

Original Article

e-ISSN: 2581-0545 - <https://journal.itera.ac.id/index.php/jsat/>

Received 00th
January 20xx
Accepted 00th
February 20xx
Published 00th
March 20xx

Open Access

PENGARUH TEMPERATUR *POST-ANNEALING* TERHADAP SIFAT LISTRIK DAN OPTIK FILM TIPIS ZnO:Cu

Lutfi Antika Prameswari^{*a}^a Jurusan Sains, Program Studi Fisika, Institut Teknologi Sumatera* E-mail: lutfi.11116085@student.itera.ac.id

DOI:
10.35472/xx0xx0000

Abstrak: Penelitian ini mempelajari pengaruh pemanasan *post-annealing* dari lapisan tipis ZnO:Cu yang ditumbuhkan menggunakan metode spray pyrolysis dengan variasi suhu 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C selama 30 menit. Struktural, optik dan sifat listrik film dipelajari dengan menggunakan difraksi sinar-x (XRD), UV-Visible (UV-Vis), I-V (arus-tegangan) dan scanning elektron microscopy (SEM). Film tipis ZnO:Cu menunjukkan orientasi tertinggi pada bidang (002). Energi gap yang dihasilkan pada rentang 3,2 eV menunjukkan perlakuan *post-annealing* mempengaruhi periodisasi sistem kristal. Dipastikan juga bahwa film ZnO:Cu memiliki intensitas puncak kristal yang tinggi. Rendahnya nilai kerapatan dislokasi dan regangan kisi menjadi pembuktian kualitas film tipis yang dapat meminimalisir cacat kristal. Perlakuan *post-annealing* menunjukkan peningkatan nilai sensitivitas film tipis tipis terhadap sinar UV. Hasil ini bermanfaat untuk diaplikasikan pada perangkat optoelektronik seperti sel surya.

Keywords: ZnO:Cu, *post-annealing*, spray pyrolysis, bandgap, sensitivitas, sel surya.

Introduction / Pendahuluan

Material semikonduktor ZnO digunakan untuk aplikasi optoelektronik, salah satunya adalah sel surya. Zinc Oxide (ZnO) adalah semikonduktor yang memiliki celah pita lebar dari gugus semikonduktor II-VI dan celah pita energi 3,2 - 3,4 eV dan titik leleh sekitar 198 ° C [1], [2], [3]. Adanya rentang celah pita yang kecil menandakan bahwa elektron pada pita valensi dapat lebih mudah

berpindah ke pita konduksi sehingga dapat meningkatkan nilai arus yang dialirkan. ZnO memiliki sifat transparansi tinggi dalam rentang [A] yang terlihat. ZnO merupakan senyawa yang sangat menarik karena melimpah dan tidak beracun [4]. Namun, ZnO memiliki konduktivitas listrik yang lebih rendah. Oleh karena itu, suatu larutan tampaknya meningkatkan konduktivitas listriknya, yaitu ZnO dapat didoping dengan Cu (tembaga)



sebagai logam konduktif [5], [6]. Tembaga (Cu) adalah logam bergerak (golongan 1B) dengan nomor atom 29 [7].

Spray pyrolysis merupakan metode fisik yang relatif mudah, ukuran partikel yang dihasilkan dapat dikontrol, murah, dan dapat diterapkan secara terus menerus untuk mensintesis partikel nano [8]. Dengan menggunakan metode ini, partikel yang dihasilkan akan memiliki derajat kristal yang lebih tinggi, kemurnian yang lebih tinggi, tanpa aglomerasi, luas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan partikel, dan waktu proses yang singkat [8], [9]. Post-annealing merupakan proses yang memproses material dengan kenaikan suhu dengan kondisi tertentu atau sesuai keinginan [6]. Proses merupakan pemanasan dengan tahapan yang dilakukan di alat pemanas tungku atau *furnace* [10]. Keunggulannya adalah dapat digunakan dalam meningkatkan sifat mekanik, mengurangi kekerasan, meminimalkan cacat kristal, mengurangi ketidakhomogenan struktur sampel, membuat ukuran butir menjadi halus, dan meningkatkan konduktivitas sesuai dengan kebutuhan sampel tertentu [6].

Metode

A. Bahan

Pada penelitian ini dilakukan pemilihan bahan berdasarkan jenis dan karakternya. Adapun bahan-

bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah *Zinc acetat dehydrate* ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [Merck], *Copper (II) Chloride 2-hydrate* ($\text{Cu Cl}_2 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$) [Pudak Scientific], Aquades Bratachem dan Ethanol 96% Bratachem.

