

**SIFAT LISTRIK DAN OPTIK DARI LAPISAN TIPIS ZnO:B YANG
DITUMBUHKAN DENGAN METODE
METALORGANIC CHEMICAL VAPOR DEPOSITION**

Feri Adriyanto^{*)} dan Wilson W Wenas^{&)}

^{*)}*Lab. Fisika Material Jurusan Fisika Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126
E-mail : feri@fisika.uns.ac.id*

^{&)}*Lab. Riset Semikonduktor Jurusan Fisika ITB
Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132*

Intisari

Telah ditumbuhkan lapisan tipis ZnO dengan metode metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD) yang menggunakan gas pereaksi dimethylzinc (DMZ) dan H₂O. Gas B₂H₆ digunakan sebagai gas doping tipe-n dan diperoleh lapisan tipis dengan sheet resistivity sebesar 2,42 ohm/sqr pada ketebalan 4,47 µm. Diperoleh bahwa penambahan laju aliran B₂H₆ lebih lanjut dapat menurunkan sheet resistivity. Sifat optik lapisan tipis ZnO diamati dari pengukuran data transmansi pada panjang gelombang mulai dari daerah ultra-violet, tampak sampai daerah infra-merah dekat. Celah pita optik diperoleh sebesar 3,10 eV. Diperoleh juga bahwa dengan penambahan laju aliran B₂H₆, transmansi pada panjang gelombang di atas 1100 nm menurun karena absorpsi pembawa muatan bebas.

Kata-kata kunci : lapisan tipis ZnO, doping, sheet resistivity, transmansi

**ELECTRICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZnO:B THIN FILM
GROWN BY METALORGANIC
CHEMICAL VAPOR DEPOSITION METHOD**

Abstract

Zinc oxide (ZnO) thin films were grown by metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD) method using dimethylzinc (DMZ) and H₂O as reactant gases. The B₂H₆ gas was used as n-type dopant gas and films with a sheet resistivity of 2.42 ohm/sqr was obtained at 4.47 µm thick film. It was found that the sheet resistivity decreased as the B₂H₆ flow rate was further increased. The optical properties of the ZnO thin films were observed from the transmittance data measured at wavelengths region of ultra-violet, visible to near infrared. An optical band gap of 3.10 eV was obtained. The transmittance in the wavelengths region above 1100 nm decreased as the B₂H₆ flow rate was increased, due to the free carrier absorption.

Key-words : ZnO thin films, doping, sheet resistivity, transmittance

1. Pendahuluan

Zinc Oxide (ZnO) merupakan bahan semikonduktor, fotokonduktor, piezoelektrik dan pandu gelombang optik. ZnO dapat digunakan untuk aplikasi yang luas seperti sel surya, sensor gas, pandu gelombang optik, gelombang akustik permukaan (Ohyama, *dkk.*, 1996), display *liquid crystal thin film* transistor (Suzuki, *dkk.*, 1996), divais *light emitting* (Kazumori, *dkk.*, 1997) dan aplikasi lain baik pada divais-divais akusto-elektrik, akusto-optik, elektronik maupun optoelektronik.

ZnO mempunyai sifat antara lain transmitansi tinggi pada daerah panjang gelombang tampak, indeks bias yang tinggi, struktur kristal yang anisotropi, celah pita energi yang lebar, konstanta piezoelektrik yang besar dan mempunyai koefisien elektro-optik dan koefisien optik non-linier yang kuat.

Penumbuhan lapisan tipis ZnO dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *pulsed laser deposition* (PLD) (Suzuki, *dkk.*, 1996), *reactive sputtering*, *vacuum evaporation*, *spray pyrolysis* dan *metalorganic chemical vapor deposition* (MOCVD) (Solanki dan Collins, 1983).

Penumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan metode MOCVD mempunyai beberapa kelebihan antara lain dapat menumbuhkan lapisan tipis pada temperatur rendah, dapat mengendalikan struktur lapisan, uniformitas, komposisi dan mempunyai laju penumbuhan yang tinggi.

