

Pembuatan Polikristal CuGaSe_2 dan Penentuan Konstanta Kisinya

Irmansyah¹⁾, A. Harsono Supardjo²⁾, dan Arya Rezavidi³⁾

¹⁾ Jurusan Fisika FMIPA IPB, Jl. Raya Pajajaran Bogor

²⁾ Jurusan Fisika FMIPA UI, Kampus UI Depok

³⁾ Staf Peneliti Lembaga Sumber Daya dan Energi (LSDE) BPPT

E-mail : abuyasin_99@yahoo.com

Abstrak

Polikristal Copper Galium Diselenide (CuGaSe_2) telah dibuat dengan menggunakan tungku Bridgman horizontal zona tunggal. Ingot secara visual terlihat solid dan tidak menempel pada dinding ampoule. Pola difraksi yang diperoleh dari pengukuran dengan XRD terlihat bahwa yang muncul adalah puncak chalcopyrite. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Cohen diperoleh nilai konstanta kisi ingot $a = b = 5,613 \text{ \AA}$, $c = 11,014 \text{ \AA}$ dan rasio $c/a = 1.962$

Kata kunci : CuGaSe_2 , Struktur Chalcopyrite, parameter kisi.

Abstract

Copper Galium Diselenide (CuGaSe_2) Polycrystal was synthesized from a stoichiometric mixtures of the elements by using Bridgman Horizontal furnace single zoned. Ingot is visually solid and it did not attach on the ampoule walls. X-Ray Diffraction measurements show that the spectra are the Chalcopyrite peaks. The calculated lattice parameters obtained from Cohen Method are $a=b= 5.613 \text{ \AA}$, $c = 11.014 \text{ \AA}$ and the ratio $c/a = 1.962$

Keywords : CuGaSe_2 , Chalcopyrite Structure, lattice parameter

1. Pendahuluan

Material semikonduktor senyawa terner (*ternary compound*) I-III-VI₂ pada saat ini telah menjadi kelompok material yang dipromosikan sebagai bahan dasar sel surya lapisan tipis yang memiliki efisiensi yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh koefisien absorpsi yang relatif tinggi, energi celah pita (*band gap energy*) yang cocok dan stabil¹⁾. Senyawa terner CuInSe_2 (*Copper Indium Diselenide/CIS*) memiliki koefisien absorpsi $\alpha = 10^4 \text{ cm}^{-1}$ dalam jangkauan yang luas dan memiliki energi gap 1,02 eV. Material CuGaSe_2 (Copper Galium Diselenide), energi celah pita, $E_g = 1,68 \text{ eV}$ dan koefisien absorpsi α lebih besar dari 10^4 cm^{-1} pada $\lambda < 740 \text{ nm}^2)$.

Divais photovoltaic lapisan tipis dengan bahan semikonduktor polikristal senyawa terner dari waktu ke waktu telah menunjukkan peningkatan efisiensi konversi energi. Efisiensi sel surya dengan bahan CuGaSe_2 terbaik yang sudah dicapai sebesar 9,7 %³⁾. Efisiensi konversi yang telah dicapai oleh sel surya bahan CuInSe_2 , yaitu sebesar 13,2 %. Efisiensi konversi sel surya yang telah dicapai ini masih lebih rendah dibandingkan efisiensi konversi teoritis sel surya kedua senyawa terner ini⁴⁾.

Material CuGaSe_2 sangat cocok digunakan sebagai absorber pada divais photovoltaic struktur

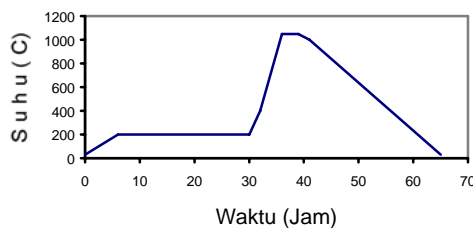
tandem bersama dengan CuInSe_2 . Efisiensi konversi teoritis photovoltaic struktur tandem $\text{CuGaSe}_2/\text{CuInSe}_2$ adalah 36,6%⁵⁾. Sifat struktur bahan merupakan salah satu indikasi yang dapat digunakan untuk melihat apakah suatu bahan dapat digunakan menjadi bahan sel surya. Pada paper ini akan ditunjukkan hasil identifikasi struktur dan penentuan konstanta kisi polikristal CuGaSe_2 yang dibuat dengan tungku Horizontal zona temperatur tunggal.