B. Pembuatan Film Tipis ZnO:Cu

Tahapan pertama yaitu *Zinc acetat dehydrate* dan *cupric chloride dyhydrat* masing-masing dengan massa 8,5% dan 1,5%, kemudian larutkan menggunakan etanol. Molaritas larutan yang digunakan adalah 0,4 M. Larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu ruang dan kecepatan 180 rpm selama 60 menit. Substrat kaca dan ITO dicuci menggunakan 3 larutan, aseton, etanol, dan aquades dengan alat *ultrasonic cleaner*. Kemudian dikeringkan dan substrat yang telah bersih diletakkan pada *hot plate* lalu diatur suhunya 450°C, diamkan selama 30 menit hingga suhu *hot plate* stabil.

Proses deposisi menggunakan alat *nanospray*. Semprotkan larutan pada *nanospray* ke arah substrat. Setelah 10 detik matikan *nanospray*, turunkan suhu *hot plate* hingga suhu ruang, dan simpan film tipis pada wadah bersekat.

C. Perlakuan Post-Annealing

Film tipis diberikan perlakuan post-annealing variasi suhu 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C selama 30 menit menggunakan *furnace*. Kenaikan

dan penurunan suhu furnace masing-masing 4°C/menit dan 4°C/35menit.

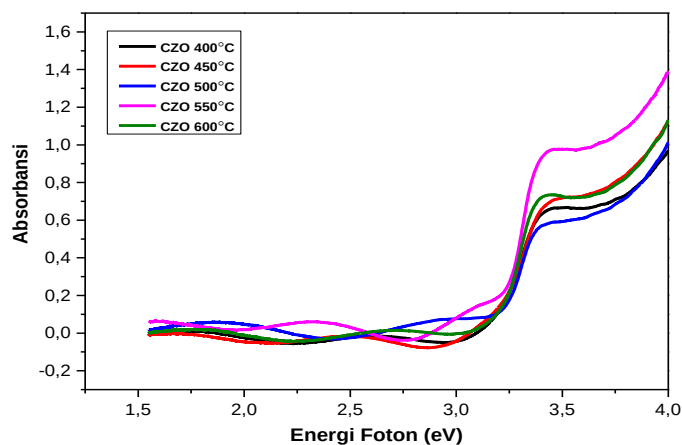
D. Karakterisasi dan Pengukuran

Film tipis ZnO:Cu dikarakterisasi menggunakan *Ultraviolet visible Spectroscopy* (UV-Vis), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Kemudian sampel film tipis dikarakterisasi arus-tegangan (I-V) untuk mengetahui arus output yang dihasilkan oleh sampel film tipis ZnO:Cu.

Results And Discussion

A. Karakterisasi Film Tipis ZnO:Cu

Karakterisasi film tipis ZnO:Cu dilakukan berturut-turut dengan karakterisasi UV-Vis, XRD, dan arus-tegangan (I-V).



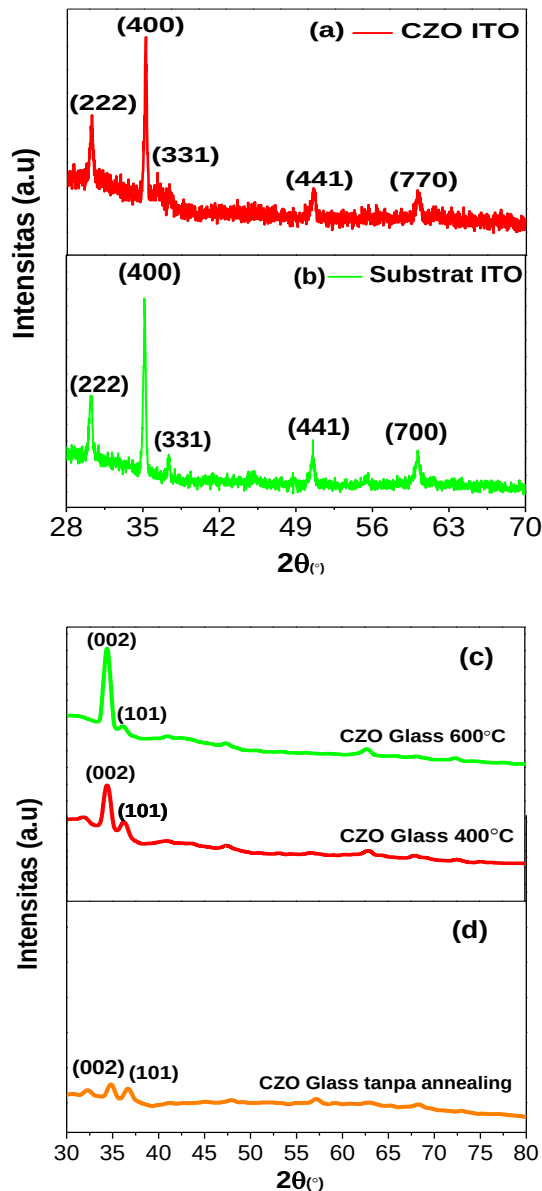
Gambar.1. Spektrum Absorbansi CZO 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, dan 600°C.