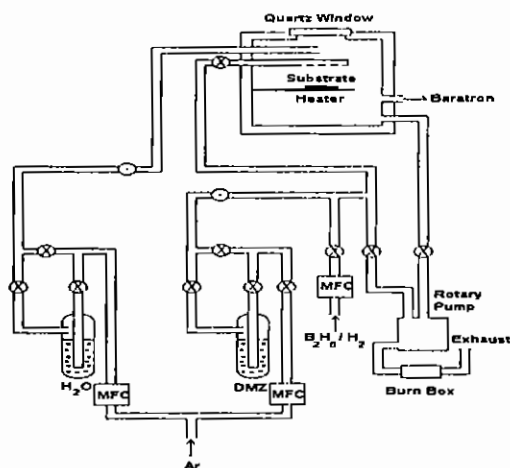
Lapisan tipis ZnO yang ditumbuhkan dengan metode MOCVD mempunyai permukaan yang bergerigi. Dalam aplikasi sebagai divais fotonik, morfologi permukaan lapisan tipis ZnO yang bergerigi sangat penting dalam upaya untuk membangkitkan sifat optis dari cahaya.

Dilain sisi, lapisan tipis ZnO yang tidak didoping biasanya resistivitasnya rendah. Pemberian impuritas dapat memperbaiki mobilitas pembawa muatan dan menurunkan resistivitasnya. Akan tetapi, pemberian impuritas dapat mempengaruhi sifat optik lapisan tipis ZnO. Hal ini berkaitan dengan keberadaan cacat bawaan.

Oleh karena itu, dalam makalah ini akan dilaporkan mengenai fenomena berubahnya sifat listrik dan optik dari lapisan tipis ZnO yang didoping dengan menggunakan gas *diborane* (B_2H_6).

2. Eksperimen

Lapisan tipis ZnO ditumbuhkan di atas gelas Corning 7059 dengan menggunakan teknik *metalorganic chemical vapor deposition* (MOCVD) yang ada di Laboratorium Riset Semikonduktor Jurusan Fisika ITB. Skematik diagram sistem deposisi lapisan tipis ZnO yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik Diagram Sistem Deposisi Lapisan Tipis ZnO

Gas yang digunakan adalah *dimethylzinc* (DMZ) dan pengoksidannya adalah gas H_2O . Gas pembawa Ar (argon) dialirkan melalui *bubbler* DMZ dan *bubbler* H_2O , sehingga timbul gelembung-gelembung dalam *bubbler*. Pengendalian laju aliran gas yang memasuki kamar reaksi dilakukan dengan mengatur temperatur *bubbler* dan laju aliran gas pembawa.

Dalam penelitian ini *bubbler* DMZ dipertahankan pada temperatur $4^{\circ}C$ dan *bubbler* H_2O pada temperatur $26^{\circ}C$. Laju aliran gas pembawa untuk *bubbler* DMZ adalah 2 sccm dan untuk H_2O adalah 30 sccm. Diperoleh laju aliran gas yang masuk ke kamar reaksi adalah $20,03 \mu\text{mol}/\text{menit}$ untuk DMZ dan $38,03 \mu\text{mol}/\text{menit}$ untuk H_2O .

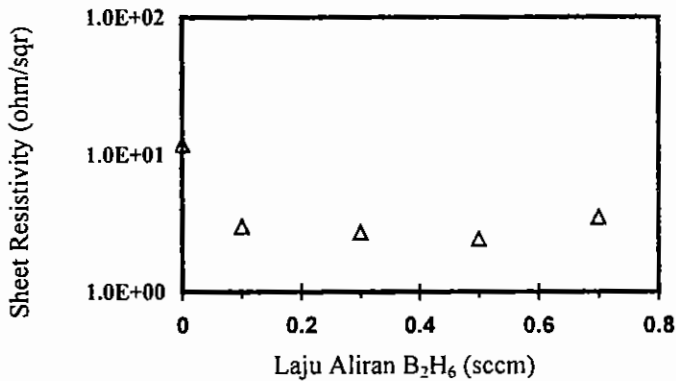
Proses doping dilakukan dengan jalan memvariasikan gas B_2H_6 (*diborane*) dari 0,1 sccm sampai dengan 0,7 sccm.

Tekanan total dalam kamar reaksi dipertahankan pada 1 Torr dan temperatur substratnya $140^{\circ}C$. Sedangkan tekanan sistem dikendalikan pada nilai 760 Torr.

Dalam penelitian ini teknik karakterisasi yang digunakan adalah pengukuran transmitansi dengan menggunakan monokromator *double-beam* dan pengukuran *sheet-resistivity* dengan menggunakan ohmmeter digital.

3. Hasil dan Diskusi

Gambar 2 menunjukkan *sheet resistivity* lapisan tipis ZnO untuk berbagai laju aliran B_2H_6 .

