# $BaSi_2$ 薄膜太陽電池における p 型エミッタ層材料の探索

## Investigation of p-type emitter layer materials for barium silicide thin film solar cells

○高橋 一真 [1]、中川 慶彦 [1]、原 康祐 [2]、黒川 康良 [1]、宇佐美 徳隆 [1]

(1.名大院工、2.山梨大クリスタル研)

○Kazuma Takahashi[1], Yoshihiko Nakagawa[1], Kosuke O. Hara[2],

Yasuyoshi Kurokawa[1], Noritaka Usami[1] (1.Nagoya Univ., 2.Yamanashi Univ.)

E-mail: takahashi.kazuma@h.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】$BaSi_2$ は 1.3 eV の禁制帯幅と高い光吸収係数を持つ[1]ことから単接合薄膜太陽電池の発電層としての応用が期待されており、ノンドープで n 型を示す半導体[1]である。我々は、真空蒸着法による $BaSi_2$ 単膜の形成に成功[2]しており、$BaSi_2$ 太陽電池を構成するための p 型エミッタ層材料の探索を行っている。ホモ接合も一つの候補ではあるが、ホールを選択的に取り出すことができるように設計したヘテロ接合はさらなる高効率化を期待できる。そのようなヘテロ接合の形成には、接合界面のバンドアラインメントが重要となる。本研究では、一次元デバイスシミュレータである Afors-HET ver 2.5[3]により、p 型材料の物性値を変化させ、n 型 $BaSi_2$ を発電層とした太陽電池で高変換効率を得るための p 型材料の探索を行った。

【実験方法】セル構造は(ITO 膜厚:80 nm /p 型エミッタ層 膜厚:10 nm /n 型 $BaSi_2$ 膜厚:2 μm, ドナー濃度($N_d$):$10^{17}$ $cm^{-3}$/$n^{++}$型 $BaSi_2$ 膜厚:10 nm, $N_d$:$10^{19}$ $cm^{-3}$/Ag 膜厚:1 μm)を仮定した。p 型材料と $BaSi_2$ の界面キャリア輸送モデルには熱電子放出モデル及びトンネル効果を仮定した。p 型材料の電子親和力(χ)と禁制帯幅($E_g$)を変数として、それぞれ 2.0~3.7 eV、1.0~3.0 eV の範囲で変化させ、AM 1.5G のもとでセルの I-V 特性をシミュレーションした。このとき、p 型材料の基本物性は結晶 Si の物性値で代用し、アクセプタ濃度($N_a$)は $10^{17}$~$10^{19}$ $cm^{-3}$ の範囲で変化させた。今回は光散乱構造を考慮していない。

【結果と考察】p 型材料の $N_a$ が $10^{17}$、$10^{19}$ $cm^{-3}$ のときのセル変換効率のマッピングを Fig.1 に示す。$N_a$ が大きな値になるほど、開放電圧、短絡電流ともに大きな値が得られる範囲が増加し、変換効率の高い範囲が増加している。また、$N_a$ が $10^{19}$ $cm^{-3}$ の値のとき、マッピング中央付近の変換効率が急激に落ち込む箇所が全体的に右側にシフトしている。p 型材料の χ が 3.1 eV、$E_g$ が 2.0 eV のときの、p 型材料と $BaSi_2$ の pn 接合界面付近における価電子帯アラインメントを Fig.1 の挿入図として示す。この挿入図から、$N_a$ が増加したことで空乏層厚さが薄くなっていることがわかる。これにより、価電子帯オフセットをトンネル効果により透過するホールが増加し、高効率領域がシフトしたものと考えられる。以上の結果より、p 型材料を選定する条件としては、χ が 3.5 eV 以下、$E_g$ が 1.5~2.5 eV の変換効率が 20%以上となる範囲であることが望まれる。しかし、実際の材料では χ が 3.0 eV 以下のものはまれであることを考えると、現実的な p 型材料の条件としては、$N_a$ が大きく $E_g$ が 1.5~2.0 eV 程度のものとなり、例として $Zn_3P_2$ が挙げられる。

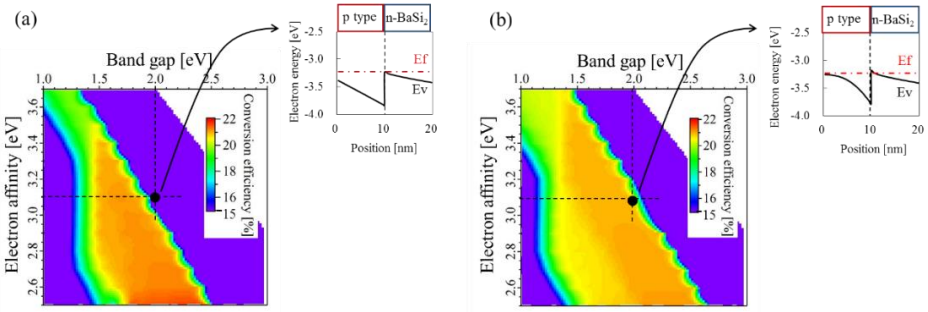


Fig.1 2D plot of conversion efficiency and valence band alignment at the pn interface in the case of; (a) $N_a$: $10^{17}$ $cm^{-3}$, (b) $N_a$: $10^{19}$ $cm^{-3}$.

【参考文献】 [1] K. Morita, *et al.*, Thin Solid Films **508**, 363 (2006).
[2] 中川 他、第 61 回応用物理学会春季学術講演会 青山学院大学 20a-D3-10 (2014).
[3] R. Varache *et al.*, Sol. Energ. Mat. Sol. C. **141**, 14 (2015).

© 2016年 応用物理学会