

KARAKTERISASI IMPEDANSI LAPISAN TIPIS ZnS:Mn YANG DIBUAT DENGAN CO-EVAPORASI ZnS DAN Mn

Stepanus Sahala S

Jurusan PMIPA, Prodi Pend. Fisika FKIP
Universitas Tanjungpura Pontianak

Abstract

The aim of this research is to characterize impedance, capacitance and relative permittivity of the characteristics of electric thin film ZnS and ZnS:Mn. This research was started from making thin film with different deposition speed and with thermal co-evaporation method in vakum tubes. The estimation is the characteristics of thin film ZnS impedance and ZnS:Mn was done outside this vacuum with various frequency between thousand to million hertz, with different deposition speed and the same thickness. Defining impedance of ZnS thin film with the most optimal frequency would influence capacitance and relative permittivity of the thin film on the characteristics of the electricity. Besides, capacitance and resistance values of ZnS:Mn thin film would change if given different Mn portion on that thin film. From the result of the research, it could be identified as follows. On the area of the thousand to ten thousand Hertz, it was known that relative permittivity/constant static dielectrics $K_{(0)}$ ZnS:Mn thin film was not the frequency function that it could be regarded as constant like $K_{(0)} = 10$. The price of capacitance ZnS:Mn was increasing with less Mn amount in that thin film. The price of ZnS:Mn electric resistance is reduced with less Mn amount on that thin film.

Key words: *Impedance, thin film ZnS:Mn, co-evaporation.*

Perkembangan penerapan lapisan tipis serta pengaruhnya semakin besar terhadap kehidupan manusia, membuat para ilmuwan berusaha terus untuk meneliti sifat-sifat material ataupun kegunaannya. Minat terhadap teknologi elektronik dan optoelektronik yang berkembang tidak hanya pada peningkatan sifat-sifat material intrinsik tetapi juga pada material ekstrinsik. Sifat material ekstrinsik sangat mudah dikembangkan untuk memperoleh material yang memiliki transparansi dan resistivitas listrik yang tinggi secara simultan.

Teknologi pelapisan semakin berkembang seiring dengan penggunaannya terutama dibidang optik dan mikroelektronik. Lapisan tipis seng sulfida (ZnS) merupakan salah satu jenis material yang banyak digunakan baik dalam perangkat elektronik maupun dalam optik. Salah satu aplikasinya adalah sebagai bahan fosfor pada perangkat *elektroluminesensi Thin Film Electroluminescence* (TFEL) yang menggunakan medan listrik sebagai pembangkit cahaya non termal (Ono, 1993, Kim, *et al*, 2000). ZnS pada medan rendah merupakan material dielektrik yang baik dengan

resistivitas mencapai 10^{14} Ohm cm dan pada medan listrik di atas harga 1 MV cm^{-1} arus yang melewati material ini akan naik secara eksponensial dengan naiknya tegangan yang diberikan (Bringuer, 1994, Marc Beale, 1993).

ZnS yang di *doop* dengan Mn merupakan material elektroluminesensi yang hingga dewasa ini banyak diteliti (Lee and Pueng, 1993, Okamoto, *et al*, 1989, Charreire, *et al*, 1993). dan sudah dipergunakan secara komersial dalam *AC Thin Film Electroluminescence* (ACTFEL) (Xian, *et al*, 1994, Gordon, 2000). Piranti TFEL ZnS:Mn mendapat perhatian besar karena memiliki keunggulan yaitu ; tahan getaran dan perubahan temperatur karena semuanya terbuat dari bahan padat, mempunyai daya resolusi tinggi, hanya memerlukan daya rendah, tipis dan ringan, tingkat kecermelangannya yang sangat tinggi, umurnya panjang, dan *Brighness Voltage Response* yang cepat serta *Emission Efficiency* (EL) yang cukup tinggi (Higuchi, *et al*, 1988, Fuh, *et al*, 1987, Horakazu Izumi, *et al*, 2002).