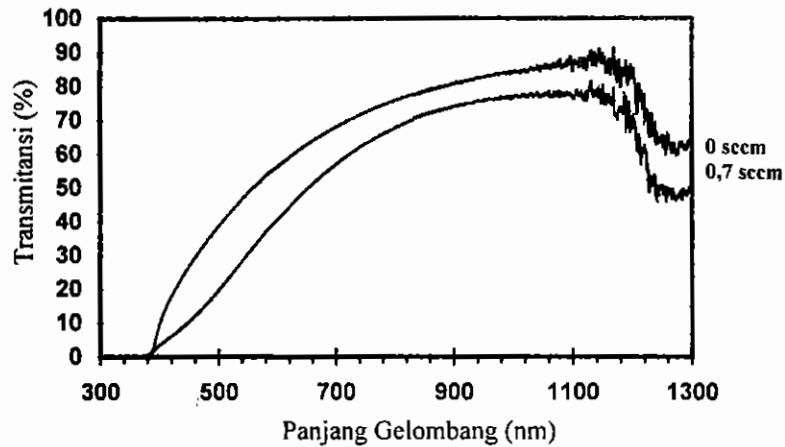


Gambar 2. *Sheet Resistivity* Lapisan Tipis ZnO Untuk Berbagai Laju Aliran B_2H_6

Terlihat bahwa ada penurunan *sheet resistivity* sejalan dengan kenaikan konsentrasi doping. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan atom boron (B_2H_6) ke dalam kisi ZnO dapat menurunkan resistivitas lapisan tipis ZnO.

Pada konsentrasi doping 0,7 sccm, *sheet resistivity* lapisan tipis ZnO mulai naik. Hal ini sebagai akibat dari adanya efek hamburan impuritas dalam lapisan tipis ZnO yang disebabkan konsentrasi doping tinggi. *Sheet resistivity* terkecil diperoleh sebesar 2,42 ohm/sqr pada ketebalan 4,47 μm .

Di lain sisi akibat keberadaan cacat bawaan, penambahan atom doping dapat mempengaruhi sifat optik lapisan tipis ZnO. Oleh karena itu, telah dilakukan pengukuran transmitansi mulai dari panjang gelombang ultra-violet, tampak sampai daerah infra-merah dekat. Transmitansi lapisan tipis ZnO tanpa doping (0 sccm) dan dengan doping 0,7 sccm yang ditumbuhkan pada temperatur substrat 140°C , tekanan total 1 Torr dapat dilihat pada Gambar 3.

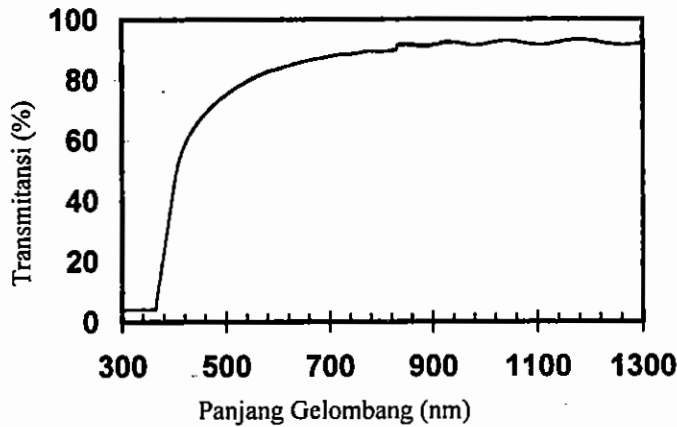


Gambar 3. Transmittansi Lapisan Tipis ZnO

Terlihat dari Gambar 3, pada daerah dengan panjang gelombang 700 nm sampai dengan 1000 nm, transmittansi lapisan tipis ZnO sebesar 60 % sampai 80%. Pada daerah dengan panjang gelombang di bawah 500 nm dan di atas 1100 nm, transmittansinya menurun. Pada daerah ultra-violet (panjang gelombang kurang dari 300 nm), turunnya transmittansi disebabkan oleh adanya celah pita optik lapisan tipis ZnO. Sedangkan pada daerah di atas 1100 nm (daerah infra-merah dekat), turunnya transmittansi disebabkan absorpsi pembawa muatan bebas. Dari hasil tersebut diperoleh bahwa lapisan tipis ZnO dapat digunakan sebagai *window layer* pada sel surya yang dapat meneruskan cahaya tampak dan memantulkan cahaya infra-merah.

