

Analisis Mikrostruktur *thin film* ZnO pada Si dan *thin film* ZnO pada Cu

Affi Nur Hidayah* dan Maria M. Suliyanti
Pusat Penelitian Fisika - LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong,
Tangerang Selatan 15314 Banten

Intisari

Telah dilakukan analisa mikrostruktur dari *thin film* ZnO pada substrat Si dan Cu. *thin film* dibentuk dengan menggunakan teknik berbasis laser yang dikenal dengan Pulsed Laser Deposition (PLD). Laser yang digunakan dalam pembentukan *thin film* adalah laser Nd-YAG pulsa dengan panjang gelombang 532 nm, energi 75 mJ dan frekuensi 10 Hz. Substrat (Si dan Cu) dan sampel (pelet ZnO) diletakkan pada ruang vakum pada tekanan 5 Torr, dengan iradiasi laser selama 5 menit (3000 *shoots*). *thin film* yang dihasilkan berbentuk lapisan-lapisan seperti pelangi dengan bagian tengah berwarna putih. *thin film* kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM EDX pada tiga titik yang berbeda yaitu titik tengah, titik kiri dan titik kanan. Hasil SEM menunjukkan bahwa *thin film* mempunyai lapisan ZnO tidak merata. Hasil lapisan menunjukkan lapisan paling banyak dibagian tengah yang berwarna putih dibandingkan di bagian kiri dan kanan. Dimana prosentase massa Si dibagian tengah 0%, Zn (31,33%) dan massa O (20,56%). Sedangkan prosentase massa Si dibagian kiri (82,1%) lebih besar dibandingkan massa Zn (3,81%) dan massa O (8,6%). Dan pada titik kanan komposisi Si juga lebih besar dengan massa (83,26%) dibandingkan Zn (3,55%) dan massa O (8,38%). Hal yang sama juga ditunjukkan pada lapisan ZnO pada substrat Cu. Dimana prosentase massa Cu dibagian tengah lebih kecil (5,39%) dibandingkan prosentase massa Zn (40,66%) dan massa O (16,66%). Sedangkan pada titik kiri prosentase massa Cu lebih besar (91,43%) dibandingkan massa Zn (1,8%) dan massa O (3,81%). Dan pada titik kanan massa Cu memiliki prosentase lebih besar (81,59%) dibandingkan massa Zn (2,61%) dan massa O (4,82%).

KATA KUNCI: *thin film* ZnO, PLD, mikrostruktur lapisan, SEM EDX

I. PENDAHULUAN

Pembentukan *thin film* ZnO (Zinc Oxide) akhir-akhir ini menjadi subjek dari penelitian yang menarik. Daya tarik penelitian ini karena ZnO merupakan material yang potensial untuk aplikasi-aplikasi yang berbeda pada optik, listrik, piezoelektrik, peralatan optoelektronika [1, 2] dan lainnya. ZnO merupakan senyawa anorganik yang biasanya berbentuk serbuk putih, hampir tidak larut dalam air. Serbuk ini secara luas digunakan sebagai zat aditif ke dalam berbagai bahan dan produk yang meliputi plastik, keramik, kaca, semen, karet (misalnya, ban mobil), pelumas, cat, salep, lem, baterai, dan lainnya [3]. Di dalam ilmu material ZnO merupakan semikonduktor II-IV yang memiliki banyak keunggulan yaitu sifat transparansi yang baik, mobilitas elektron tinggi, celah pita lebar (3.37 eV atau 375 nm pada suhu ruang), luminescence yang kuat pada suhu ruang [4]. Karena keunggulan inilah ZnO banyak digunakan pada bidang elektronika dan optoelektronika pada laser diode, LED (*Light Emitting Diode*) [5], LCD (*Liquid Crystal Display*), aplikasi sel surya [6] dan juga sebagai biosensor [7].

