

Zn_{1-x}Ge_xO_y 界面層を用いた n⁺-AZO/p-BaSi₂ 太陽電池の検討

Investigation of n⁺-AZO/p-BaSi₂ solar cells with Zn_{1-x}Ge_xO_y interface layer

筑波大¹, °高柳 香織¹, 青貫 翔¹, 成田 隼翼¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, °Kaori Takayanagi¹, Sho Aonuki¹, Shunsuke Narita¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

E-mail: s2220270@s.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¹⁾。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、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⁾。BaSi₂ 太陽電池の高効率動作に向け、ワイドバンドギャップ半導体である Al-doped ZnO (AZO) を電子輸送層として用いたヘテロ構造に着目している²⁾。しかし、BaSi₂ の電子親和力は 3.2 eV と小さいため、ヘテロ界面でバンド不連続が大きく、界面再結合の要因となる。そこで、Zn_{1-x}Ge_xO_y の挿入を検討した (Fig. 1)。Zn_{1-x}Ge_xO_y は n 型ワイドギャップ半導体で、Zn と Ge の組成比を調節することで電子親和力を BaSi₂ と同等の 3.2 eV に調整できる³⁾。Zn_{1-x}Ge_xO_y の挿入により、界面での再結合割合が減少すると予想される。Zn_{1-x}Ge_xO_y/p-BaSi₂ 界面でのキャリア輸送は堆積温度によって制御可能であり、50 °C 以下での堆積が適すると明らかになった^{3,4)}。しかし、AZO/BaSi₂ 太陽電池の高効率動作には至っていない。先行研究では、CIGS 太陽電池において i-ZnO を挿入することでシャントを緩和し、太陽電池特性が向上した⁵⁾。そこで本研究では、本手法を踏襲し AZO/BaSi₂ 界面に i-ZnO を挿入して界面特性の向上を目的とした。

【実験手法】 MBE 法により低抵抗 p⁺-Si(111) (抵抗率 $\rho < 0.01$

Ωcm) 上に B-doped p-BaSi₂ 膜を 320 nm 堆積した。その後、*in situ* で 1 nm の Zn_{1-x}Ge_xO_y を室温でスパッタ堆積した。最後に、スパッタ法により直径 1 mm の i-ZnO と AZO をそれぞれ 100, 300 nm 堆積した。裏面に Al 電極をスパッタ堆積し、分光感度測定を行った。

【結果・考察】 Fig. 2 に n⁺-AZO/i-ZnO/i-Zn_{1-x}Ge_xO_y/p-BaSi₂ の印加電圧 (V_{bias}) 毎の光応答スペクトルを示す。 $V_{\text{bias}} = 0.5 \text{ V}$ のとき、最大 0.9 A W^{-1} の分光感度が得られた。 V_{bias} が正よりも負のときの方が分光感度は小さく、n⁺-AZO/i-ZnO/i-Zn_{1-x}Ge_xO_y がホールの逆流を防いだと考えられる。また、i-ZnO 層の挿入により分光感度はおよそ 30 倍に大きく向上した。以上の結果から、i-ZnO 層の挿入による界面特性の向上を実証した。

【参考文献】

- 1) T. Suemasu and D. B. Migas, Phys. Status Solidi A **219**, 2100593 (2022).
- 2) Y. Yamashita *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **230**, 111181 (2021).
- 3) Y. Yamashita *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces **14**, 13828 (2022).
- 4) K. Takayanagi *et al.*, The 83rd JSAP Autumn Meeting, 23a-C101-9 (2022).
- 5) B. Mistic *et al.*, Phys. Status Solidi A **212**, 541 (2015).

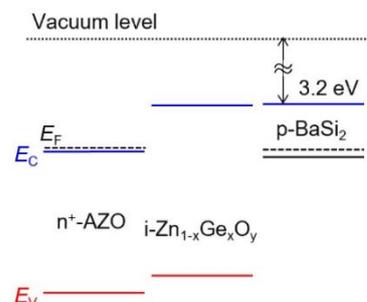


Fig 1. Band alignments before contact for n⁺-AZO, i-Zn_{1-x}Ge_xO_y, and p-BaSi₂.

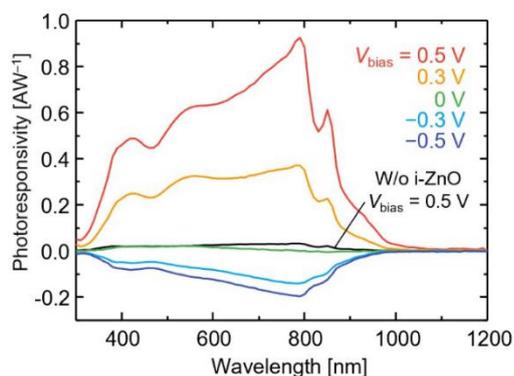


Fig 2. Photoreponse spectrum of n⁺-AZO/i-ZnO/Zn_{1-x}Ge_xO_y/p-BaSi₂ structures. The bias voltage is varied in the range -0.5 to 0.5 V.