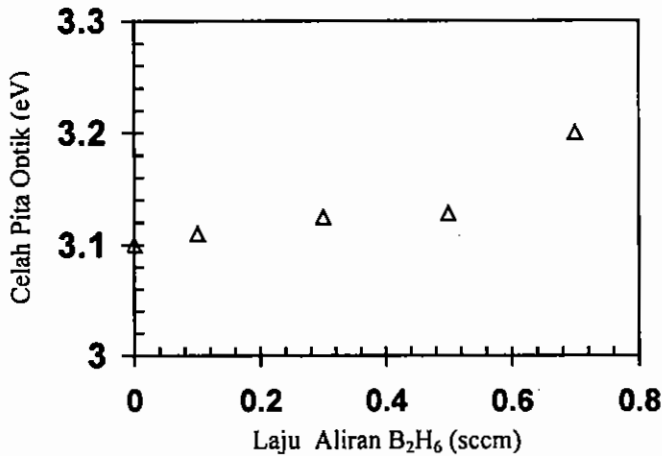
Bila lapisan tipis diberi doping tipe-n dengan atom boron (gas B_2H_6), maka pada daerah panjang gelombang infra-merah dekat akan terlihat bahwa transmittansi lapisan tipis ZnO dengan doping lebih rendah dibandingkan transmittansi lapisan tipis tanpa doping. Hal ini sebagai akibat absorpsi pembawa muatan bebas (elektron) yang dipengaruhi oleh konsentrasi doping.

Sebagai *transparent conducting oxide* (TCO), biasanya digunakan lapisan tipis ZnO dengan ketebalan 0,5 μm sampai 2,0 μm . Untuk itu telah ditumbuhkan lapisan tipis ZnO dengan ketebalan 0,8 μm . Transmittansi dari lapisan tipis tersebut disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Transmittansi lapisan tipis ZnO pada ketebalan 0,8 μm

Kemudian dengan data transmittansi dapat dihitung celah pita optik lapisan tipis ZnO pada berbagai laju aliran B_2H_6 yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Celah pita optik lapisan tipis ZnO untuk berbagai laju aliran B_2H_6

Terlihat bahwa celah pita optik tidak berbeda jauh untuk laju aliran B_2H_6 tanpa doping (0 sccm); 0,1 sccm; 0,3 sccm dan 0,5 sccm. Akan tetapi pada laju aliran B_2H_6 sebesar 0,7 sccm, celah pita optik lapisan tipis ZnO menjadi lebih besar yakni 3,21 eV. Hal ini disebabkan oleh pengaruh doping konsentrasi tinggi yang dinamakan pergeseran Burstein-Moss.

4. Kesimpulan

Telah dilakukan penumbuhan lapisan tipis ZnO:B dengan menggunakan metode *metalorganic chemical vapor deposition* (MOCVD). Ditemukan bahwa penambahan atom boron (B_2H_6) ke dalam kisi ZnO dapat menurunkan *sheet resistivity*. Dengan melakukan optimasi terhadap laju aliran B_2H_6 , *sheet resistivity* terkecil diperoleh sebesar 2,42 ohm/sqr pada ketebalan 4,47 μm . Ditemukan pula pada daerah tampak, transmitansi lapisan tipis ZnO sangat tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa lapisan tipis ZnO dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai material transparan pada divais fotonik.

Ucapan Terima Kasih

Riset ini terselenggara melalui proyek Hibah Tim Pascasarjana URGE batch III, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdikbud, Indonesia.

Daftar Pustaka

- Kazunori M, Y. Koiwai, Y. Kikuchi, and K. Yano, 1997, "Growth of p-type Zinc Oxide Films by Chemical Vapor Deposition", *Jpn. J. Applied Physics*, 36(11A), pp. L1453-L1455.
- Ohyama M, H. Kozuka, T. Yoko and S. Sakka, 1996, "Preparation of ZnO Films with Preferential Orientation by Sol-Gel Method" *Journal of the Ceramic Soc. of Japan*, 104(4), pp. 296-300.
- Solanki R and G.J. Collins, 1983, "Laser Induced Deposition of Zinc Oxide", *Applied Physics Letter*, 42(8), pp. 662-665.
- Suzuki A., T. Matsushita, Y. Sakamoto, N. Wada, T. Fukuda, H. Fujiwara and M. Okuda, 1996, "Surface Flatness of Transparent Conducting ZnO:Ga Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition", *Jpn. J. Applied Physics*, 35(10), pp. 5457-6461.