3)$$

dengan indeks bias untuk bahan semikonduktor $N = c/v$, sehingga

$$N = \sqrt{\mu\varepsilon} \quad (4)$$

Nilai ε adalah permitivitas listrik untuk bahan non dielektrik, yang nilainya

$$\varepsilon \equiv \varepsilon + i \frac{4\pi\sigma}{\omega} \quad (5)$$

dengan σ adalah konduktivitas listrik, dan ω adalah frekuensi gelombang elektromagnetik. Indeks bias pada bahan semikonduktor adalah

$$N = \left(\mu\varepsilon + i \frac{4\pi\mu\sigma}{\omega} \right)^{1/2} \quad (6)$$

karena ε merupakan bilangan kompleks (Jenskin, 1995), maka N juga akan merupakan bilangan kompleks. selanjutnya N dapat dituliskan dalam bentuk ,

$$N = n + i \kappa \quad (7)$$

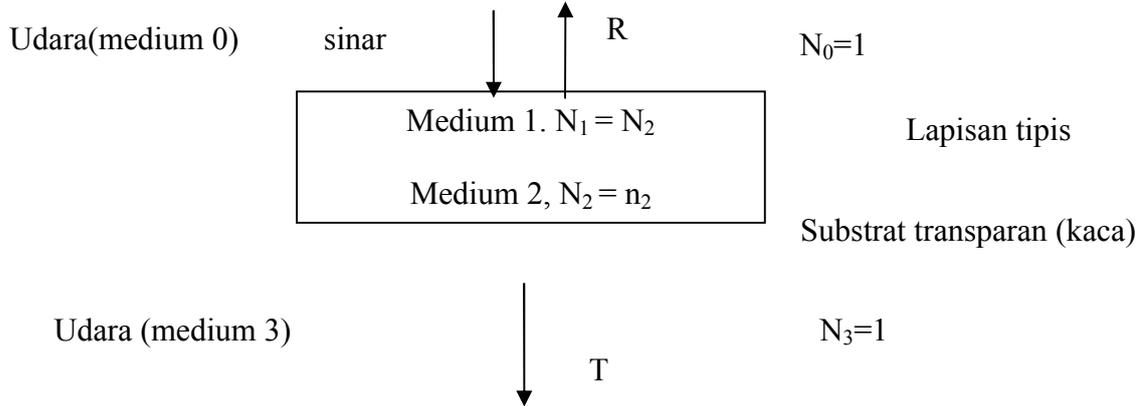
Dengan n dan κ masing-masing adalah komponen riil dan komponen imajiner dari indeks bias medium (N). κ disebut sebagai indeks atenuasi atau komponen ekstingsi yang nilainya ternyata berbanding lurus dengan koefisien absorpsi bahan terhadap gelombang elektromagnetik. Hubungan indeks atenuasi κ dengan koefisien absorpsi α (Jenskin, 1995) dapat dituliskan dalam.

$$\alpha = \frac{2\omega\kappa}{c} = \frac{4\pi\kappa}{\lambda} \quad (8)$$

dengan α adalah koefisien absorpsi bahan yang hendak diukur, dan λ_0 adalah panjang gelombang dalam ruang hampa. λ_0 selanjutnya akan dituliskan sebagai λ saja.

Untuk menghitung α dan n_1 sebagai fungsi λ digunakan data transmitansi T dan

reflektansi R dari lapisan tipis Indium Tin Oxide (ITO) yang di posisi atas substrat kaca. Dengan menggunakan data ini, ketebalan lapisan ITO sekaligus akan ikut terhitung. Susunan sampel yang dipakai dalam pengukuran dilukiskan pada Gambar (1).



Gambar 1. Susunan sampel yang dipakai dalam pengukuran

Ketika gelombang elektromagnetik dilewatkan pada sampel, pada setiap bidang batas antar medium, sebagian cahaya akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan. Didalam lapisan ITO maupun di dalam substrat kaca, cahaya

dipantulkan berulang kali oleh bidang-bidang batas antar medium.