Pada dasarnya piranti TFEL ZnS:Mn terdiri dari atas dua lapis konduktor yang mengapit lapisan fosfor setebal $5000 - 10000 \text{ \AA}$ dan merupakan bagian utama yang berfungsi sebagai penghasil cahaya, jika lapisan tipis tersebut berada pada medan listrik dan lapisan tipis ZnS:Mn ini dapat dioperasikan dengan sumber arus ac atau dc (Lewis and Paine, 2000). Penelitian yang banyak dilakukan sekarang ini, difokuskan pada konfigurasi ac *Thin Film Electroluminescence* (ACTFEL) dibandingkan dengan dc *Thin Film*

Electroluminescence (DCTFEL), karena DCTFEL mempunyai keterbatasan konfigurasi yaitu umur operasinya yang pendek. (Jones, 1988). Keadaan ini terutama disebabkan karena terjadinya *Highly Localized Destructive Breakdown* yang secara bertahap akan mempercepat rusaknya lapisan tipis tersebut (Freman, *et al*, 2000).

Dalam penelitian ini dilakukan dalam bentuk konfigurasi ac *Thin Film Electroluminescence*. Dengan membuat dua konfigurasi ACTFEL yang sama dalam material kontaknya dan kemudian mengukur tegangan pada lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn serta melihat karakterisasi impedansi sebagai fungsi frekuensi diharapkan akan diperoleh gambaran tentang pengaruh frekuensi yang bervariasi terhadap impedansi dan dimungkinkan juga diperoleh gambaran tentang laju pelapisan/deposisi rate yang berbeda-beda dengan ketebalan lapisan tipis yang tetap terhadap impedansi dari lapisan tipis yang dibuat. Demikian pula dari hubungan ini dapat diperoleh besarnya kapasitansi dan permitivitas relatif dari lapisan tipis tersebut.

Pembuatan piranti lapisan tipis ZnS dilakukan dengan metode evaporasi termal, sedangkan lapisan tipis ZnS:Mn dideposisi dengan co-evaporasi termal, dimana dilakukan evaporasi simultan ZnS dan Mn dengan menggunakan dua sumber yang terpisah di dalam bejana vakum selama proses deposisi. Kemudian lapisan tipis tersebut dikontakkan dengan lapisan metal aluminium.

Tujuan Penelitian ini adalah memperoleh gambaran tentang pengaruh frekuensi yang bervariasi

terhadap impedansi pada lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn, laju pelapisan/deposisi rate yang berbeda dengan ketebalan terhadap impedansi lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn yang dibuat dengan evaporasi termal, hubungan perubahan impedansi terhadap kapasitansi dan permitivitas relatif dari lapisan tipis ZnS dan ZnS-Mn tersebut dan memberi informasi karakteristik impedansi, kapasitansi dan permitivitas relatif lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn bagi peningkatan teknologi bidang optik dan bidang mikroelektronik.

Metode

1. Bahan dan Peralatan

Material pelapis yang digunakan terdiri seng sulfida (ZnS) berbentuk *bulk* dari Leybold-Heraeus dengan kemurnian 99,9%, dan sebagai bahan co-evaporasi dipergunakan mangan (Mn) dari Leybold-Heraeus. Sedangkan sebagai material kontak lapisan tipis dipergunakan aluminium (Al) berbentuk kawat dengan kemurnian 99,99 % juga diperoleh dari Leybold Materials. Substrat yang akan dilapisi berupa kaca praperat berukuran 76 x 26 x 1 mm. Untuk memperoleh pola pelapisan yang diinginkan, dipergunakan suatu cetakan (*masker*) yang dibuat dari aluminium dan diletakkan pada kaca preparat selama proses pelapisan berlangsung.

Lapisan tipis dibuat dengan menggunakan *Universal Vacuum Coater* dari Leybold-Heraeus model UNIVEX 450, yang terdiri dari pompa rotari TRIVAC D65B, pompa turbo TURBOTRONIK NT 150/360, perangkat *glow discharge*

CONTRASTER C 2000, dan alat pengukur tekanan COMBIVAC IT 230. Ketebalan lapisan diukur dengan INFICON model XTC yang dilengkapi dengan kristal *Quartz Silver* sebagai sensor. Pada proses pelapisan, material *bulk* ZnS diletakkan pada wadah Molibdenum (Mo) berbentuk kapal yang dipasang pada sumber evaporasi termal AS 052, dan Al diletakkan pada wadah wolfram (W) berbentuk kapal yang dipasang pada AS 052. Tahap berikutnya adalah pengukuran impedansi (*resistansi*) *ac*. Untuk melihat pengaruh frekuensi terhadap lapisan tipis yang dibuat, digunakan sinyal generator arus bolak-balik dari TOELLNER model TOE7704 yang memiliki daerah kerja dari 1 MHz hingga 12 MHz. Sebagai pengukur tegangan digunakan osiloskop dengan dua saluran (*channel*) dari HAMEG model HM408 yang memiliki daerah kerja hingga 40 MHz.

