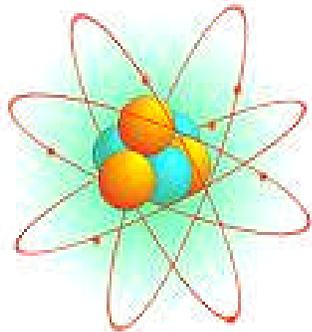


ISSN:



PROSIDING Seminar Fisika dan Aplikasinya 2009

Surabaya, 3 Nopember 2009



Diselenggarakan oleh
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Pendukung Acara:



DAFTAR ISI

Pengantar	i
Kata Sambutan Ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS	ii
Daftar Isi	iii
Makalah dalam Prosiding:	

NAMA	JUDUL ARTIKEL	HALAMAN
Agus Purwanto	Sumur Potensial Dengan Satu Dimensi Ekstra	TEO01
Nurhadi, Agus Purwanto	Mekanika Kuantum Supersimetri dan Penerapannya bagi Sumur Potensial Tak Hingga Satu Dimensi	TEO02
Intan F Hizbullah, Agus Purwanto	Neutrino, Partikel Dirac Atau Majorana?	TEO03
Heru Sukamto, Agus Purwanto	Model Standar dengan Dimensi Ekstra versi Kaluza-Klein	TEO04
Latifah E, Purwanto A.	Gaya Casimir Pada Pelat Dielektrik Dengan Teori Lifshitz Temperatur Nol	TEO05
Bagus K. Lencana, Agus Purwanto	Aplikasi Program Matematica Untuk Model Kosmologi Standar	TEO06
Yohanes Dwi Saputra dan Agus Purwanto	Mesin Panas Kuantum Berbasis Sumur Potensial Satu Dimensi	TEO07
Elang Jaka Sobirin, Satwiko Sidopekso, Toto Winata	Pengaruh Daya RF Terhadap Sifat Listrik Lapisan Tipis A-Si:H Yang Ditumbuhkan Dengan Metode HWC-VHF-PECVD	MAT01
Diah Hari Kusumawati, Woro Setyarsih, dan Francisca Dunita, M. Zainul Asrori, Darminto	Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin Hasil Elektropolimerisasi	MAT02
Frida U. Ermawati	Radical Formation In X-Irradiated Amino Acids And Its Relation To Their Crystal Structures	MAT03
Nur Fadhillah, Frida Ulfah Ermawati, Suminar Pratapa	Fitting Dan Refinement Puncak Difraksi Sinar-X Pada Bahan Paduan Aluminium Dan Magnesium Dengan Menggunakan Metode Rietveld Software Rietica	MAT04
Reny Triana Mayasari, Frida U. Ermawati, Suminar Pratapa	Pencocokan Tak Linier Pola Difraksi Sinar-X Pelet Aluminium Akibat Perlakuan Panas Dengan Metode Rietveld Menggunakan Software Rietica	MAT05
M. Zainul Asrori, I Gusti Bagus Astu Pradhana, Darminto	Fabrikasi Nanokomposit PANI/HCl/Fe3O4 Sebagai Material Konduktif – Magnetik	MAT06
Suminar Pratapa, Lusi Susanti, Malik Anjelh Baqiya, Sri Yani Purwaningsih	Perbandingan Penghalusan Pola Difraksi Sinar-X Menggunakan Rietica Dan MAUD: Kasus Serbuk Ytria Nanokristal	MAT07
Ayi Bahtiar, Annisa Aprilia	Karakteristik Dioda Bulk-Heterojunction Polimer Poli(3-Heksiltiofen) : Metanofuleren (P3HT:PCBM)	MAT08
Malik A. Baqiya, Mashuri, Eddy Yahya, Triwikantoro, Darminto	Potensi Pasir Besi Alam Sebagai Bahan Dasar Sintesis Partikel Nano Fe3O4	MAT09
Triwikantoro, Rindang Fajarin	Pengaruh Elemen Pemasu pada Kestabilan Struktur Paduan Amorf Berbasis Zirkonium	MAT10
Sri Yani Purwaningsih, Ihsan, Triwikantoro	Deposisi Lapisan Tipis ZnO:Al Dengan DC-Sputtering Sebagai Bahan Sensor Gas CO	MAT11
Nisatun, Frida U. Ermawati, Suminar Pratapa	Fitting Dan Refinement Pola Difraksi Sinar-X Serbuk Magnesium (Mg) Akibat Perlakuan Panas Dengan Menggunakan Metode Rietveld	MAT12
S. Hidayat, Fitrilawati, A. Bahtiar, R.	Sintesis Dan Karakterisasi Polimer Hibrid Untuk Aplikasi	MAT13

