

Ba と Si の堆積レート比と As-doped n-BaSi₂ 膜の光学特性の関係

Relationship between Ba to Si deposition rate ratios and the optical properties of As-doped n-BaSi₂ epitaxial films

筑波大¹, °青貫 翔¹, 山下 雄大¹, 都甲 薫¹, 末益 崇¹

Univ. Tsukuba¹, °Sho Aonuki¹, Yudai Yamashita¹, Kaoru Toko¹, Takashi Suemasu¹

Email: s1920296@s.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

本研究では薄膜太陽電池材料として BaSi₂ に注目している^[1]。BaSi₂ は資源が豊富な元素で構成される半導体であり、太陽電池に適した禁制帯幅 (1.3 eV) を有する。また、大きい光吸収係数 ($3 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ @ 1.5 eV) と優れた少数キャリア拡散長 (10 μm) を両立している。現在、BaSi₂ ホモ接合太陽電池への応用を目指しており、近年、np-BaSi₂ ホモ接合太陽電池において世界初動作に成功した。しかし、その変換効率は 0.28% と小さい^[2]。そこで、本研究では新たに pn-BaSi₂ ホモ接合太陽電池を提案する。本構造は BaSi₂ ホモ接合と BaSi₂/Si ヘテロ接合のキャリア分離方向が一致している点で上記デバイス構造より有利である。本構造では高い光学特性を有する n 型の光吸収層が必要となる。n 型光吸収層の候補として高分光感度と基板温度による伝導型制御を達成している As-doped n-BaSi₂ に着目した^[3]。先行研究では、MBE 成長時の Ba と Si の堆積レート比 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ が undoped BaSi₂ の光学特性に大きな影響及ぼすことが報告されている^[4]。本研究では、As-doped n-BaSi₂ において、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ を変調し、光学特性を評価した。

【実験】

MBE 法により Cz-n-Si (111) 基板 ($\rho < 0.01 \text{ } \Omega\text{cm}$) 上に As-doped n-BaSi₂ を 500 nm エピタキシャル成長した。As の供給源には放出される As の蒸気圧が単体 As よりも小さい GaAs を用いた。本研究では MBE 成長時の $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ が光学特性に与える影響を調査するため、基板温度 $T_{\text{S}} = 600 \text{ } ^\circ\text{C}$ 、GaAs のセル温度 $T_{\text{GaAs}} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$ に固定し、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 0.8 - 3.9$ の範囲で変調した。表面には BaSi₂ のパッシベーション膜である a-Si を *in-situ* で 3 nm 堆積した。さらに、スパッタ法を用いて表面に直径 1 mm、厚さ 80 nm の ITO 電極、裏面に厚さ 150 nm の Al 電極を作製した。本研究では、結晶性の評価に θ -2 θ XRD、ラマン分光法を用いた。また、電気特性はホール測定、光学特性は分光感度測定、 μ -PCD、PL 測定により評価した。

【結果・考察】

Fig. 1 に各試料の BaSi₂ 600 回折強度の半値幅を示す。 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ が小さくなるにつれ半値幅は増大し、配向性が悪化した。これは、余剰 Si が BaSi₂/Si 界面に析出したことが原因であると考えられる。Fig. 2 に分光感度スペクトルを示す。 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ を小さくすると分光感度は増大し、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 1.2$ で最大となった。これは、undoped BaSi₂ と同様の傾向である^[4]。一方で、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}} = 0.8$ では分光感度は減少した。これは、過剰 Si が析出したことにより光学特性が悪化したと考えられる。以上より、 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ を変化させることで As-doped n-BaSi₂ の光学特性が向上した。

【謝辞】

μ -PCD測定にご協力いただきました名古屋大学 宇佐美先生、後藤先生に感謝申し上げます。

【参考文献】

- [1] T. Suemasu and N. Usami, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 023001 (2017).
- [2] K. Kodama *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 041005 (2019).
- [3] S. Aonuki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **59**, SFFA01 (2020).
- [4] R. Takabe *et al.*, J. Appl. Phys. **123**, 045703 (2018).

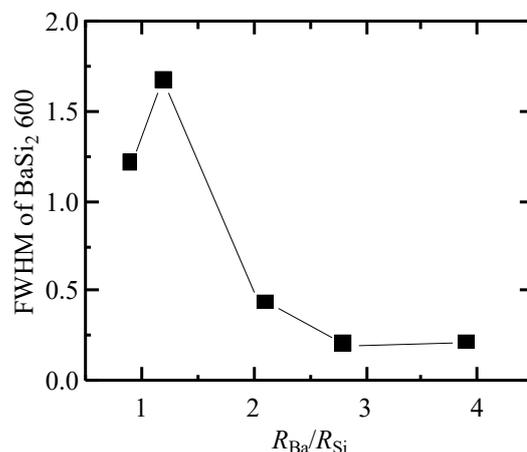


Fig. 1 $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ dependence of FWHM of BaSi₂ 600 intensity of As-doped BaSi₂ films grown with different $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ of 0.8 – 3.9.

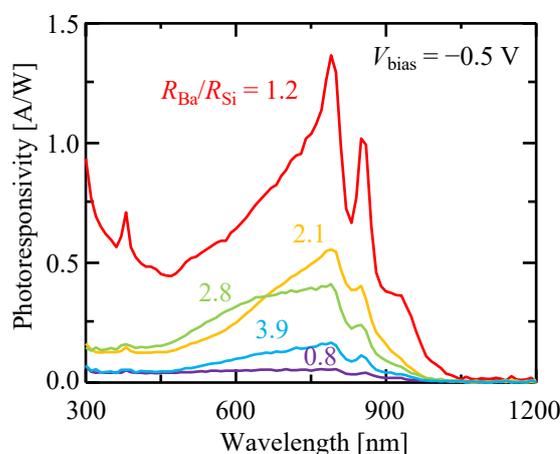


Fig. 2 Photoresponse spectra of As-doped BaSi₂ films grown with different $R_{\text{Ba}}/R_{\text{Si}}$ of 0.8 – 3.9 under a bias voltage of -0.5 V .