Sinar datang tegak lurus permukaan, nilai R dan T seluruh sampel (Heavens, 1995) adalah,

$$R = \frac{T_{20}^2 R_{23}}{1 - R_{20} R_{23}} + R_{02} \quad (9)$$

$$T = \frac{T_{23} T_{02}}{1 - R_{20} R_{23}} \quad (10)$$

dengan $T_{02} = T_{20} = \frac{n_2}{n_0} \left[\frac{e_1 t_{01} t_{12}}{1 - e_1^2 r_{10} r_{12}} \right]^2$, $R_{02} = \left[r_{01} + \frac{e_1 t_{01} t_{12}}{1 - e_1^2 r_{10} r_{12}} \right]^2$, $R_{20} = \left[r_{21} + \frac{e_1^2 t_{21} t_{12} r_{10}}{1 - e_1^2 r_{10} r_{12}} \right]^2$

dan $T_{23} = [t_{23}]^2 \frac{n_3}{n_2}$, $R_{23} = [r_{23}]^2$. Dengan komponen-komponennya

$e_1 = \exp\left(\frac{2i\pi N_1 d}{\lambda_0}\right)$, $t_{ij} = \frac{2N_i}{N_i + N_j}$, $r_{kl} = \frac{N_k - N_l}{N_k + N_l}$ dan $N_k = n_k + i$. N_k adalah indeks bias kompleks medium k. Dengan menggunakan model Hishikawa didapat harga,

$$\left[\frac{T}{1-R} \right]^{-1} = \frac{1-R_{02}}{T_{23} T_{02}} - \frac{R_{23}}{T_{23}} \left[R_{20} \frac{1-R_{02}}{T_{02}} + T_{20} \right] \quad (11)$$

Dengan memasukkan $N_3=1$ untuk udara dan $N_2=1.52$ untuk kaca kedalam T_{23} , diperoleh harga $T_{23}=0,96$ dan $R_{23}=0,04$. Faktor dalam tanda kurung dari suku kedua ruas kanan mempunyai harga < 1 , jadi suku kedua ruas kanan akan mempunyai nilai sekitar 4%. Untuk lapisan tipis yang absorpsinya besar, nilai suku ke dua dapat

diabaikan, sehingga pers. (11) dapat disederhanakan menjadi,

$$\left[\frac{T}{1-R} \right]^{-1} \approx \frac{1-R_{02}}{T_{23}T_{02}}$$

dengan nilai-nilai R_{02} , T_{23} dan T_{02} maka,

$$\left[\frac{T}{1-R} \right]^{-1} \approx \frac{n_0[1-(R_{01})^2][e^{ad}-e^{-ad}(R_{12})^2]+4n_0(r_{01})(r_{12})\sin(\theta+\gamma_{12})\sin(\gamma_{10})}{n_3(t_{01})^2(t_{12})^2(t_{23})^2} \quad (12)$$

dengan, $\theta = 4\pi n_1 d/\lambda$ adalah tebal sampel, $\gamma_{10} = \arg(r_{10})$, $\gamma_{12} = \arg(r_{12})$. λ adalah panjang gelombang elektromagnetik di ruang vacum.

Pemantulan yang terjadi pada bidang-bidang batas ITO digambarkan pada Gbr.(2). dengan fasa antara sinar yang dipantulkan oleh bidang batas 1 dan 2 adalah,

$$\delta = \frac{4\pi n_1}{\lambda} d \cos\theta \pm \pi$$

Interferensi maksimum terjadi jika $\delta = \pm 2m\pi$. Jadi untuk sinar datang \perp bidang ($\theta = 0^\circ$), keadaan maksimum dicapai jika,

$$\frac{2n_1 d}{\lambda} = \frac{2m+1}{2}, \quad m = 0,1,2,3,\dots \quad (13)$$

Mengingat $N_1 = n_1 + i \kappa_1$, dengan $e_1 = \exp\left(\frac{2i\pi N_1 d}{\lambda}\right) = e^{-ad/2} e^{i\theta/2}$ maka dapat dituliskan kembali sebagai:

$$e_1 = \left\{ \cos\left(\frac{2n_1 d}{\lambda}\right)\pi + i \sin\left(\frac{2n_1 d}{\lambda}\right)\pi \right\} \exp\left(-\frac{a d}{2}\right)$$

Ketika interferensi maksimum terjadi $e_1 = \pm i \exp\left(-\frac{ad}{2}\right)$, dengan tanda (+) untuk m ganjil dan tanda (-) untuk m genap. Dengan adanya bentuk e_1 yang khusus untuk keadaan Reflektansi maksimum adalah,

$$R_{may} = \frac{T_{20}^2 R_{23}}{1-R_{20}R_{23}} + R_{02} \quad (14)$$

Nilai $\alpha(E)$, dapat dicari dengan menggunakan data R dan T, tetapi dengan catatan bahwa R yang dipakai harus nilai reflektansi pada panjang gelombang tertentu dimana R mencapai nilai maksimumnya. Dalam eksperimen akan direkam data R dan T untuk semua panjang gelombang antara 350 s/d 800 nm.