E. Siregar, R. Hidayat	Laser	
D. R. Wenas, H. Taunamang, R.E. Siregar, Herman, M.O. Tjia	Agregasi Dan Orientasi Molekul Dari Film DR19 Yang Dibuat Dengan Metode E-PVD	MAT14
Eddy Yahya	Plasma Pada Pecvd Untuk Deposisi Silikon Amorf, a-Si:H	MAT15
Ngurah Ayu K Umiati, Agus Subagio, Iis Nurhasanah, M Cholid Djunaidi	Analisis Mikrostruktur Ammonium Hexafluoroindium-Gallate Sebagai Bahan Dasar Indium Galium Nitrida untuk Material Sel Surya	MAT16
Fitriawati, D.Purba, P.Pitriana, S. Hidayat, N. Syakir, R. Hidayat	Pembuatan Dan Karakterisasi Polimer Hibrid Yang Didoping Kromofor DCM	MAT17
Lusi Safriani, Sahrul Hidayat, Nita Amalia Solihah, Fatika Azzahra	Sifat Optik Material Kristal Fotonik Berbasis Bahan Koloid Partikel Silika Dan Partikel Polistiren	MAT18
Zaenal Arifin, Triwikantoro	Efisiensi Surfaktan Sodium Lauryl Sulfat Dalam Minyak Mentah Terhadap Perilaku Korosi Baja Karbon ST 37	MAT19
Nugrahani Primary Putri, Darminto	Sintesis Film Nanokomposit PANi/HCl/Fe ₃ O ₄	MAT20
Komang Gde Suastika, Khusnul Ain	Rancang Bangun Sistem Tomografi Transmisi-Emisi Sebagai Media Pembelajaran	INS01
Kusnahadi S, Marlan, Dessy N.	Integrasi Fuzzy Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Parameter Petrofisik Dari Data Well Log	INS02
Dessy Novita, Estiko Rijanto, Verydias Aditya, Estiko Rijanto	Identifikasi Parameter Model Dinamika Suhu Prototype Reaktor Kimia Menggunakan Hasil Pengukuran Mikrokontroler Atmega 8535	INS03
Husneni M, Suprijanto, Farida I.Muchtadi	Perencanaan Terapi Termal Untuk RF Ablasi Tumor Hati Berdasarkan Solusi Numerik Persamaan Kalor- Bio	INS04
Suyatno, Ahmad Hisam	Perancangan Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Tingkat Kebisingan Bunyi Berbasis Mikrokontroler	INS05
Khusnul Ain dan Nuril Ukhrowiyah	Tomografi Komputer Translasi-Rotasi Dengan Sampling Data Heksagonal Dan Metode Rekonstruksinya Art	INS06
Lea Prasetio, Suyatno, Rista Dwi Permana Sari	Studi Tentang Pengaruh Prosentase Lubang Terhadap Daya Absorpsi Bunyi	INS07
Lea Prasetio, Suyatno, Rizki Armandia Mahardika	Studi Tentang Pengaruh Rongga Terhadap Daya Absorpsi Bunyi	INS08
Nasrudin, Melania Suweni Muntini	Rancang Bangun Sistem Instrumen Pengukur Gas Ammonia	INS09
Esmeralda C. Djamal	Analisis Waktu-Frekuensi Dari Sinyal EEG Terhadap Rangsangan Suara Menggunakan Spektral Wavelet	INS10
Okimustava, Raden Oktova	Penentuan Suhu Curie Besi Dengan Metode Kawat Berarus Listrik	PEN01
Boby Deen Marten, Suparwoto, Zahara Muslim	Penerapan Metode Tutor Sebaya Pada Pembelajaran Fisika Untuk Meningkatkan Kinerja Siswa Kelas X Smk Muhammadiyah 2 Playen, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta, Pokok Bahasan Sifat Mekanik Bahan	PEN02
Madlazim, Bagus Jaya Santosa, Widya Utama	Parameter-Parameter Sumber Gempa Bumi Padang Dan Korelasinya Dengan Gempa Bumi-Gempa Bumi Berikutnya	GEO01
Ridhwan, Dwa Desa Warnana, Widya Utama	Penggunaan Metode Resistivitas 3-Dimensi: Untuk Mengetahui Bidang Longsor Pada Daerah Rawan Longsor Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember Sebagai Bagian Dari Mitigasi Bencana Longsor	GEO02