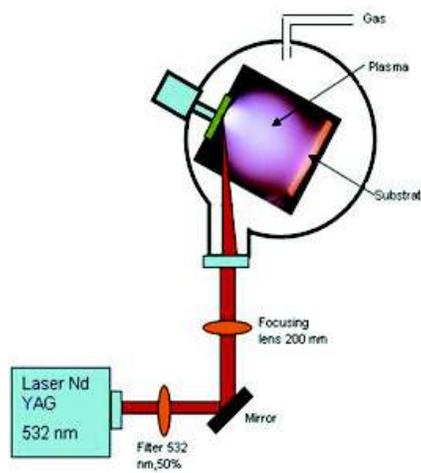
Perlu sekali untuk menumbuhkan *thin film* ZnO yang berkualitas bagus pada substrat yang banyak digunakan sebagai material elektronik, contohnya yaitu Silicon dan Tembaga (*Copper*). Silicon umumnya metalloid yang merupakan

semikonduktor. Silicon mempunyai kristal tunggal. Silicon murni mempunyai warna abu-abu dan mengkilap, mirip dengan kaca tetapi lebih kuat, sangat rapuh dan rentan patah [8]. Sedangkan Tembaga (Cu) merupakan logam yang elastik yang mempunyai konduktivitas listrik dan termal yang tinggi. Dibidang elektronika Cu banyak digunakan sebagai kawat tembaga, elektromagnet, relay, busbar dan switch listrik. Dan juga untuk pembuatan PCB, bahan pembuat heat sink komputer, tabung vakum, tabung sinar katoda dan sebagai magnetron pada microwave [9].

Banyak teknik yang digunakan untuk pembentukan *thin film* ZnO. Teknik pembentukan *thin film* yang menggunakan teknologi laser dikenal sebagai PLD, dimana material diuapkan dan dilepas dari permukaan target sebagai cahaya dari sebuah laser yaitu plasma. Film dibentuk dengan pemadatan material yang diablaskan dari target ke substrat.

Karakteristik-karakteristik penyerapan dari material yang di uapkan bergantung pada panjang gelombang yang digunakan [10]. Pada umumnya standar laser yang digunakan PLD adalah laser excimer dan laser Nd YAG, yang mana dengan laser tersebut telah didemonstrasikan berbagai keuntungan teknik deposisi film, termasuk *set-up* yang sederhana, kecepatan deposisi yang tinggi, kontaminasi yang rendah dan transfer stoikiometri material dari target ke film. Dengan frekuensi yang sangat tinggi memungkinkan penumbuhan film berkualitas sangat tinggi dengan kecepatan yang tinggi [11].

*E-MAIL: affi001@lipi.go.id



Gambar 1: *Set-up* laser Nd-YAG

II. METODOLOGI PENELITIAN

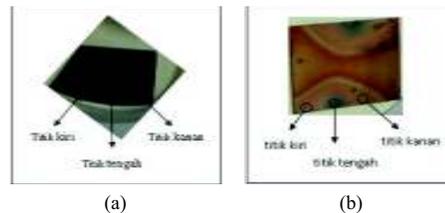
Proses pembentukan *thin film* dimulai dengan pembuatan pellet target ZnO dari serbuk ZnO, dilanjutkan dengan pemotongan substrat silicon sheet dan Cu. Penumbuhan lapisan tipis ZnO pada substrat Si dan Cu dibentuk dengan menggunakan teknik PLD. Laser yang digunakan adalah laser Nd-YAG *second harmonic* dengan panjang gelombang 532 nm Quanta-Ray Spectra-Physics, energi 75 mJ dan frekuensi 10 Hz. *Set-up* eksperimen yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1. Berkas Laser difokuskan pada target (ZnO) dengan sudut 45° yang akan membentuk plasma. Didepan target diletakkan substrat pada arah paralel dengan jarak sekitar 2 cm. Target dan substrat diletakkan pada ruang vakum yang dilengkapi dengan pirani meter untuk memonitor tekanan pada ruang vakum dan diatur tekanan sampai 5 Torr.

Kemudian atom-atom dan ion yang diablaskan dari target di deposisikan pada substrat, iradiasi dilakukan selama 5 menit (3000 *shoots*).

Setelah *thin film* ZnO dibentuk, maka sampel di karakterisasi dengan SEM EDX. Karakterisasi SEM dilakukan pada tiga titik yang berbeda pada lapisan *thin film*. Pengambilan di titik-titik yang berbeda bertujuan untuk mengetahui keseragaman dan perataan lapisan (kehomogenan) lapisan *thin film* yang dihasilkan. Pengambilan titik-titik lapisan *thin film* ZnO pada substrat Si dan Cu ditunjukkan pada Gambar 2.

III. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil pembentukan film kemudian dilakukan karakterisasi mikrostruktur lapisan *thin film* dengan menggunakan SEM EDX yang diambil dengan tiga perbesaran yang berbeda yaitu 1000X, 7500X dan 20000X. Hasil karakterisasi mikrostruktur lapisan ZnO pada substrat Si ditunjukkan pada Gambar 3 dan prosentase komposisi lapisan ZnO ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2: Tiga titik *thin film* ZnO yang diambil pada(a) substrat Si dan(b)substrat Cu

TABEL I: Hasil prosentase komposisi lapisan *thin film* ZnO pada Si dengan menggunakan SEM EDX.

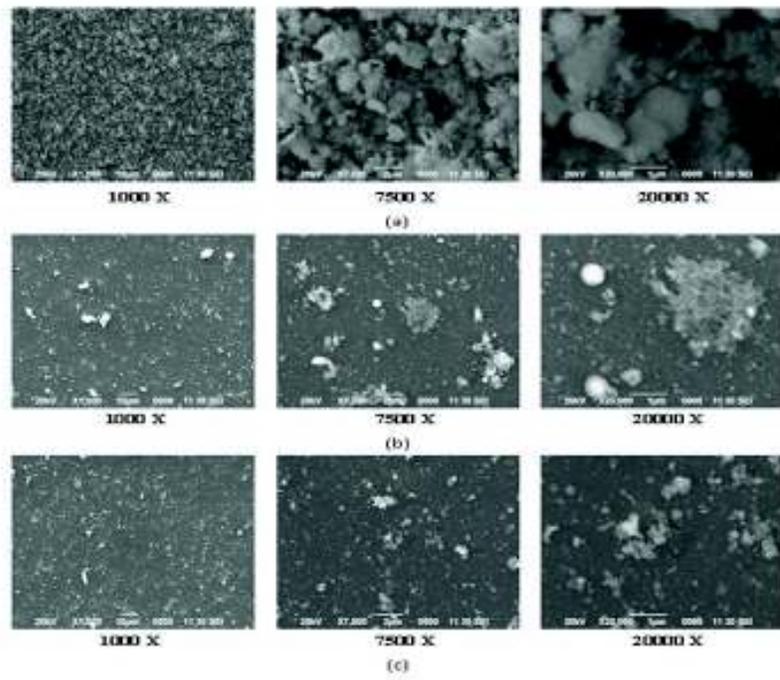
	Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%	K
Titik tengah	O K 0,525	20,56	0,19	56,08	13,926
	Zn K 8,63	31,33	0,54	20,91	39,8519
Titik kiri	O K 0,525	8,6	1,31	15,02	5,1765
	Si K 1,739	82,1	0,43	81,67	88,4922
Titik kanan	Zn K 8,63	3,81	4,36	1,63	3,6551
	O K 0,525	8,38	1,26	14,56	4,9984
Titik kanan	Si K 1,739	83,26	0,41	82,46	89,3259
	Zn K 8,63	3,55	4,23	1,51	3,3631

Pada Gambar 3 menunjukkan mikrostruktur lapisan *thin film* ZnO pada Si dimana Gambar 3a (titik tengah lapisan) menunjukkan lapisan ZnO menutupi permukaan substrat Silicon, sedangkan Gambar 3b (titik kiri lapisan) dan Gambar 3c (titik kanan lapisan) menunjukkan bahwa lapisan ZnO tidak semuanya menutupi substrat Si. Hasil ini juga ditunjukkan pada Tabel 1, dimana pada titik tengah komposisi massa Si tidak terlihat (0%), Zn (31,33%) dan massa O (20,56%), yang berarti bahwa substrat Si sudah tertutup oleh lapisan ZnO.