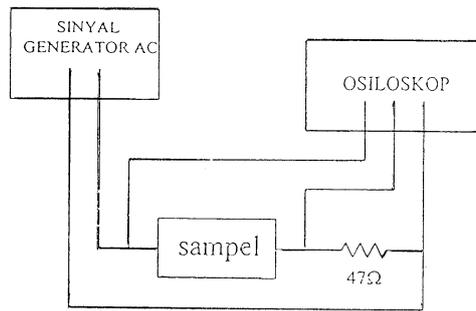
2. Pengambilan Data

Sampel yang telah jadi kemudian diukur impedansinya dengan susunan rangkaian seperti pada Gambar 1. Untuk mendapatkan harga arus yang melalui sampel, digunakan hambatan sebesar 47Ω yang diseri dengan sampel. Dengan mengetahui harga tegangan pada hambatan tersebut, maka harga arus yang melalui sampel dapat dicari dengan persamaan Hukum Ohm,

$$\text{yaitu : } i = \frac{V_{47\Omega}}{R}$$

Setelah harga arus diketahui, maka harga impedansi (*resistansi*) *ac* dapat dicari dengan:

$$Z = \frac{V_{\text{sampel}}}{i}$$



Gambar 1. Bentuk rangkaian pengukur impedansi lapisan tipis

Hasil dan Pembahasan

1. Pengukuran Impedansi Listrik/AC Lapisan Tipis ZnS dan ZnS:Mn

Dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan rangkaian ac, diperoleh data mengenai frekuensi dan tegangan. Tegangan pada sampel dibuat tetap 1 volt. Tegangan yang terukur pada resistor 47Ω yang dihubungkan seri dengan sampel akan dipergunakan untuk mengetahui harga arus pada sampel. Harga frekuensi divariasikan dari ribuan hingga jutaan hertz dengan menggunakan signal generator. Harga tegangan yang terukur hanya diambil dari satu dan penambahan setengah pada frekuensi yang ditampilkan. Sedangkan frekuensi lainnya tidak ditampilkan pada tabel hasil pengukuran karena pada jangkauan frekuensi tersebut, harga tegangannya sama dengan yang terukur pada frekuensi sebelumnya.

2. Karakteristik Pengukuran Impedansi ac Lapisan Tipis ZnS dan ZnS: Mn

Dari analisis data penelitian ini diperoleh bahwa secara umum frekuensi ribuan sampai jutaan ribu Hertz untuk laju deposisi 10 \AA/s , 20 \AA/s , 30 \AA/s dan 40 \AA/s

dengan ketebalan rata-rata 700 \AA lapisan tipis (*thin film*) ZnS dan ZnS:Mn, harga impedansinya mengalami perubahan terhadap frekuensi. Makin besar frekuensi kerja pada thin film tersebut, makin kecil harga impedansi listriknya. Pada kasus seperti ini, kemungkinan butir-butir (*grain-grain*) yang terbentuk tidak padat/rapat sehingga ruangan antara grain-grain tersebut dipisahkan oleh udara dan film ini berbentuk seperti pulau-pulau sehingga membuat bagian film-film yang terbentuk berfungsi sebagai kapasitor. Hal ini pernah dikemukakan pada suatu penelitian mengenai paduan Ni-Cr9 (Anonymous, 1994). Jika dianggap bahwa susunan lapisan tipis Al:ZnS/ZnS:Mn:Al merupakan suatu kapasitor yang terhubung secara parallel dengan resistor, maka secara model rangkaian lapisan tipis seperti ini ekuivalen dengan sebuah resistor (R) yang terhubung parallel dengan sebuah kapasitor (C).

Dari model rangkaian parallel RC ini, pada daerah frekuensi 1 KHz perubahan impedansi lapisan tipis ini menunjukkan bahwa sedang terjadi pengisian pada C dan discharge

pada R. hal ini terjadi karena harga frekuensi yang diberikan semakin berkurang dan arus listrik mulai dapat melewati bagaian kapasitif dari model rangkaian tersebut. untuk daerah frekuensi ini C masih dianggap konstan terhadap frekuensi, karena konstante dielektrik (K) belum merupakan fungsi frekuensi (Anderson, *et al* , 1985).