Film tipis ZnO:Cu *annealing* 550°C menghasilkan nilai absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan film tipis CZO lainnya. Sedangkan nilai absorbansi terendah terdapat pada sampel 450°C. Selanjutnya dapat ditentukan besar energi gap dari setiap sampel dengan menghubungkan nilai energi foton ($h\nu$) dengan ($ah\nu$). Besar energi gap dari setiap sampel didapatkan dengan menghubungkan nilai energi foton ($h\nu$) dengan ($ah\nu$). Adapun nilai energi gap dituliskan pada table 1.

Tabel 1. Energi Gap Film Tipis CZO Metode *Tauc Plot*.

No.	CZO (°C)	Eg (eV)
1.	400	3,248
2.	450	3,246
3.	500	3,244
4.	550	3,241
5.	600	3,240

Perlakuan *annealing* film tipis CZO mempunyai sedikit pengaruh pada energi gap yang didapatkan semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu *annealing* mempengaruhi penambahan pergerakan elektron-elektron terikat pada pita valensi dalam bahan untuk dapat bergerak menuju pita konduksi dalam bahan, sehingga energi gap mengecil [11].



Gambar 2. Spektrum XRD (a) CZO-ITO (b) Substrat ITO (Indium Tin Oxide), (c) CZO Glass annealing 400°C dan 600°C, (d) CZO Glass tanpa annealing.

Gambar 2. (a) dan (b), menunjukkan bahwa fase kristal ZnO tidak terbentuk, fase kristal yang terdeteksi dengan puncak posisi (2θ) identik dengan

puncak *Indium Tin Oxide* (ITO) struktur kubik pada referensi ICCD nomor 00-039-1058. Terdeteksinya puncak ITO tersebut disebabkan oleh karena film tipis yang terbentuk sangat tipis. Gambar 2 (c) dan (d) puncak yang terdeteksi yaitu pada arah orientasi (002) dan (001) dengan struktur kristal fase ZnO yaitu *hexagonal wurtzite*. Struktur kristal tersebut sesuai pada referensi ICCD nomor 01-089-0510 dan ICCD nomor 01-079-0207.

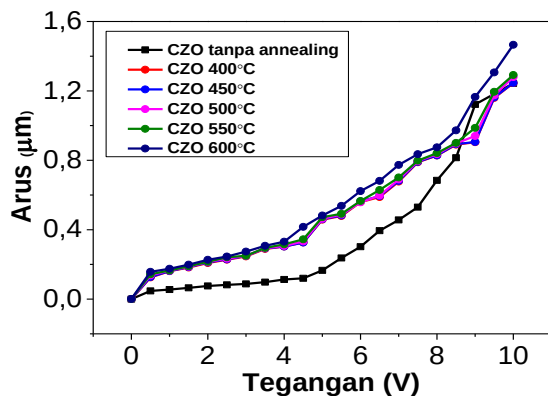
Adapun tabel 4.4 menunjukkan nilai kerapatan dislokasi dan regangan kisi sebagai berikut :

Tabel 2. Kerapatan dislokasi (δ) dan Regangan kisi (ϵ)

CZO(°C)	$\delta \times 10^{-4}$	ϵ
Tanpa Annealing	1,24	0,0134
400	1,19	0,0133
600	1,12	0,0129

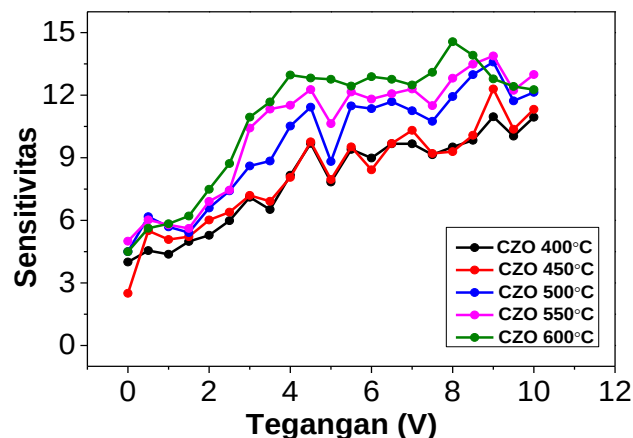
Besar kerapatan dislokasi dan regangan kisi menunjukkan adanya cacat kristal. Data pada tabel 2 membuktikan bahwa cacat kristal dapat di minimalisir oleh adanya perlakuan *post-annealing*.

