

CIGS 系化合物薄膜太陽電池の高効率化技術の現在と未来

Current status and future perspective of the development of CIGS solar cells

産業技術総合研究所 °柴田肇、石塚尚吾、上川由紀子、西永慈郎、
鯉田崇、反保衆志、永井武彦、松原浩司、仁木栄

National Institute of AIST °Hajime Shibata, Shogo Ishizuka, Yukiko Kamikawa, Jiro Nishinaga,
Takashi Koida, Hitoshi Tampo, Takehiko Nagai, Koji Matsubara and Shigeru Niki
E-mail: h.shibata@aist.go.jp

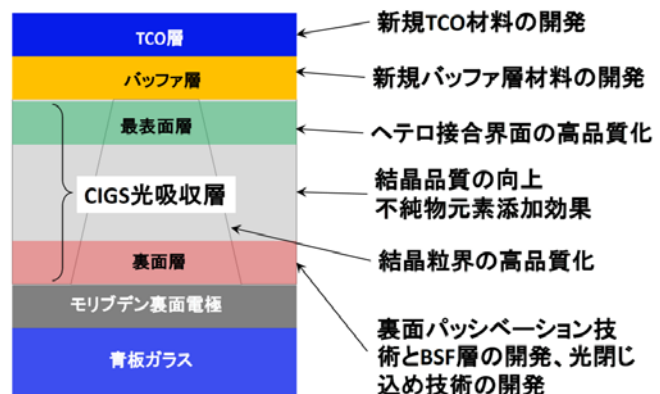
NEDO ロードマップ PV Challenges¹⁾で 2030 年の目標とされている、基幹電源並みの発電コスト 7 円/kWh (ジェネレーションパリティ) を CIGS 系化合物薄膜太陽電池で実現するためには、モジュール変換効率を 20%まで高める必要があり、そのときの小面積セル変換効率は 25%という非常に高い値であると考えられる。その高い目標を達成するためには、従来技術の延長線上にある技術開発では不十分であり、材料の種類や成膜技術を抜本的に見直して、何か根本的なブレークスルーを行うことが必要であると考えられる。本報告では、CIGS 系化合物薄膜太陽電池の高効率化技術の現状を、産総研の研究開発状況^{2,3)}を含めて紹介し、併せて上記ジェネレーションパリティの達成に必要と考えられるブレークスルーの概要を述べる。

現時点において、CIGS 太陽電池に必要と思われる研究開発課題を下図に示す。現状で CIGS 太陽電池に最も不足している性能は V_{oc} であると考えられるが、 V_{oc} を低下させている第 1 の要因は CIGS 層とバッファ層のヘテロ接合界面における電子・正孔対の再結合であると考えられるため、最も緊急の研究課題は、ヘテロ接合界面の高品質化であると考えられる。また、計算機シミュレーションによると、CIGS 層の正孔濃度を増大させることが V_{oc} の増大に大きく寄与する結果が得られており、正孔濃度を増大させるための添加不純物元素の探索も、 V_{oc} の向上に欠かせない研究課題であると考えられる。

CIGS 層の少数キャリアの寿命と移動度を向上させることは、計算機シミュレーションの上ではデバイス特性に劇的な改善を見せない。この結果は、現状でも少数キャリア拡散長 L_n が光進入距離と比較して大きい可能性を示唆しているが、詳細は実験的にも検討の余地があり、また少なくとも L_n の増大は J_{sc} の向上には一定の寄与がある。従って、CIGS 層の結晶性を更に向上させることは、非常に根本的かつ重要な研究開発課題であると考えられる。新規バッファ層材料の開発やバッファ層成膜技術の開発が重要であることも自明であるが、実際にはバッファ層の役割や必要性は必ずしも充分には理解されておらず、根本的な再検討が必要であると考えられる。

TCO 材料の開発が重要であることも明白であり、特に TCO 層内のフェルミ準位のエネルギー位置を更に上昇させることが、特に CIGS の Ga 濃度が高い場合に V_{oc} の増大に寄与すると考えられるために、将来的には ZnO よりも電子親和力の小さい新規 TCO 材料を探索して利用する必要性が高いと考えられる。CIGS/Mo 界面の状態がデバイス性能に影響を与えることは従来から知られており、光生成キャリアの裏面再結合を抑制する他、アルカリ金属の SLG 基板から CIGS 層への拡散を制御する意味でも、CIGS/Mo 界面の研究は重要な課題であると考えられる。

CIGS太陽電池の研究課題



1) <http://www.nedo.go.jp/content/100575154.pdf>

2) S. Ishizuka, *et al.*, Applied Materials and Interfaces **6**, 14123 (2014).

3) Y. Kamikawa, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55** (2016) 印刷中