EKSPERIMEN

Lapisan tipis ITO dideposisi di atas kaca preparat dengan cara *sputtering*. Bahan ITO dengan kemurnian 99,99 % yang terdiri dari 90 % berat In_2O_3 dan 10 % berat SnO_2 . Kaca preparat yang digunakan adalah kaca yang biasa digunakan untuk pengamatan di bawah mikroskop. Sebelum deposisi dalam ruang vakum dibersihkan dalam air suling dalam pembersih ultrasonik selama 20 menit. Selanjutnya dibersihkan di ruang vakum dengan melakukan *glow discharge* selama 20 menit dengan menggunakan gas argon. Ketika tekanan ruang vakum $< 2.0 \cdot 10^{-6}$ mbar dan suhu substrat mencapai $175^\circ C$, maka proses *sputtering* dimulai dengan

Pengaruh Tekanan Parsial Oksigen

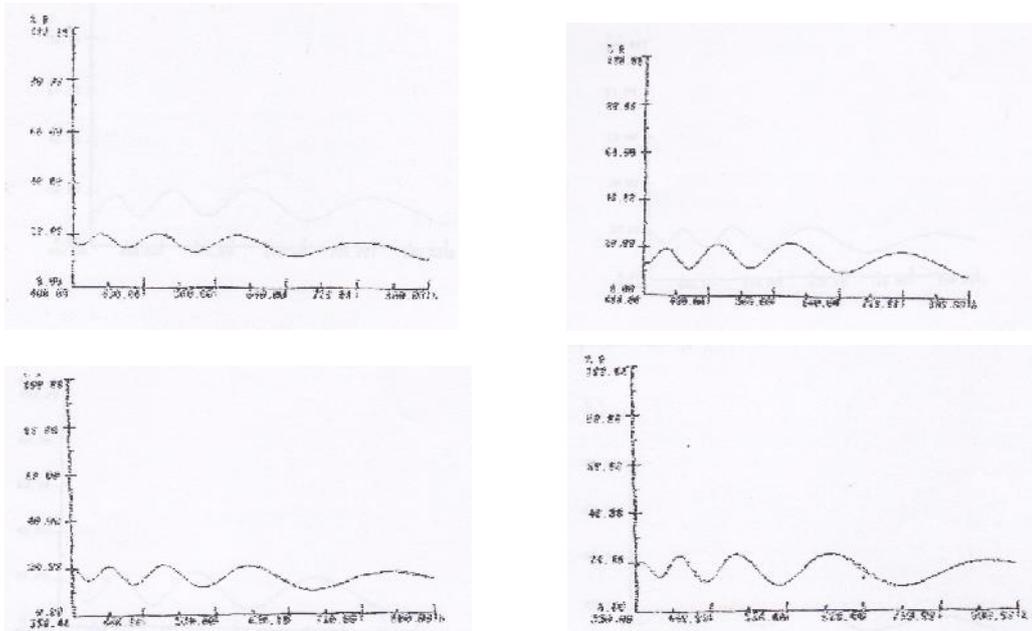
memasukan gas argon bersamaan gas oksigen pada tekanan parsial yang berbeda pada setiap deposisi yaitu 2,50%, 3,70%, 5,10%, 6,15% dan 8,90%. Pada laju deposisi 4,21 nm/s.

Pengukuran ketebalan lapisan tipis ITO digunakan alat *UV-Vis spectrophotometer* buatan *Varian Techtron* model *Cary 2415*. Panjang gelombang yang digunakan antara 350 nm – 800 nm, ketebalan lapisan tipis ditentukan berdasarkan prinsip CARIS yaitu prinsip interferensi pada panjang gelombang yang berbeda dan sudut yang sama. Sebagai harga indeks bias n diambil dari harga yang digunakan $n = 2.1$ pada panjang gelombang 550 nm.