DEPOSISI LAPISAN TIPIS ZnO:Al DENGAN DC-SPUTTERING SEBAGAI BAHAN SENSOR GAS CO

Sri Yani Purwaningsih, Ihsan, Triwikantoro
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: yani@physics.its.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan deposisi lapisan tipis ZnO:Al dengan DC-*sputtering* sebagai bahan sensor gas CO. Lapisan tipis ditumbuhkan pada substrat alumina yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas dari lapisan Ag yang dibuat dengan teknik lithografi. Deposisi lapisan tipis ZnO:Al pada substrat alumina dilakukan dengan parameter *sputtering* yaitu tegangan DC 3 kV, arus listrik 10 mA, tekanan kerja 1×10^{-1} torr, jarak elektroda 2.5 cm, dengan waktu deposisi selama 120 menit, dan suhu substrat divariasikan dari (100-250) °C. Suhu kerja sensor gas lapisan tipis ZnO:Al diperoleh sebesar 180°C pada waktu deposisi 120 menit dan suhu substrat 200°C dengan sensitivitas sebesar 59,73% untuk mendeteksi gas CO pada konsentrasi 4423 ppm. Hasil analisis struktur kristal dengan XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO:Al yang terdeposisi pada substrat alumina adalah polikristal dengan puncak dominan ke arah bidang (002) yang butir-butir kristalnya terorientasi dengan sumbu-c tegak lurus pada permukaan substrat. Berdasarkan hasil analisis struktur mikro dengan SEM terlihat bahwa lapisan tipis ZnO:Al terdeposisi merata pada permukaan substrat dan memiliki struktur berpori antar butir-butirnya dan diperoleh ketebalan lapisan sekitar 0,2 µm. Hasil analisis unsur dengan EDS menunjukkan bahwa lapisan yang terdeposit pada substrat dengan komposisi yaitu 65,74% atom Zn, 31,67% atom O, dan 2,58% atom Al

Kata kunci: Lapisan tipis ZnO dan ZnO:Al, *Sputtering*, sensor gas, XRD, SEM.

Abstract

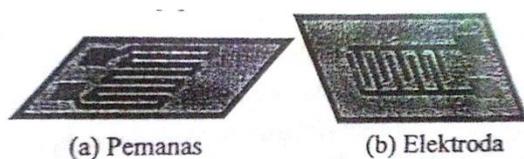
The deposition of ZnO:Al thin film by DC-sputtering as material of CO gas sensor have been done. The ZnO:Al thin film was developed alumina substrate integrated with electrode and heater from Ag film was prepared using lithography technique. The deposition of ZnO:Al thin film on the alumina substrate was done with sputtering parameters at DC voltage 3 V, electric current 10 mA, working pressure 1×10^{-1} torr, electrode spacing 2,5 cm, with deposition time as 120 minutes, and substrate temperature varied from (11-250)°C. The working temperature of gas sensor ZnO:Al thin film was obtained 180°C at deposition time 120 minutes and substrate temperature 200°C with sensitivity 59,73% to detect CO gas at concentration 4423 ppm. The result of crystal structure analysis using XRD showed that the deposited ZnO:Al thin film on the alumina substrate was polycrystalline with the dominant peak at the crystal plane (002) of the crystal grains with c-axis oriented perpendicular to the substrate surface. From the result of microstructure analysis using SEM showed that the ZnO:Al thin film was deposited homogeneously on the substrate surface with the structure porous of intergrains, and has been found the thickness of the layer in order of 0,25 µm. The result of element analysis using EDS showed that the layer was deposited on the substrate with composition of 65,74%at. Zn; 31,67%at. O and 2,58%at. Al.

Keywords: ZnO and ZnO:Al thin films, Sputtering, gas sensor, XRD, SEM

1. Pendahuluan

Sensor adalah elemen pengindra yang dapat mendeteksi perubahan rangsangan dan kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik. Besaran output yang terdeteksi dapat berupa tegangan, arus, muatan, resistansi, induktansi maupun kapasitansi [1].