Pada daerah frekuensi berikutnya yaitu antara 10 KHz hingga di bawah sedikit 1 Mhz, penurunan impedansi yang terjadi tidak setajam pada daerah frekuensi sebelumnya. Hal ini disebabkan material dielektrik (lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn) mulai tidak mampu mengantisipasi perubahan arah medan listrik yang berlangsung makin cepat akibat frekuensi yang diberikan makin besar. Bahkan pada frekuensi yang lebih tinggi, yaitu di atas 1 Mhz terjadi proses relaksasi yang menunjukkan bahwa material dielektrik ini benar-benar tidak mampu lagi mengantisipasi perubahan arah medan listrik yang berlangsung sangat cepat sehingga

terjadi kenaikan impedansi lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn.

3. Perhitungan Kapasitansi Dan Resistansi Lapisan Tipis ZnS dan ZnS:Mn

Untuk menghitung kapasitansi dan resistansi lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn ini digunakan metode kuadrat terkecil dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{1}{Z^2} = \omega^2 C^2 + \frac{1}{R^2}.$$

Dengan persamaan ini dapat dibuat/dihitung kurva yang mendekati data-data hasil eksperimen, untuk menentukan perkiraan harga kapasitif C dari kapasitor dan resistansi R yang terbentuk pada lapisan tipis tersebut. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data-data pada frekuensi antara 1 KHz hingga 10 KHz.

Dari metode kuadrat terkecil tersebut, diperoleh data kapasitansi dan resistansi untuk masing-masing sampel sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan kapasitansi dan resistansi dari lapisan tipis ZnS:Mn dengan kadar Mn bervariasi.

| No. | No. Sampel | Laju Deposisi (Å/s) | Kadar Mn (%) | Kapasitansi (nF) | Resistansi (KΩ) | Konstante Dielektrikum (K) |
|-----|------------|---------------------|--------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | 4 | 40 | 0 | 14,14 | 7,07 | 14,25 |
| 2 | 5 | 40 | 0,025 | 14,11 | 7,11 | 14,22 |
| 3 | 6 | 30 | 0,03 | 14 | 7,12 | 14,11 |
| 4 | 7 | 20 | 0,05 | 13,9 | 7,16 | 13,95 |
| 5 | 8 | 10 | 0,1 | 13,8 | 7,2 | 13,85 |

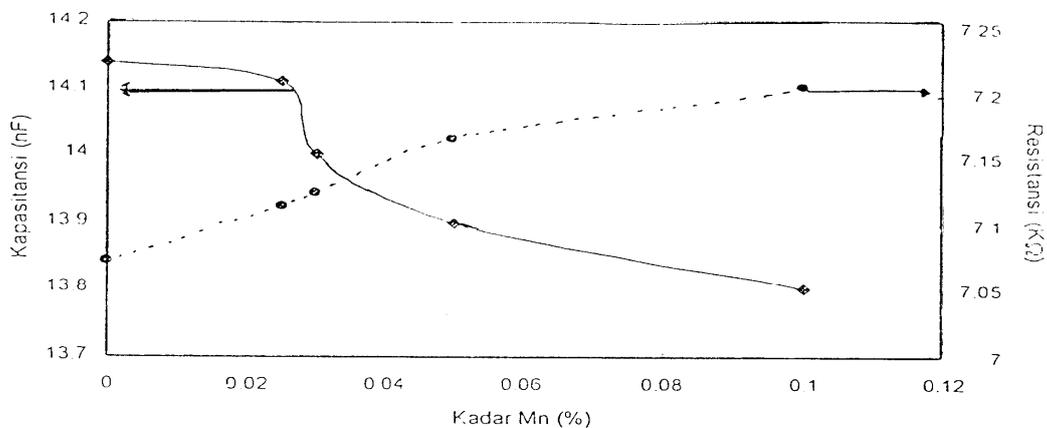
Dari Tabel 1 terlihat bahwa penambahan kadar Mn pada lapisan tipis ZnS:Mn ternyata menunjukkan adanya perubahan

nilai kapasitansi dengan perkataan lain semakin kecil kadar Mn yang diberikan maka semakin bertambah nilai dari kapasitansi

lapisan tipis tersebut. Demikian pula halnya dengan resistansi dari lapisan tipis tersebut, seperti pernah dikemukakan pada suatu penelitian pengaruh kondisi saat pembentukan lapisan tipis Cu-Ni terhadap resistivitas (Jones, 1988).

