

BaSi₂ 太陽電池の電子輸送層応用に向けた Zn_{1-x}Ge_xO_y の作製

Fabrication of Zn_{1-x}Ge_xO_y for an electron transporting layer of BaSi₂ solar cells

筑波大¹, 〇高柳 香織¹, 山下 雄大¹, 青貫 翔¹, 成田 隼翼¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, ^〇Kaori Takayanagi¹, Yudai Yamashita¹, Sho Aonuki¹, Shunsuke Narita¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: tkykao2013@gmail.com

【背景】新規薄膜太陽電池材料として BaSi₂ に注目している。BaSi₂ は地殻中に豊富に存在する元素で構成される半導体でありながら、その光吸収係数 ($3 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ @ 1.5 eV) と少数キャリア拡散長 (10 μm) がどちらも大きく、禁制帯幅 (1.3 eV) も太陽電池に適している¹⁾。これまで、Al-doped n-ZnO (AZO) とのヘテロ接合化を検討し、動作を実証した²⁾。しかし、ZnO は BaSi₂ との伝導帯オフセット ΔE_C が大きいいため、界面で再結合が生じる。そこで本研究では、より BaSi₂ に適した電子輸送層 (ETL) 材料として Zn_{1-x}Ge_xO_y を検討した。Zn_{1-x}Ge_xO_y は BaSi₂ との ΔE_C が小さく、ワイドギャップであるため ETL に適している。しかし、undoped Zn_{1-x}Ge_xO_y はキャリア密度が非常に小さいため、ETL に求められる高電子密度が得られていない。本研究では、ZnO の n 型ドーパントとして用いられる Al の高濃度ドーピングを検討した。

【実験手法】RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて、高抵抗 n-Si (111) 基板 ($\rho > 1000 \Omega \text{ cm}$) 上に Al-doped Zn_{1-x}Ge_xO_y を 100 nm 堆積した。ターゲットには Zn_{0.38}Ge_{0.62}O_y を用い、Al の貼り付け位置をターゲット中央からそれぞれ $l = 0 - 2 \text{ cm}$ と変えた (Fig. 1)。また、 $l = 0 \text{ cm}$ の試料に対し、結晶化・活性化を目的として、RTA 装置を用いて Ar 雰囲気中で 700 - 1000 °C、30 分のアニールを行った。本研究では、EDX、XRD、ホール効果測定を用いて評価した。

【結果・考察】Fig. 2 に、EDX 測定による Al 片の位置と Al 含有量の関係を示す。Al 片の位置が中央から離れるにつれて、含有量は単調に増加した。Fig. 3 に各アニール温度における XRD パターンを示す。 $T_{\text{anneal}} > 700 \text{ °C}$ で鋭い回折パターンが得られ、結晶化したといえる。Fig. 4 にアニール温度とキャリア密度の関係を示す。 $T_{\text{anneal}} = 1000 \text{ °C}$ で $p = 1.33 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の p 型伝導を示し、ドーパントが活性化したと考えられる。p 型伝導を示したのは、Al が Ge に置換したためと予想される。今後、Al の供給源を Al₂O₃ および AZO に変えて n 型伝導化を目指す。

【参考文献】

- 1) T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 023001 (2017).
- 2) Y. Yamashita *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **230**, 111181 (2021).

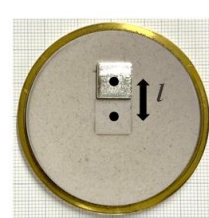


Fig 1. The Zn_{1-x}Ge_xO_y target with a Al chip bonded.

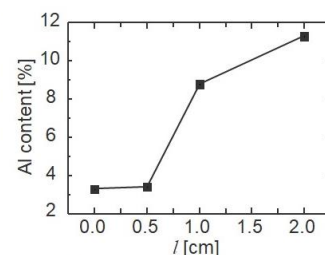


Fig 2. Al content in relation to length from the center of the target to Al.

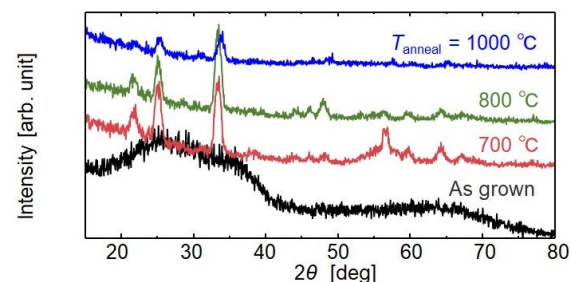


Fig 3. θ -2 θ XRD pattern of as-grown Al-doped Zn_{1-x}Ge_xO_y and those annealed at $T_{\text{anneal}} = 700 - 1000 \text{ °C}$.

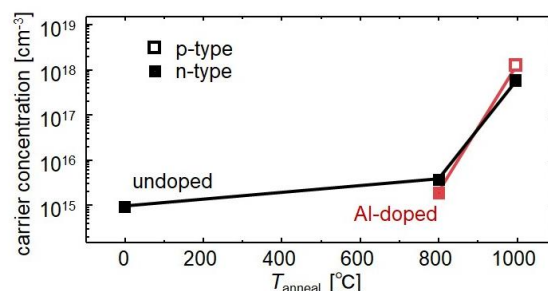


Fig 4. Carrier concentration of undoped and Al-doped Zn_{1-x}Ge_xO_y in relation to annealing temperature $T_{\text{anneal}} = 800 - 1000 \text{ °C}$.