Sensor gas merupakan suatu alat yang mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan dengan menghasilkan sinyal listrik yang besarnya sebanding dengan konsentrasi dan jenis gas. Sensor gas yang sering digunakan untuk mendeteksi gas-gas berbahaya seperti CO, NO_x, SO_x. Bahan yang dapat digunakan sebagai sensor gas diantaranya adalah semikonduktor oksida logam (MOS, Metal Oxide Semiconductor). Cara kerja sensor jenis ini adalah dengan memanfaatkan perubahan konduktivitas bahan ketika menyerap suatu gas. Bahan yang sering digunakan untuk sensor gas adalah ZnO, di samping material lain seperti TiO₂, Y₂O₃, SnO₂, In₂O₃, WO₃ dan Fe₂O₃ [2].



Gambar 1. Skema geometri sensor dari substrat alumina yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas. Pemanas terletak di belakang untuk mempertahankan sensor pada suhu operasi.

ZnO termasuk salah satu material MOS yang memiliki sifat fisis yang menarik, antara lain semikonduktor tipe-n dengan lebar celah pita sekitar 3,2 eV, anisotropi dalam struktur kristalnya, struktur cacat *nonstoichiometric*. ZnO tumbuh dengan struktur kristal *wurzite hexagonal* dengan jaringan ikatan kovalen. Dalam kristalnya, tiap atom seng dikelilingi 4 atom oksigen dalam geometri tetrahedron, demikian juga tiap atom oksigen dikelilingi oleh 4 atom seng dalam geometri tetrahedron. ZnO telah diteliti sebagai material *chemoresistive* untuk mendeteksi gas-gas, antara lain NH₃, CH₄, O₂, etanol, dan CO [3].

Kondisi listrik dalam kristal ZnO dapat ditimbulkan karena senyawa non stoikiometrik

yang disebabkan oleh kelebihan seng. Kelebihan seng akan mengakibatkan strukturnya menjadi tidak teratur, karena pada tempat-tempat cacat terdapat sisipan-sisipan seng atau kekosongan-kekosongan oksigen. Sisipan seng dan kekosongan oksigen bertindak sebagai donor elektron. Elektron-elektron ini bebas bergerak di dalam kristal di bawah pengaruh medan luar [3].

Konduktivitas bahan ZnO dapat diubah dengan memberikan doping ke dalam ZnO. Beberapa doping yang dapat digunakan antara lain Al, In, Cu, Fe dan Sn. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh F.Paraguay (2000), menunjukkan bahwa sensitivitas yang paling baik dari lapisan tipis ZnO adalah dengan menggunakan doping Sn dan Al [4].

Selama ini untuk menumbuhkan lapisan tipis dari bahan semikonduktor oksida logam, substrat yang digunakan adalah kaca preparat, dan sistem pemanasnya terpisah. Kelemahan substrat kaca adalah ketika digunakan pada suhu operasi tinggi, kaca mudah retak sehingga merusak lapisan tipis yang terbentuk. Dengan demikian unjuk kerja sensor akan berubah menjadi jelek. Sedang dengan sistem pemanasan yang terpisah, maka diperluka konsumsi daya yang besar dan tidak *portable*. Selain itu kelemahan sensor dari bahan MOS adalah suhu operasinya yang cukup tinggi antara 250°C hingga 400°C dan tidak stabil [2].

Untuk mengatasi masalah tersebut, telah dirancang dan dibuat substrat yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas dari lapisan tipis Ag menggunakan teknik lithografi dengan ketebalan dalam orde μm di atas substrat alumina (Al₂O₃) berukuran panjang 21 mm, lebar 13 mm, dan ketebalan 1 mm. Skema substrat alumina yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas ditunjukkan pada Gambar 1.

2. Metodologi Eksperimen

2.1 Pembuatan target dan substrat

Target ZnO:Al dibuat dari 29,7 gr serbuk ZnO dan 0,3 gr serbuk Al₂O₃. Serbuk tersebut dicampur dengan alcohol, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan penekanan menggunakan press hidrolik dengan beban 16 ton sehingga

berbentuk pelet. Pelet disinter pada suhu 900°C selama 1 jam. Target yang terbentuk berdiameter 60 mm dan ketebalan 2 mm.