Karakterisais arus-tegangan (I-V) film tipis ZnO:Cu menghasilkan nilai arus diplot menjadi grafik hubungan antara tegangan terhadap nilai arus pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Kurva I-V (a) Arus Gelap,

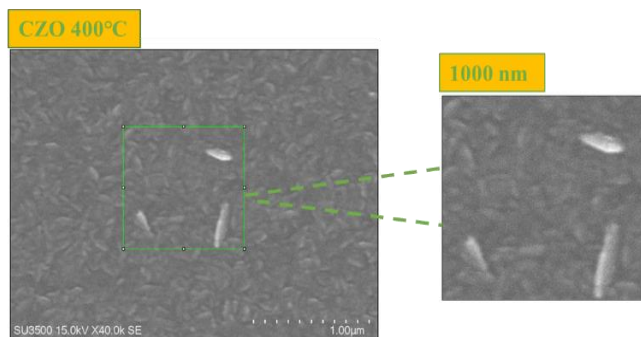
Gambar 3. menunjukkan peningkatan nilai arus dari film tipis CZO 400°C, 450°C, 500°C, 550°C sampai pada film tipis CZO 600°C. Jika dibandingkan dengan film tipis CZO tanpa *annealing*, nilai arus yang didapat sangatlah jauh penurunannya, karena perlakuan *annealing* menyebabkan elektron-elektron terikat pada pita valensi mempunyai kemampuan lebih untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi [12]. Pernyataan tersebut sebanding dengan adanya penurunan nilai *energy gap* yang didapatkan pada karakterisasi UV-Vis.



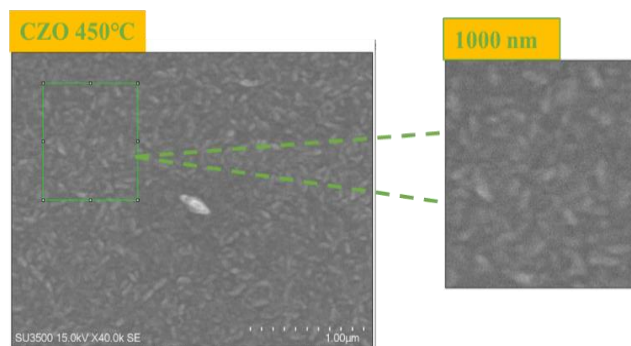
Gambar 4. Kurva Sensitivitas CZO Close

Nilai sensitivitas mengalami fluktuasi atau kenaikan dan penurunan kurang stabil. Hal ini dapat terjadi karena sampel yang dibuat kurang sensitif terhadap cahaya matahari sehingga ketika diberikan tegangan, sampel kurang memberikan responnya serta faktor gangguan lingkungan yang juga mempengaruhi ketika pengukuran berlangsung.

Gambar 4. Menunjukkan film tipis CZO *anealing* menghasilkan nilai sensitivitas lebih besar dibandingkan dengan CZO tanpa *annealing*.



(a)

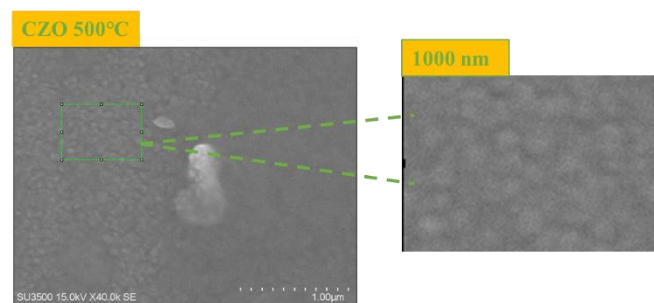


(b)

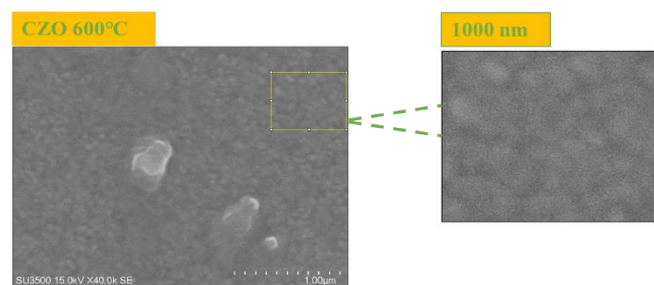
Gambar 5. Gambar Morfologi SEM CZO (a) CZO 400°C, (b) CZO 450°C.