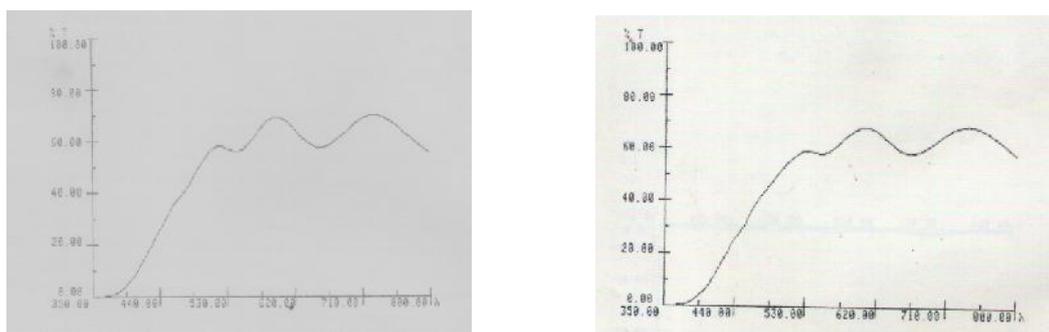
Pengukuran reflektansi (R) dan transmitansi (T) diukur menggunakan *UV-Vis*. Metode pengukuran yang dipakai adalah metode reflektansi spekular dan sinar dijatuhkan hampir tegak lurus permukaan sampel. Reflektansi dan transmitansi total dari seluruh sampel ITO dan substrat pada daerah panjang gelombang antara 350 nm – 800 nm. Data pengukuran R dan T kemudian dipakai untuk menghitung koefisien absorpsi (α). Data dari *UV-Vis* dianalisis dengan menggunakan persamaan yang telah dibahas di pendahuluan, maka diperoleh nilai transmitansi dan reflektansi yang selanjutnya dianalisis dengan menggunakan persamaan untuk memperoleh koefisien absorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola hasil pengukuran reflektansi dan transmitansi untuk berbagai kadar oksigen dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

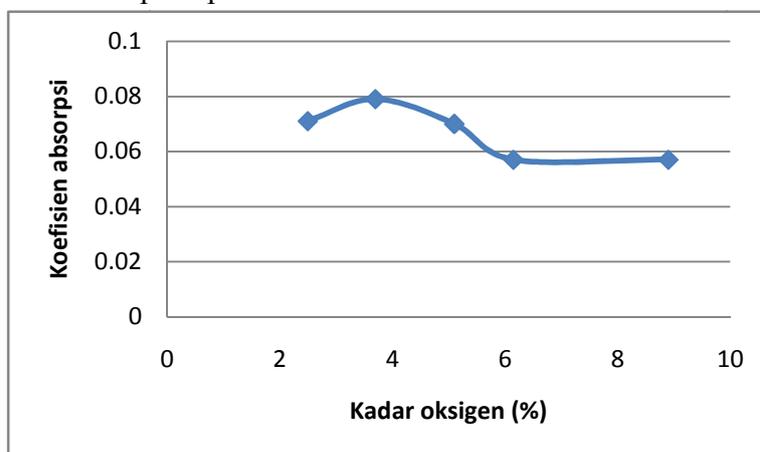


Gambar 2. Pola reflektasi sampel



Gambar 3. Pola transmitansi sampel

Data absorpsi pada sampel yang dibuat dengan berbagai tekanan parsial oksigen pada temperatur 175 °C seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar oksigen terhadap koefisien absorpsi lapisan tipis ITO

Data posisi puncak reflektansi maksimum sama dengan posisi transmitansi minimum akan menghasilkan kurva absorpsi tanpa puncak. Sedangkan untuk ITO dengan posisi reflektansi maksimum yang tidak sama dengan transmitansi minimum akan menghasilkan kurva absorpsi dengan puncak yang jumlah sama dengan jumlah puncak reflektansi. Ketika ada selisih posisi reflektansi dengan transmitansi dari posisi panjang gelombang tertentu, nilai $R + T$ dan $T/(1-R)$ akan ikut berfluktuasi sesuai dengan tekanan parsial oksigen. Hal inilah yang mengakibatkan timbulnya puncak pada kurva absorpsi.

Pada saat panjang gelombang reflektansi maksimum sama dengan posisi transmitansi minimum, jumlah reflektansi dan transmitansi untuk setiap panjang gelombang tidak berbeda jauh, begitu juga dengan nilai $T/(1-R)$. Ketika nilai reflektansi saat maksimum berbeda dengan kondisi transmitansi minimum, nilai $R + T$ dan $T/(1-R)$ akan berfluktuasi yang mengakibatkan absorpsi juga berfluktuasi ini yang menunjukkan adanya interferensi pada fungsi $T/(1-R)$ yang tidak diperbolehkan dalam penggunaan fungsi ini. Fungsi ini masih dapat digunakan untuk menentukan nilai absorpsi α dengan meminimalkan interferensi dari $T/(1-R)$.