Substrat alumina dipotong dengan ukuran 21 mm x 13 mm. Elektroda dan pemanas dibuat dengan teknik lithografi dengan membentuk pola interdigital dari lapisan tipis Ag.

2.2 Proses deposisi lapisan tipis ZnO:Al

Deposisi lapisan tipis ZnO:Al pada substrat alumina yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas dengan DC-Sputtering. Target ZnO:Al diletakkan pada katoda dan substrat dipasang pada anoda yang terdapat dalam tabung sputtering. Selanjutnya tabung sputtering dihampakan dengan pompa rotari dan pompa turbo hingga tekanan dalam orde 10^{-5} torr, dan substrat dipanaskan dengan menggunakan sistem pemanas (termokopel). Suhu substrat divariasikan dari 100°C hingga 250°C. Gas argon dialirkan ke dalam tabung plasma dengan cara mengatur flow meter hingga mencapai tekanan 10^{-1} torr. Tegangan tinggi DC diatur sebesar 3 kV dan arus 10 mA hingga timbul plasma yang terlihat pada jendela tabung sputtering. Proses deposisi dilakukan selama 120 menit.

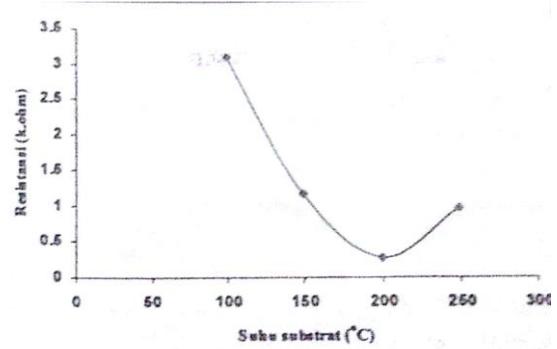
2.3 Karakterisasi

Karakterisasi lapisan tipis ZnO:Al untuk bahan sensor gas meliputi penentuan suhu kerja sensor dan sensitivitas sensor terhadap gas CO. Analisis struktur kristal dilakukan dengan XRD, sedang struktur mikro dan komposisi unsur dari lapisan tipis ZnO:Al diamati menggunakan SEM yang dikopel dengan EDS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh suhu substrat terhadap resistansi lapisan tipis ZnO:Al

Resistansi lapisan tipis ZnO:Al sebagai fungsi suhu substrat yang dideposisikan pada tekanan 1×10^{-1} torr dan waktu deposisi 120 menit ditunjukkan pada Gambar 2.



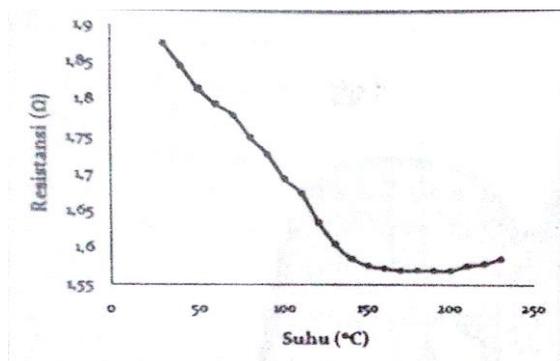
Gambar 2. Grafik hubungan resistansi lapisan tipis ZnO:Al terhadap substrat.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa resistansi lapisan tipis ZnO:Al cenderung menurun dengan meningkatnya suhu substrat, dan selanjutnya mengalami kenaikan ketika suhu ditingkatkan menjadi 250°C. Hal ini disebabkan karena kenaikan suhu substrat mempengaruhi proses difusi atom-atom yang terdeposit pada substrat dan proses aglomerasi. Proses aglomerasi akan semakin cepat terjadi bila suhu substrat meningkat dan mempengaruhi kerapatan lapisan tipis yang terbentuk, sehingga mobilitas elektron semakin besar atau resistansi lapisan semakin kecil.

Kenaikan resistansi pada suhu 250°C disebabkan karena atom-atom sasaran mengalami kejenuhan dan terjadi penumpukan atom-atom ter-sputter, akibatnya lapisan yang dihasilkan tidak rapat. Peningkatan resistansi dapat juga disebabkan oleh keretakan lapisan akibat suhu yang sangat tinggi sehingga menghambat mobilitas elektron. Resistansi yang optimum diperoleh pada suhu substrat 200°C sebesar $(264 \pm 3) \Omega$.