Morfologi film tipis ZnO:Cu dapat dilihat dari skala acuannya sebesar 1.00 μm atau 1000 nm yang menunjukkan adanya ukuran nanopartikel. menunjukkan film tipis CZO berhasil terbentuk dengan masing-masing ukuran partikel atau bulir yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan *post-annealing* mempengaruhi diameter partikel pada setiap film tipis yang ditumbuhkan. Film tipis CZO 400°C, 450°C, 500°C, dan 600°C

menunjukkan morfologi bulir permukaan dengan ukuran masing-masing berurutan sebesar 45,5 nm, 49,1 nm, 66,5 nm, dan 86,9 nm. Ukuran bulir tersebut ditunjukkan dalam skala nanometer (nm). Adapun morfologi SEM CZO 500°C dan 600°C adalah sebagai berikut :



(a)



(b)

Gambar 6. Morfologi SEM CZO (a) CZO 500°C, dan (b) CZO 600°C.

Conclusions / Kesimpulan

Nilai energi gap yang menurun sebesar 3,248 eV, 3,246 eV, 3,244 eV, 3,241 eV, dan 3,240 eV sebagai pengaruh sifat optik, kemudian adanya pengaruh terhadap nilai arus listrik dan sensitivitas yang meningkat seiring bertambahnya suhu *post-annealing*, dan pada struktur kristal film tipis CZO terdeteksi fase ZnO yaitu *Hexagonal Wurzite*

References

- [1] Purwoto, B.H. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emit. J. Tek. Elektro* 2018, 18, 10–14.
- [2] Yandri, V.R. Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Di Indonesia. *J. Ilmu Fis. | Univ. Andalas* 2012, 4, 14–19.
- [3] Rustan, M.; Subaer; Irhamsyah. Studi tentang pengaruh nanopartikel zno (seng oksida) terhadap kuat tekan geopolimer berbahan dasar metakaolin. *Fak. Sains dan Pendidik. Fis.* 2015, I Nomor 3, 286–291.
- [4] Semarang, U.N. Pengaruh Temperatur Annealing Pada Sifat Listrik Film Tipis Zinc Oksida Doping Aluminium Oksida. *J. MIPA* 2017, 39, 115–122.
- [5] Agrawal, S.; Rane, R.; Mukherjee, S. ZnO Thin Film Deposition for TCO Application in Solar Cell. *Conf. Pap. Energy* 2013, 2013, 1–7.
- [6] Zannah, Rofiatul. Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Struktur, Sifat listrik dan Sifat Optik Film Tipis Zinck Oxide Doping Aluminium (ZnO:Al) Dengan Metode DC Magnetron Sputtering. *J.Fis. UNNES.* 2016.
- [7] Pambudi, M.A.R.; Suprpto, S. Penentuan Kadar Tembaga (Cu) dalam Sampel Batuan Mineral. *J. Sains dan Seni ITS* 2019, 7.
- [8] Magister, P.; Keahlian, B.; Proses, T.; Kimia, J.T.; Industri, F.T. Analysis of Macroporous Particle. 2015.
- [9] Nanosains, J. Pengembangan Reaktor Spray Pyrolysis dan Spray Drying Untuk Sintesis Partikel Oksida dan Partikel komposit Berbentuk Bulat dan Berukuran Mikrometer. 2009, 2, 52–55.

- [10] Zakaria, H.; Gareso, P.L.; Rauf, N. Pengaruh Pemanasan Terhadap Struktur dan Sifat Optik Kristal ZnO. 2015.
- [11] P. E. Agbo and M. N. Nnabuchi, “Core-Shell TiO₂/ZnO Thin Film: Preparation, Characterization and Effect Of Temperature On Some Selected Properties,” vol. 8, no. 4, pp. 273–282, 2011.
- [12] A. Ismangil and T. P. Negara, “LiTaO₃ Characterization Of Rubidium On Temperature,” vol. 01, no. 02, pp. 54–59, 2018.