Kurva reflektansi seluruh sampel umumnya mengalami penurunan drastis yang disebabkan adanya absorpsi. Teramati pula adanya pergeseran interferensi dan transmitansi ke arah panjang gelombang yang lebih pendek sebanding dengan kenaikan kadar oksigen. Koefisien absorpsi terlihat bahwa perubahannya lebih dominan diakibatkan oleh kandungan oksigen dalam lapisan tipis ITO sewaktu pembuatan sampel. Koefisien absorpsi yang paling tinggi terjadi pada sampel yang tekanan oksigen 3,70% dan mulai menurun absorpsinya pada tekanan oksigen 5,10%, 6,15% dan 8,90%. Hal ini terjadi pada tekanan parsial oksigen 3,70% interferensi pola refleksi sedikit mengalami perubahan pada sampel kadar oksigen yang paling tinggi dan berisolasi sekitar 7% - 27%. Kurva interferensi tersebut menunjukkan bahwa pantulan maupun hamburan permukaan pada sampel tersebut relatif lebih besar dibanding dengan kenaikan kadar oksigen.

Penurunan koefisien absorpsi pada kadar oksigen yang lebih tinggi terjadi karena oksigen yang diberikan pada saat deposisi dapat berfungsi untuk meningkatkan kristalinitas sampel yang terbentuk. Ini terjadi karena atom-atom Sn dan In yang bebas dapat berikatan dengan oksigen, sehingga lapisan yang terbentuk menjadi tingkat koefisien absorpsinya menurun. Terbentuknya oksida-oksida InO, SnO dan atom bebas In dan Sn dapat berfungsi sebagai imfunitas yang berperan sebagai pusat hamburan ion akibat berkurangnya oksigen yang akan mengakibatkan koefisien absorpsi kecil. Tetapi pada kadar oksigen 3,70% oksida-oksida dan atom bebas yang terbentuk mulai

bersenyawa dengan oksigen dan lapisan sudah mulai terkristalisasi. Pada kadar oksigen 6,15% dan 8,90% Atom-atom pengotor mulai bergabung dengan oksigen, sehingga lapisan yang terbentuk terkristalisasi pada kadar oksigen 6,15% dan 8,90%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan pada lapisan tipis ITO yang dibuat secara *sputtering* dengan perlakuan kadar oksigen. Pada kadar oksigen 2,50% dan 3,70% koefisien absorpsi makin naik, tetapi pada kadar oksigen 5,10%, 6,15% dan 8,90% koefisien absorpsi mulai menurun. Perlakuan kadar oksigen pada saat deposisi lapisan tipis ITO dapat mempengaruhi koefisien absorpsi lapisan tipis yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Freeman AJ, Poepelmeir KR, Mason TO, Chang RPH, Marks TJ. 2008. *Chemical and thin film strategies for new transparent conducting oxides*. MRS. Bulletin. Transparent conducting oxides. ISSN. 0883-7692.25.45.
- Legros A, Shi M, Mouton A, Selmani A. 2005. *Effect of water impurity on the crystallization of vacuum evaporated Se*. Journal of Applied Physics. 78. 3048-3051.
- Ginley DS and Bright C. 2005. *Transparent conducting oxides*. MRS. Bulletin. Transparent Conducting oxides. ISSN. 0883-7694. 25. 12.
- Aduridija FO, Izumi H, Yoshioka H, Matoyana M. 2006. *Effect of doping on the electronic transport mechanism of indium tin oxide films grown by pulsed laser deposition coupled with substrate irradiation*. Journal Applied Physics. 88. 4177-4180

- Morikawa H, Sumi H, Kahoma M. 2006. *Crystal growth of ITO film prepared by dc magnetron sputtering on C film*. Thin Solid Film. 282. 204-205.
- Kim H, Gilmore CM, Pique A, Horwitz JS, Mattoussi H, Murata H, Kafafi ZH, Chrisey BD. 2007. *Electrical, optical and structural properties of indium tin oxide thin films for organic light-emitting devices*. Journal Applied Physics. [Http://ojps.aip.org/japo/japcr.jsp](http://ojps.aip.org/japo/japcr.jsp). 86.6453-6458.
- Kim H, Horwits JS, Kushto G, Pique A, Kafafi ZH, Gilmore CM, Chrisey DB. 2000. *Effect of films thickness on the properties of indium tin oxide thin films*. Journal Applied physics. [Http://ojps.aip.org/japo/japcr.jsp](http://ojps.aip.org/japo/japcr.jsp). 88. 6022-6023
- Hamberg I and Granqvist CG. 1986. *Optical properties of transparent and heat reflecting indium tin oxide films : Refinements of a model for ionized impurity scattering*. Journal Applied Physics. 59. 2951.
- Heavens OS, 1995. *Optical Properties of Thin Solid Films*. Butterworths. London.
- Jenkins TE. 1995. *Semiconductor Sciens*. Prentice Hall.