4. Perhitungan Permittivitas Relatif (K) Lapisan Tipis ZnS dan ZnS:Mn

Untuk menentukan konstante dielektrik/permittivitas relatif bahan dielektrik lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn dapat dihitung dengan menggunakan persamaan: $K = C d / \epsilon_0 A$ dengan luas lapisan kontak (elektroda) A adalah $7,85 \times 10^{-5} m^2$.



Gambar 2. Hubungan antara kapasitansi dan resistansi dengan kadar Mn yang bervariasi dari lapisan tipis ZnS:Mn.

Hasil perhitungan konstante dielektrik (K) tanpa dan dengan Mn untuk berbagai variasi kadar Mn dari lapisan tipis tersebut diperlihatkan pada Tabel 1. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh harga rata-rata konstante dielektrik/permittivitas relatif (K) untuk lapisan tipis Zn sebesar 14,25 dan untuk lapisan tipis ZnS:Mn sebesar 14,03 agak berbeda dengan harga 10 dan nilai 10 juga yang diperoleh Abels, *et al*, (1958).

Beberapa hal dapat menyebabkan diskrepansi ini; pertama karena ketebalan efektif tidak sama dengan ketebalan yang diukur lewat metoda CARIS.

Ketebalan efektif dapat diperkirakan jauh lebih tipis dari ketebalan yang terukur, karena adanya difusi atom-atom bahan elektroda Al ke dalam bahan lapisan tipis ZnS:Mn. Kedua, karena luas efektif jauh lebih besar dari luas yang diukur, karena kontak elektroda pada ZnS:Mn yang terjadi melebar dibandingkan lubang masker. Ketiga, batas antar butir dapat dianggap sebagai kapasitor kecil sejajar kapasitor yang ada. Adanya tambahan kapasitor ini dapat memperbesar nilai kapasitansi yang diukur lewat besarnya impedansi. Untuk memperoleh nilai yang sesuai dengan literatur untuk nilai

permitivitas relatif kapasitor, amka ketebalan dari lapisan tipis tersebut harus dikoreksi sebesar 70%, sehingga nilai permitivitas relatif kapasitor lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn mendekati harga 10.

Dengan bertambah tingginya frekuensi yaitu frekuensi diatas frekuensi 10 Khz, maka mulai terlihat pengaruh relaksasi dalam bahan dielektrikum lapisan tipis ZnS dan ZnS:Mn dan tampak adanya puncak relaksasi. Konstante dielektrik/permitivitas relative bukanlah konstan lagi, tetapi merupakan fungsi frekuensi dan oleh sebab itu dengan bertambahnya frekuensi menyebabkan nilai permitivitas relatif semakin kecil.

Simpulan dan Saran

Dari hasil eksperimen dan pembahasan penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada daerah frekuensi ribuan sampai puluhan ribu Hertz, dapat dikatakan bahwa permitivitas relatif/konstante dielektrik statis $K_{(0)}$ lapisan tipis ZnS:Mn bukan merupakan fungsi frekuensi sehingga dapat dianggap sama/konstan seperti $K_{(0)} = 10$.
2. Harga Kapasitansi ZnS:Mn bertambah besar dengan semakin berkurangnya kadar Mangan dalam lapisan tipis tersebut.
3. Harga resistansi listrik ZnS:Mn berkurang dengan semakin kecil kadar mangan (Mn) pada lapisan tipis tersebut.

Saran:

1. Untuk penelitian lebih lanjutnya, sebaiknya dapat digunakan jenis material lain yang dapat memperoleh sifat listrik lapisan tipis yang lebih ideal sesuai kebutuhannya dengan memvariasikan ketebalan lapisan tipis.
2. Pada saat pembuatan lapisan tipis, diusahakan sampel yang dibuat merata pada seluruh permukaan agar tidak diperoleh gain-gain/ pulau-pulau di dalam lapisan tipis tersebut.
3. Pengukuran impedansi lapisan tipis, sebaiknya, kabel penghubung yang digunakan mempunyai hambatannya yang mendekati nol agar tidak kontaminasi dengan lapisan tipis tersebut.

