

n⁺-AZO/p-BaSi₂ 薄膜太陽電池の高効率化に向けた Zn_{1-x}Ge_xO 界面層探索

Investigation of Zn_{1-x}Ge_xO interlayers for n⁺-AZO/p-BaSi₂ thin-film solar cells

筑波大¹ ○山下 雄大¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, °Yudai Yamashita¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: bk201311068@s.bk.tsukuba.ac.jp

【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) はどちらも大きく、禁制帯幅 (1.3 eV) も太陽電池に適している¹⁾。これまでに、Al-doped n⁺-ZnO (AZO) /p-BaSi₂ ヘテロ接合太陽電池を設計し、太陽電池動作を初めて実証した²⁾。現在は Zn_{1-x}Ge_xO 界面層挿入による高効率化を目指している。ZnO/BaSi₂ 界面でのバンド不連続を無くし、界面における光生成キャリアの蓄積を回避できれば、再結合割合は劇的に減少する。前回の発表では、Zn_{1-x}Ge_xO 膜をスパッタ堆積すると、BaSi₂ 表面が酸化し、キャリアの輸送を阻害することを報告した³⁾。本研究では、BaSi₂ の酸化を抑制するため、Zn_{1-x}Ge_x をスパッタ堆積し、自然酸化により Zn_{1-x}Ge_xO を形成する手法を試みた。

【実験手法】 試料作製方法を Fig. 1 に示す。MBE 装置を用いて、FZ n-Si(111) 基板 ($\rho = 1000 - 10000 \text{ } \Omega\text{cm}$) 上に B-doped BaSi₂ を 500 nm エピタキシャル成長した。その後、*in situ* で Zn_{1-x}Ge_x を 5 nm スパッタ堆積した。試料作成後 24 h 以上大気暴露し、表面の自然酸化を試みた。比較対象として、Zn_{1-x}Ge_x の代わりに Zn_{1-x}Ge_xO または a-Si を *in situ* 堆積した試料も作製した。作製試料は X 線光電子分光 (XPS) 測定、μ-PCD 測定で評価した。

【結果・考察】 Fig. 2 に、XPS スペクトルを示す。表面に Zn_{1-x}Ge_x 膜が堆積されていることがわかる。また、Zn_{1-x}Ge_xO をスパッタ堆積した試料に比べて、102 eV 周辺の Si の酸化を示す信号強度が小さくなった (Fig. 2 (c))。従って、BaSi₂ の表面酸化を抑制できたといえる。

次に、μ-PCD による少数キャリア寿命 (τ) 測定を行い、表面パッシベーション効果を評価した (Fig. 3)。大気暴露時間が 1 日未満では、 $\tau = 15.3 \text{ } \mu\text{s}$ と従来のパッシベーション膜である a-Si に及ばなかったが、1 週間の大気暴露を行うことで τ は a-Si キャップを 15% 上回る、19.4 μs に達した。また、面内均一性も非常に高いことがわかった。以上より、Zn_{1-x}Ge_x キャップは BaSi₂ の表面パッシベーション膜としても十分に機能するといえる。

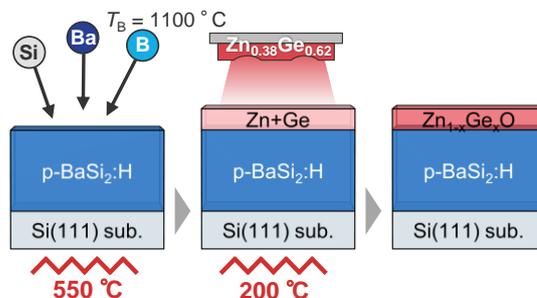


Fig. 1 Schematic of sample preparation procedure.

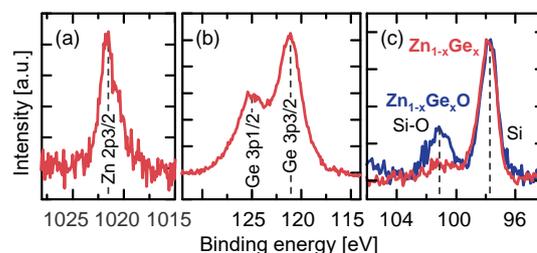


Fig. 2 XPS spectra of Zn_{1-x}Ge_x/BaSi₂ and Zn_{1-x}Ge_xO/BaSi₂. Each figure corresponds to (a) Zn 2p 3/2, (b) Ge 3p 1/2, 3/2, (c) Si 2p.

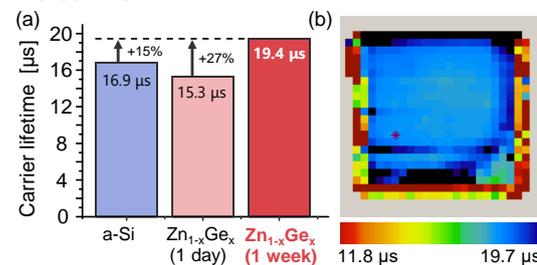


Fig. 3 (a) Minority carrier lifetime by μ-PCD ($\lambda = 904 \text{ nm}$) of BaSi₂ films capped with a-Si, and Zn_{1-x}Ge_x layers. (b) Lifetime mapping when capped with Zn_{1-x}Ge_x layers.

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