3.2 Suhu kerja sensor lapisan tipis ZnO:Al

Penentuan suhu kerja sensor sangat diperlukan karena pada rentang suhu tertentu, lapisan tipis ZnO:Al dapat berfungsi sebagai sensor gas. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara resistansi lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu 200°C selama 120 menit terhadap suhu kerja sensor.



Gambar 3. Hubungan antara resistansi lapisan tipis ZnO:Al terhadap suhu kerja sensor.

Berdasar Gambar 3 terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya suhu, resistansi cenderung menurun dan mulai stabil pada rentang suhu 160°C hingga 200°C. Hal ini menunjukkan bahwa resistansi pada suhu tertentu suhu tidak berubah (perubahannya sangat kecil) oleh kenaikan suhu. Pada kondisi rentang suhu 160°C hingga 200°C, lapisan tipis ZnO:Al dapat berfungsi sebagai sensor gas. Pada suhu kerja ini, perubahan sensitivitas dari sensor gas tidak dipengaruhi oleh panas, tetapi disebabkan adanya proses serapan gas yang mengenai permukaan bahan sensor.

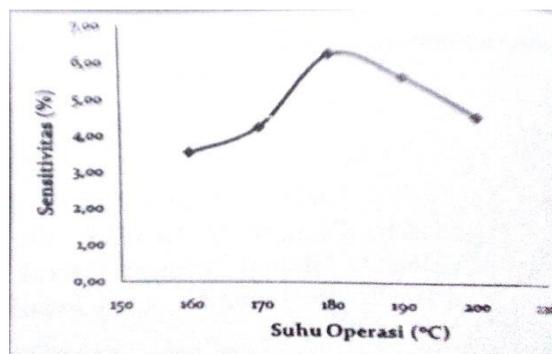
Suhu kerja yang optimum ditentukan dengan mengukur sensitivitas sensor pada rentang suhu tersebut. Hasil pengukuran sensitivitas sensor pada suhu 160°C hingga 200°C pada konsentrasi gas CO 442,3 ppm ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasar Gambar 4 terlihat bahwa sensitivitas tertinggi dicapai pada suhu 180°C, sehingga pada suhu 180°C ditetapkan sebagai suhu kerja optimum untuk aplikasi sensor gas CO dari lapisan tipis ZnO:Al

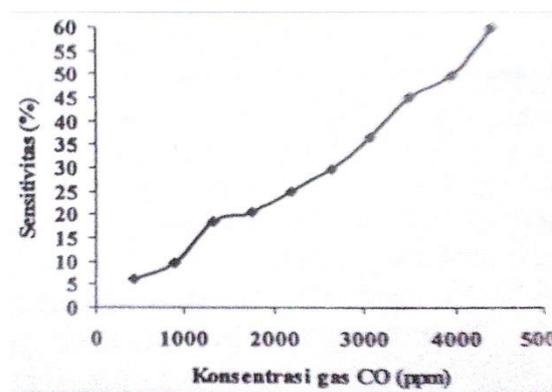
Sensitivitas sensor gas merupakan kemampuan dari sensor untuk merespon kehadiran gas yang berhubungan dengan banyaknya pemberian gas. Sensitivitas dapat dihitung dengan persamaan, yaitu [2]:

$$S = \frac{|R_n - R_g| \times 100\%}{R_n} \quad (1)$$

Dengan R_n dan R_g masing-masing adalah resistansi sensor sebelum dan sesudah diberi gas, R_n dan R_g diukur pada kondisi suhu tetap.



Gambar 4. Sensitivitas sensor pada suhu 160°C hingga 200°C pada konsentrasi gas CO 442,3 ppm.

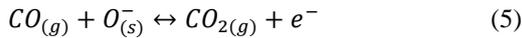
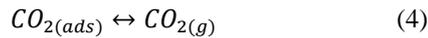
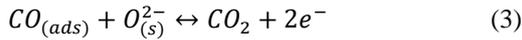


Gambar 5. Sensitivitas lapisan tipis ZnO:Al terhadap perubahan konsentrasi gas CO.