Daftar Pustaka

- Abeles and J.P. Mathien, *Anales de Physique* 3, 5 ,(1958), guoted by Ashroft/Mermin, 1976. *Solids State Physics*. Saunders College HRW, Philadelphia.
- Anomimous, 1994. Tim Peneliti Lapisan Tipis, *Laporan Penelitian Sifat Listrik dan Struktur Kimiawi Lapisan Ni-Cr*, Universitas Indonesia, Depok.
- Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawlings and J.M. Alexander, 1985. *Material Science*. Van Nosstrand Reinhold U.K., England.
- Bringuier, 1994. *Journal Applied Physics*. 75, 4291-4310.

- Charreire, D.R. Svoronos, I. Ascone, O. Tolonen, L. Ninisto and M. Leskela, 1993. *Journal Electrochem. Soc.* 140, 2015.
- Charles A. Harper, 1977. *Handbook of Component for Electronics.* Mc Graw-Hill Mary land.
- Charlie Kittel, 1986. *Introduction to solid state physics.* Jhon Wiley & Sons, sixth edition. 185-205.
- Freeman, K.R Poepelmeir, T.O Mason, R.P.H. Chang and T.J. Marks, 2000. *Chemical and thin film strategies for new transparent conducting oxides.* MRS. Buletin. Transparent conducting oxides ISSN. 0883-7692. 25.45.
- Fuh, R.P. Gallinger and O. Can, 1987. *Journal Applied Physics.* 65, 1060.
- Gordon, 2000. *Criteria for choosing transparent conductors.* MRS, Bulletin. Transparent conducting oxides, ISSN. 0883-7694. 25.26.
- Herbert, 1985. *Ceramics Dielektric and Capacitors.* Vol. 6, Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Higuchi, M. Ushio, Y. Nakanishi and K. Takahashi, 1988. *Applied Surface Science.* 33-34.
- Hozokazu Izumi, Frederick O. Adurodija, Takahiro Kaneyoski, Tsuguo Ishihara, Hideki Yoshioka, Muneyuki Motoyama, 2002. *Electrical and structural properties of indium tin oxide films prepared by pulsed laser deposition.* Journal Applied Physics 91. 1213-1217.
- Jones, D.Y. Waats, 1988. *Journal Crystal Growth,* 86, 880-884.
- Kim, J.S Horwitz. G. Kushto, A. Pique, Z. H. Kafafi, C.M. Gilmore and D.B Chrisey, 2000. *Effect of films thickness on the properties of indium tin oxide thin films.* Journal Applied physics, 88. 6022-6023.
- Lee and C.Y Pueng, 1993. *Journal Material Science.* 28.
- Lewis and D.C. Paine, 2000. *Application and processing of transparent conducting oxides.* MRS. Buletin. Transparent conducting oxides. ISSN. 7694. 25. 22.
- Leonid V. Azaroff, 1970. *Introduction to Solids.* Tata Mc Geaw-Hill, Publishing Company LTD, Bombay New Delhi.
- Maissel, R. Glang, 1970. *Handbook of Thin Films Technologi.* Mc Graw-Hill Book Co, New York.
- Marc Beale, 1993. *Phylosophical Magazine B.* 68, 573-594.
- Okamoto, T. Yoshimi, K. Nakamura. T Kabayashi, S. Sato and S. Miura, 1989. *Journal Applied Physics.* 28, 1378-1384.

- Ono, 1993. *Encyclopedia of Applied Physics*. 5, 304.
- Roberts and D.S. Campell, J. Brit, IRE, 22, 281, 961, guoted by P.J. Harrup, 1970. *Handbook of Thin Films Technologi*. Edited by L.I./ Maisell and R. Glang. Mc Graw-Hill Book Co., New ork.
- Somarjai, 1972. *Principles of Surface Chemistry*. Prestice-Hall Inc, New Jersey.
- Van Vlack, 1959. *Elementary of Material Science*. Addison Wesley, London.
- Xian, P. Benalloud, C. Bertho, and J.Benoit, 1994. *Thin Solids Films*. 248, 193-198.
- Zeinert, P. Benallout. J. Benoit, C. Barthou, J Drey hsig, andH.E. Gumlich, 1992. *Journal Applied Physics*. 71, 2855-2862.