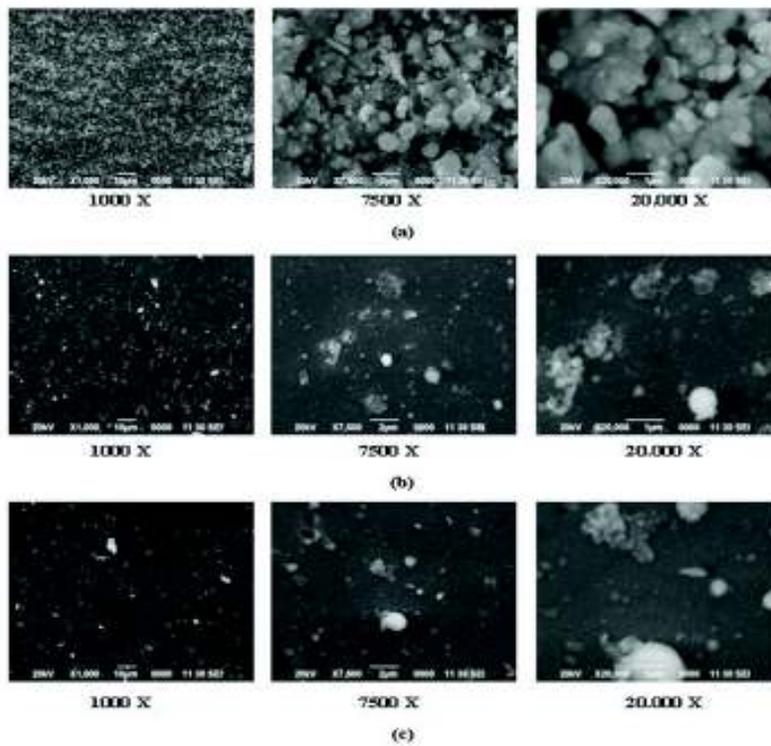
Sedangkan pada titik kiri komposisi Si lebih besar dengan massa (82.1%) dibandingkan Zn (3,81%) dan massa O (8,6%). Dan pada titik kanan komposisi Si lebih besar dengan massa (83,26%) dibandingkan Zn (3,55%) dan massa O (8,38%). Hal ini menunjukkan bahwa lapisan ZnO yang terbentuk pada substrat Si mempunyai lapisan paling tebal dan merata di daerah tengah, sedangkan pada daerah kiri dan kanan yang berbentuk pelangi menandakan bahwa lapisan ZnO yang dihasilkan sangat tipis.

Sedangkan hasil karakterisasi mikrostruktur lapisan ZnO pada substrat Cu ditunjukkan pada Gambar 4 dan komposisi lapisan ZnO pada Cu ditunjukkan pada Tabel 2.

Gambar 4a menunjukkan mikrostruktur hasil lapisan ZnO pada substrat Cu yang berada pada titik tengah. Dari Gambar 4a dapat dilihat bahwa lapisan ZnO merata dan menutupi substrat Cu dengan bentuk lapisan seperti tumpukan batu. Sedangkan pada Gambar 4b (mikrostruktur lapisan pada titik kiri) menunjukkan bahwa lapisan ZnO yang terbentuk sedikit, tidak merata dan tidak menutupi keseluruhan substrat Cu. Dan Gambar 4c (mikrostruktur lapisan ZnO pada titik kanan) menunjukkan lapisan ZnO yang terbentuk sedikit, tidak merata pada substrat Cu. Untuk mengetahui nilai massa tiap komponen lapisan pada tiga titik yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2 yang merupakan hasil prosentase komposisi lapisan



Gambar 3: Hasil mikrostruktur lapisan *thin film* ZnO pada Si (a) titik tengah, (b) titik kiri, dan (c) titik kanan



Gambar 4: Hasil mikrostruktur lapisan *thin film* ZnO pada Cu (a) titik tengah, (b) titik kiri, dan (c) titik kanan

TABEL II: Hasil prosentase komposisi lapisan *thin film* ZnO pada Cu dengan menggunakan SEM EDX.

	Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%	K	
Titik tengah	O K	0,525	16,65	0,15	48,25	12,2335
	Cu K	8,04	5,39	0,37	3,94	6,5307
	Zn K	8,63	40,66	0,47	28,85	49,5632
Titik kiri	O K	0,525	3,81	0,22	13,71	3,9201
	Cu K	8,04	91,43	0,92	82,84	92,5088
	Zn K	8,63	1,8	1,18	1,59	1,8275
Titik kanan	O K	0,525	4,82	0,22	12,87	4,7198
	Cu K	8,04	81,59	0,82	54,9	89,1953
	Zn K	8,63	2,61	1,05	1,71	2,8566