Sensitivitas lapisan tipis ZnO:Al terhadap perubahan konsentrasi gas CO ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasar Gambar 5 tampak bahwa konsentrasi gas CO yang semakin bertambah, menyebabkan banyak molekul CO yang dapat mengikat oksigen pada permukaan lapisan, sehingga mengakibatkan kekosongan oksigen. Banyaknya oksigen yang diikat oleh gas CO menjadi CO₂ dalam pembentukan kekosongan oksigen setara dengan pembentukan elektron bebas. Dengan semakin banyaknya elektron bebas yang terbentuk mengakibatkan resistansi bahan menjadi berkurang (selisih resistansi sebelum dan sesudah diberi gas semakin besar), sehingga sensitivitas sensor gas lapisan tipis ZnO:Al semakin meningkat terhadap perubahan konsentrasi gas CO.

Interaksi antara gas CO dengan atom oksigen dalam bentuk O²⁻ atau O⁻ pada permukaan lapisan dapat dinyatakan dengan persamaan, yaitu:



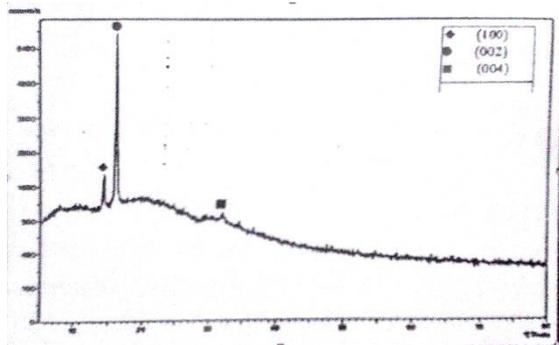


Gas CO akan mengabsorpsi ion $O_{(s)}^{2-}$ atau $O_{(s)}^-$ pada permukaan lapisan, CO_2 adalah hasil interaksi antara gas CO dengan ion $O_{(s)}^{2-}$ atau $O_{(s)}^-$. Gas CO melakukan pengikatan terhadap ion $O_{(s)}^{2-}$ atau $O_{(s)}^-$ pada permukaan lapisan, sehingga mengakibatkan cacat pengosongan.

Sensitivitas lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 120 menit diperoleh sebesar 59,73% untuk mendeteksi gas CO pada konsentrasi 4423 ppm.

3.3 Struktur kristal lapisan tipis ZnO:Al

Struktur kristal lapisan tipis ZnO:Al yang terdeposit pada substrat dianalisis dengan XRD menggunakan radiasi Mo K α yang panjang gelombangnya 0,70930 Å. Pola XRD lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 12 menit ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola XRD lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 120 menit.

Berdasar analisis struktur kristal lapisan tipis ZnO:Al teramati 3 puncak milik ZnO pada $2\theta = 14,44^\circ$; $15,74^\circ$ dan $31,53^\circ$ yang bersesuaian dengan puncak (100), (002), dan (004). Selain itu teramati pula puncak Al₂O₃ pada $2\theta = 6,24^\circ$ dan $29,47^\circ$ yang bersesuaian dengan puncak (011) dan (046). Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO:Al polikristal dengan intensitas yang kuat ke arah bidang (002), yang berarti kristal-kristalnya

memiliki sumbu-c yang terorientasi tegak lurus pada permukaan substrat dipengaruhi oleh kenaikan suhu substrat, sehingga puncak (002) menjadi dominan dalam pola difraksinya [6].

3.4 Struktur mikro dan komposisi unsur lapisan tipis ZnO:Al

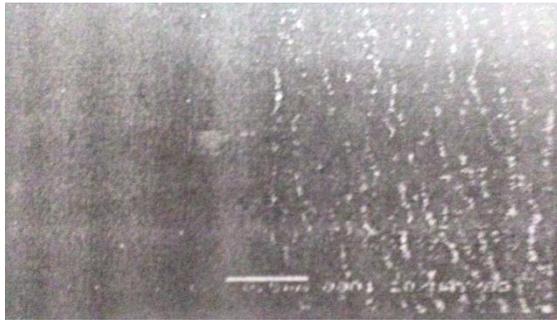
Struktur mikro dan komposisi unsur lapisan tipis ZnO:Al dikarakterisasi dengan SEM dikopel dengan EDS. Struktur mikro lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada substrat 200°C selama 120 menit ditunjukkan pada Gambar 7.