2. Percobaan

Polikristal CuGaSe_2 dibuat dari unsur-unsur Cu, Ga dan Se (tingkat kemurniannya 5 N) dengan komposisi stokiometri. Campuran dimasukkan ke dalam ampoule kuarsa, divakumkan dan kemudian di tutup (*sealed off*). Polikristal CuGaSe_2 dibuat pada tungku Bridgman horizontal zona temperatur tunggal. Tungku yang digunakan berupa tabung yang terbuat dari bahan alumina sepanjang 78 cm dengan diameter 3,3 cm merk termoline. Tungku dilengkapi dengan pengontrol temperatur Shimaden FP-21 jenis multistep menggunakan interface RS-422 A/RS-232C. Program perlakuan panas selama pembuatan kristal dibuat berdasarkan diagram fasa biner Cu-Se⁶⁾, pseudobinary $\text{Cu}_2\text{Se-Ga}_2\text{Se}_3$ ^{7,8)}, dan diagram fasa pseudobinary CuSe-CuGaSe_2 ⁸⁾. Program

perlakuan panas seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Ingot polikristal yang diperoleh dikeluarkan dari ampoule dan selanjutnya diambil sampel untuk dilakukan identifikasi struktur dengan XRD tipe XD 610 buatan Shimadzu Jepang dengan sumber radiasi Cu-K α ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$). Pengukuran puncak difraksi dilakukan dengan kecepatan scan 1° dalam interval $10 - 90^\circ$. Penentuan indeks Miller dilakukan dengan membandingkan nilai 2θ atau d (jarak antar bidang) yang diperoleh dengan file standard JCPDS. Nilai konstanta kisi ditentukan dengan menggunakan metode Cohen seperti yang dirumuskan :



Gambar 1. Program perlakuan panas selama pembuatan kristal.

Nilai konstanta kisi ditentukan dengan menggunakan metode Cohen⁹⁾ seperti yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum \alpha \sin^2 \theta = C \sum \alpha^2 + B \sum \alpha \gamma + A \sum \alpha \delta \quad (1)$$

$$\sum \gamma \sin^2 \theta = C \sum \gamma \alpha + B \sum \gamma^2 + A \sum \gamma \delta \quad (2)$$

$$\sum \delta \sin^2 \theta = C \sum \delta \alpha + B \sum \delta \gamma + A \sum \delta^2 \quad (3)$$

dimana:

$$\alpha = h^2 + k^2, \gamma = \ell^2, \delta = 10 \sin^2 \theta$$

$$B = \frac{\lambda}{4c^2}, C = \frac{\lambda}{4a^2}, A = \frac{d}{10}$$

hkl = indeks Miller

θ = sudut difraksi

a, c = konstanta kisi yang ingin dicari

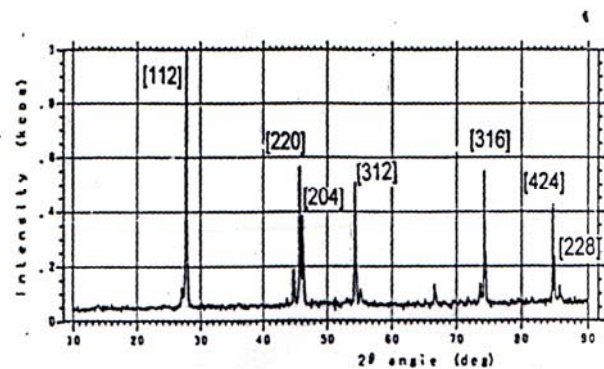
λ = panjang gelombang (\AA)