thin film ZnO pada Cu dengan menggunakan SEM EDX. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada titik tengah, komposisi massa Cu paling kecil (5,39%) dibandingkan prosentase massa Zn (40,66%) dan massa O (16,66%). Sedangkan pada titik kiri prosentase massa Cu paling besar (91,43%) dibandingkan massa Zn (1,8%) dan massa O (3,81%). Dan pada titik kanan massa Cu memiliki prosentase paling besar (81,59%) dibandingkan massa Zn (2,61%) dan massa O (4,82%). Dengan melihat hasil Gambar 4 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa lapisan ZnO yang dihasilkan baik pada substrat Cu (Gambar 4) maupun substrat Si (Gambar 3) tidak merata. Hasil lapisan pada titik tengah mempunyai lapisan ZnO pal-

ing tebal dan hampir merata menutupi substrat dibandingkan pada titik kiri dan kanan lapisan.

IV. SIMPULAN

Lapisan *thin film* ZnO berhasil dibentuk pada substrat Si dan Cu berbentuk pelangi tipis dengan bagian tengah lapisan putih dan tebal sedangkan bagian kiri dan kanan berbentuk lapisan-lapisan tipis seperti pelangi. Dari hasil SEM EDX dengan tiga titik yang berbeda (titik tengah, titik kiri dan titik kanan) menunjukkan bahwa lapisan ZnO tidak merata baik pada substrat Si maupun substrat Cu yang ditunjukkan dengan hasil perhitungan prosentase dari jumlah atom yang ada. Perlu dilakukan analisa lebih jauh pada bagian pelapisan yang membentuk pelangi dan untuk pembentukan lapisan yang homogen perlu dilakukan dengan memutar substat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada RISTEK yang telah membiayai penelitian ini melalui program peningkatan Peneliti dan Perekayasa dan juga kepada Dr. Koo Hendrik Kurniawan yang telah mengizinkan dan memfasilitasi laser untuk melakukan penelitian ini.

-
- [1] S. J. Pearton, D. P. Norton, K. Ip, Y. W. Heo, and T. Steiner, *J. Vac. Sci. Technol. B* **22**, 932 (2004).
- [2] Z. L. Wang, *Mater. Today* **7**, 26 (2004).
- [3] Takahashi, Kiyoshi; Yoshikawa, Akihiko; Sandhu, Adarsh, **Wide bandgap semiconductors: fundamental properties and modern photonic and electronic devices** (Springer.p. 357. ISBN 3540472347, 2007.)
- [4] Hernandezbattez, A; Gonzalez, R; Viesca, J; Fernandez, J; Diazfernandez, J; MacHado, A; Chou, R; Riba, J. CuO, ZrO₂ and ZnO nanoparticles as antiwear additive in oil lubricants, *Wear* **265**: 422. doi:10.1016/j.wear.2007.11.013 (2008).
- [5] Look, D. *Recent advances in ZnO materials and devices*, *Materials Science and Engineering B* **80**: 383. doi:10.1016/S0921-5107(00)00604-8 (2001).
- [6] Oh, Byeong-Yun; Jeong, Min-Chang; Moon, Tae-Hyoung; Lee, Woong; Myoung, Jae-Min; Hwang, Jeoung-Yeon; Seo, Dae-Shik, *Journal of Applied Physics* **99**:124505. doi:10.1063/1.2206417 (2006).
- [7] Kumar, S. Ashok; Chen, Shen-Ming, *Analytical Letters* **41** (2): 14158. doi:10.1080/00032710701792612 (2008).
- [8] William C, *Handbook of Semiconductor Silicon Technology* (William Andrew Inc..pp. 349-352. ISBN 0815512376,1990). <http://books.google.com/?id=COcVgAtqeKkC&pg=PA351&dq=Czochralski+Silicon+Crystal+Face+Cubic>. Retrieved 2008-02-24.
- [9] William F. Smith, Javad Hashemi, *Foundations of Materials Science and Engineering* (McGraw-Hill Professional. p. 223. ISBN 0072921943, 2003).
- [10] Bunshan, R.F., *Deposition Technologies for Films and Coatings* (New Jersey: Noyes Publications, 1994).
- [11] Phipps, C., *Laser Ablation and its applications* (Springer Science +Business Media LLC, 2007).