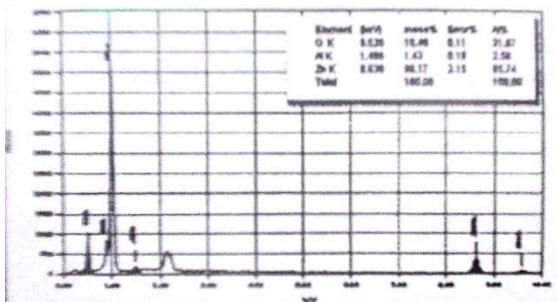
Gambar 7. Struktur mikro lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 120 menit dengan perbesaran 10.000x.

Berdasar Gambar 7 terlihat morfologi permukaan memiliki struktur berpori dengan permukaan memiliki struktur berpori dengan butir saling bersentuhan satu sama lain pada antar muka menjadi *column-column* untuk menghasilkan struktur *columnar* yang lebih merata dan tersusun rapat. Menurut Min (2003), struktur berpori diperlukan khususnya untuk lapisan tipis sebagai sensor, karena dengan adanya pori, maka gas CO dapat menembus lapisan dan reaksi gas berlangsung di permukaan tiap butir dan batas butir [3]. Reaksi gas yang berlangsung pada butir dan batas butir menyebabkan banyaknya gas oksigen yang diikat oleh gas CO, dan semakin banyak elektron yang dilepaskan sehingga sensitivitas sensor meningkat.

Gambar 8 menunjukkan penampang lintang lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 120 menit dengan perbesaran 40.000x. Berdasarkan Gambar 8 diperoleh ketebalan lapisan sekitar 0,25 μm .



Gambar 8. Penampang lapisan tipis ZnO:Al yang dideposisikan pada suhu substrat 200°C selama 120 menit dengan perbesaran 40.000x.



Gambar 9. Spektrum hasil EDS pada permukaan lapisan tipis ZnO:Al.

Komposisi unsur lapisan tipis ZnO:Al dapat diketahui dengan EDS. Gambar 9 menunjukkan spektrum EDS pada permukaan lapisan tipis ZnO:Al. Berdasar analisis komposisi unsur terlihat bahwa lapisan yang terdepositasi pada substrat memiliki komposisi yaitu 65,74% atom Zn, 31,67% atom O, dan 2,58% atom Al.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Suhu kerja sensor gas dari lapisan tipis ZnO:Al diperoleh pada suhu 180°C untuk suhu substrat 200°C dan waktu deposisi 120 menit.
- Sensitivitas dari lapisan tipis ZnO:Al diperoleh sebesar 59,73%
- Hasil analisa XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO:Al yang terdepositasi adalah polikristal yang memiliki puncak dominan ke arah bidang (002) yang butir-butirnya terorientasi dengan sumbu-c tegak lurus pada permukaan substrat.
- Hasil analisis struktur mikro dengan SEM memperlihatkan bahwa lapisan tipis ZnO:Al terdepositasi merata dan memiliki struktur berpori

antar butir-butirnya, dengan ketebalan lapisan sekitar 0,25 μm .

- Dari analisis unsur dengan EDS diperoleh 65,74% atom Zn, 31,67% atom O, dan 2,58% atom Al.

Daftar Pustaka

- Cosandey, F., et al., *Material and Processing Issues in Nanostructured Semiconductor Gas Sensors*, The Journal of the Material, Metals and Material Society, 2000.
- Ivanov, P.T., *Design, Fabrication and Characterization of Thick Film Gas Sensors*, Tesis Ph.D., Universitas Rovira I Virgili, Tarragona Spain, 2004.
- Min, Y., *Properties and Sensor Performance of Zinc Oxide Thin Films*, Thesis Ph.D., Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2003.
- Paraguay D.F., *Influence of Al, In, Cu, Fe and Sn Dopants on the Response of Thin Film ZnO Gas Sensor to Ethanol Vapour*, Thin Solid Films, 2000. 373, p. 137-140.
- Gas'kov, A.M., *Material for Solid-State Gas Sensors*, Inorganic Materials, 2000, Vol. 36, No. 3. p. 293-301.
- Takai, O., *Nanostructure of ZnO Thin Films Prepared by Reactive RF Magnetron Sputtering*, Thin Solid Films, 1998, 318. p. 117-119.