3. Hasil dan Pembahasan

Proses pembuatan Ingot polikristal CuGaSe₂ dapat berlangsung dengan program perlakuan panas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Perubahan suhu dari suhu ruang ke suhu 200°C dibuat lambat dan selanjutnya dipertahankan konstan bertujuan untuk menjadikan suhu lebih merata pada setiap ingot

dan tidak timbul ledakan. Suhu pemanasan maksimum yang dilakukan pada percobaan adalah 1050°C diharapkan pada suhu ini keseluruhan bahan telah mencair. Pada suhu ini dilakukan penggoyangan tungku agar sampel yang mencair teraduk sehingga diperoleh ingot yang homogen. Ingot yang dihasilkan secara visual terlihat solid dan tidak melekat pada ampoule.

Pola XRD yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan membandingkan pola difraksi yang dihasilkan dengan pola difraksi referensi dapat dinyatakan bahwa keseluruhan puncak yang muncul pada nilai 2θ yang berkaitan dengan puncak CuGaSe₂ dan dapat dinyatakan bahwa struktur polikristal tersebut adalah chalcopyrite.



Gambar 2. Pola XRD polikristal CuGaSe₂

Keseluruhan spektra yang muncul Puncak yang tajam dengan FWHM yang kecil menunjukkan kristal sampel yang baik.

Nilai konstanta kisi yang dihitung dengan metode Cohen⁹⁾ adalah $a=b=5,613 \text{ \AA}$, $c=11,014 \text{ \AA}$ dan rasio $c/a=1,962$. Nilai konstanta kisi yang diperoleh pada penelitian ini mendekati nilai yang diperoleh dari pustaka. Tomlinson¹⁰⁾ mendapatkan nilai konstanta kisi kristal CuGaSe₂; $a=b=5,61 \text{ \AA}$ dan $c=11,01 \text{ \AA}$.

4. Kesimpulan

Ingot polikristal yang dihasilkan dari penumbuhan dengan tungku horizontal zona temperatur tunggal cukup baik, yaitu padat dan tidak menempel pada ampoule. Dari hasil difraksi sinar x terlihat bahwa kristal mempunyai struktur chalcopyrite. Kristal yang diperoleh cukup homogen dimana nilai parameter masing-masing bagian ingot dapat dikatakan sama, yaitu nilai ($a=b$) secara berurutan bagian atas, tengah dan bawah adalah $5,613 \text{ \AA}$; $5,612 \text{ \AA}$ dan $5,615 \text{ \AA}$; dan nilai c adalah $11,014 \text{ \AA}$, $10,992 \text{ \AA}$ dan $11,013 \text{ \AA}$.

Daftar Pustaka

1. Kawashima, T., S. Adachi, H. Miyake, K. Sugiyama. *J. Appl. Phys.* **84** . 5202-5209 (1998)
2. Birkholz, M. P. Kanschat, T. Weiss, K. Lips. *Physics Review B* . **59**, (1999)
3. Saad, M., H. Riazi, E. Bucher, M.Ch. Lux Steiner. *Appl. Phys. A: Mater. Sci. Process*, **62**, 181 (1995)
4. Beck, M.E., T. Weiss, D. Fischer, S. Fiechter, A. Jager-Waldau, M. Ch. Lux-Steiner. *Proc. E-MRS*. (1999)
5. Schock and R. Noufi. *Progress in Photovoltaic: Research and Applications*. **8**, 151-160. (2000)
6. Tuttle, J.R. M. Contreras, M.H. Bode, D. Niles, D.S. Albin, R. Matson, A.M. Gabor, A. Tennant. *J. Appl Phys.* **77**, 1 (1995)
7. Mikelsen, J.C. *Journal of Electronic Material*, **10**, 541-588 (1981)
8. Jitsukawa H, H. Matshushita, T. Takizawa. *J. Crystal Growth*, **186**, 587-593 (1998)
9. Cullity, B.D. 1978. *Element of X-Ray Diffraction*. Second edition. Addison Wesley Publishing Company. Massachusetts.
10. Tomlinson R.D. *Material Research Society*, 177-186, (1987)