

# MAPbI<sub>3</sub>/SiGe タンデム太陽電池を指向した Si 基板上 SiGe の組成・製膜プロセス設計

## Design of composition and fabrication process of SiGe films on Si substrates toward MAPbI<sub>3</sub>/SiGe tandem solar cells

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>名大未来機構, <sup>3</sup>東洋アルミ, <sup>4</sup>阪大院工, <sup>5</sup>名大未材研

○(B)八木 健太<sup>1</sup>, 勝部 涼司<sup>1</sup>, 今井 友貴<sup>2</sup>, 伊藤 耕平<sup>1</sup>, 鈴木 紹太<sup>3</sup>, 南山 偉明<sup>3</sup>,  
ダムリン マルワン<sup>3,4</sup>, 宇佐美 徳隆<sup>1,2,5</sup>

<sup>1</sup>Grad. Eng., <sup>2</sup>InFuS Nagoya Univ., <sup>3</sup>Toyo Aluminium K.K., <sup>4</sup>Osaka Univ., <sup>5</sup>IMaSS Nagoya Univ.

○Kenta Yagi<sup>1</sup>, Ryoji Katsube<sup>1</sup>, Yuki Imai<sup>2</sup>, Kohei Ito<sup>1</sup>, Shota Suzuki<sup>3</sup>, Hideaki Minamiyama<sup>3</sup>,  
Marwan Dhamrin<sup>3,4</sup>, Noritaka Usami<sup>1,2,5</sup>

E-mail: yagi.kenta.e3@s.mail.nagoya-u.ac.jp

**【背景】** タンデム型ペロブスカイト太陽電池では、一般的にハロゲンサイトの混晶化によるバンド構造の調整が行われる。一方、複数のハロゲンを含むハライドペロブスカイトは光や熱等の影響で相分離することが知られており[1]、長期安定性に懸念がある。そこで我々は、ペロブスカイト太陽電池に混晶でない MAPbI<sub>3</sub> を用いることで、安定性と高効率を両立したタンデム太陽電池を構成できないかと考えた。MAPbI<sub>3</sub> 太陽電池に組み合わせるボトムセルの光吸収層としては、当グループで Si 基板上への Al-Ge 合金ペーストの塗布・焼成で構成される簡便な製膜プロセスを開発している SiGe を選択した[2]。本研究では、デバイス特性の計算に基づき SiGe の組成や膜厚を設計し、さらに設計通りの SiGe 層を上記手法で作製可能か実験的に検証することを目的とした。

**【計算・実験方法】** トップセルの光吸収層を MAPbI<sub>3</sub> ( $E_g = 1.62$  eV) に固定し、Shockley-Queisser limit を基礎とする理論変換効率計算に基づいて SiGe 層の組成を設計した。また、SiGe ボトムセルの膜厚と短絡電流密度の関係を計算することで必要とされる SiGe 層の膜厚を求めた。Si 基板上 Al-Ge 合金の焼成による SiGe/Si 基板の作製は、800, 850, 900 °C で 10 分間の 3 条件で行った。ペースト組成は Al:Ge = 7:3 (mol 比) とし、ペースト厚さは 60 μm とした。熱処理後の各試料に対して表面・断面研磨を施し、SEM-EDS 計測により断面構造と組成分布を評価した。

**【結果と考察】** Fig. 1(a) に MAPbI<sub>3</sub>/SiGe 太陽電池の理論変換効率の Ge 組成依存性を示す。Ge 組成が 39 mol% で変換効率が最大値をとり、47% 程度であった。Fig. 1(b) に示す短絡電流密度-SiGe 膜厚関係の計算結果によると、理想的な光閉じ込め構造を仮定した場合に短絡電流密度 21 mAcm<sup>-2</sup> (理論限界値の約 91%) を得るには膜厚 10 μm が必要であり、これ以上の膜厚で均一組成を有する SiGe 層を製膜する必要があることが明らかになった。Fig. 2 には SiGe/Si 基板断面の SEM-EDS 分析の観察結果の一例を示す。Ge 組成は 16 mol% 程度で設計値より小さいが、厚さ方向 20 μm にわたって概ね組成均一な SiGe 層の成長を実証した。つまり、Si 基板上への Al-Ge 合金ペーストの印刷と焼成によって MAPbI<sub>3</sub>/SiGe タンデム太陽電池に適した SiGe 層を形成できる可能性が示された。

**【謝辞】** 本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPN14004)および JST COI-NEXT(No. JPMJPF2204)の支援を受けたものである。

**【参考文献】** [1] E.T. Hoke *et al.*, Chem. Sci. **6**, 613 (2015), [2] K. Fukuda *et al.*, Sci. Rep. **12**, 14770 (2022).

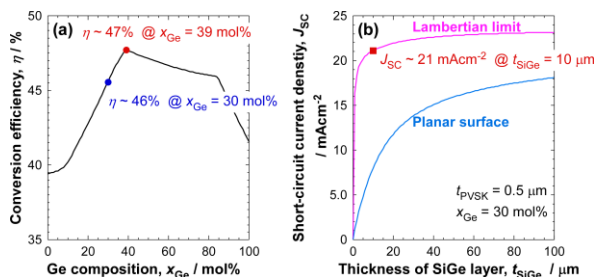


Fig. 1: (a) Relationship between the Ge content and the theoretical efficiency of the MAPbI<sub>3</sub>/SiGe tandem solar cells. (b) Thickness dependence of the short-circuit current density of Si<sub>0.7</sub>Ge<sub>0.3</sub> single-junction solar cells.

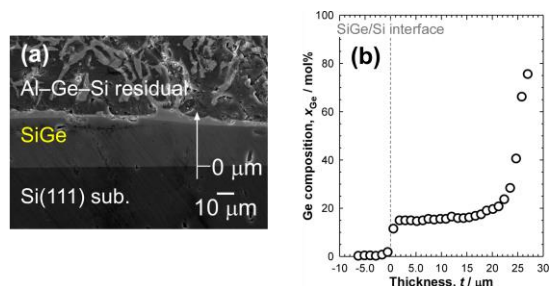


Fig. 2: (a) Cross-sectional SEM image and (b) the corresponding EDS line profile of Ge in the SiGe layer formed by annealing of the Al-Ge/Si sample at 850 °C.