

## カルコパイライト系太陽電池の産業化の現状

## Recent Progress in Mass Production of Chalcopyrite Thin Film Solar Cells

°杉本 広紀<sup>1</sup> (1.ソーラーフロンティア(株))°Hiroki Sugimoto<sup>1</sup> (1.Solar Frontier K.K.)

E-mail: Hiroki.Sugimoto@solar-frontier.com

近年、低コストな太陽電池としてカルコパイライト構造の  $\text{CuInSe}_2$  化合物をベースとした薄膜太陽電池が注目されている。特に In サイトに Ga を混合した  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  化合物太陽電池は小面積の変換効率で 21.7%<sup>[1]</sup> を達成しており、多結晶化合物薄膜太陽電池の中で最高の変換効率を有している。比較的 low コストなプロセスで高い効率の太陽電池が得られることから、 $\text{CuInSe}_2$  系化合物太陽電池はすでに量産フェーズに入っており、世界中で数社が年産数百 MW 以上の規模で太陽電池モジュールを量産している。そのような中、ソーラーフロンティアは世界で唯一、Cd を含まない環境負荷を低減した  $\text{CuInSe}_2$  系化合物太陽電池を量産しており、世界最大規模の年産約 1GW のモジュールを国内（宮崎県）で生産している。2007 年に 20MW の第一工場が稼働してから、2009 年に 60MW の第二工場、2011 年に 900MW の第三工場が立て続けに稼働し、現在モジュール効率 14% 程度のモジュールを主力製品として生産している。今年にはさらに、最新の低コスト化・高効率化技術を導入した 150MW の第四工場（宮城県）が稼働予定となっている。第四工場は世界進出に向けたモデルプラントの役割を担っている。

さて、 $\text{CuInSe}_2$  系化合物太陽電池は生産性に優れるため世界トップレベルの生産コストを有しているが、結晶 Si 太陽電池と比較して変換効率が低いという課題がある。太陽光発電コストのさらなる低コスト化のために、さらなる変換効率向上が急務となっている。ソーラーフロンティアは独自の  $\text{Zn(O,S,OH)}_x$  バッファ層と、量産性に優れるセレン化硫化法を用いた  $\text{Cu(In,Ga)(Se,S)}_2$  化合物光吸収層の開発により、Cd を含まない  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  化合物太陽電池の世界最高記録である変換効率 20.9%<sup>[2]</sup> を 2014 年に達成している。現在、さらなる変換効率の向上に取り組んでいる。

最近、超高効率  $\text{CuInSe}_2$  系化合物太陽電池としてバンドギャップの広い薄膜材料と従来の  $\text{CuInSe}_2$  系薄膜太陽電池をタンデム構造にした太陽電池で 23.2%<sup>[3]</sup> が報告されている。 $\text{CuInSe}_2$  系薄膜太陽電池のタンデム化は将来的に多結晶 Si 並の低コストと、ヘテロ接合型単結晶 Si の高い変換効率を超える高効率を両立する可能性があるため非常に注目されている。特に我々の  $\text{Cu(In,Ga)(Se,S)}_2$  化合物光吸収層は 1.08eV 程度のバンドギャップを有しており、タンデム太陽電池のボトム層として最適となっているため、有望なトップ層の出現を切望している。タンデム太陽電池の高効率化の肝はトップ層の高効率化であり、高バンドギャップ化のために  $\text{CuInSe}_2$  系化合物の In サイトに Ga や Al を多量に混合したトップ層や、Se サイトに S を多量に混合したトップ層の高効率化に期待している。また、近年高効率化の目覚ましいペロブスカイト型太陽電池もトップ層として期待している。

本発表は  $\text{CuInSe}_2$  系化合物太陽電池の量産化の現状と今後の低コスト化・高効率化の展望について報告する。

[1] P. Jackson, D. Hariskos, R. Wuerz, O. Kiowski, A. Bauer, T. M. Friedlmeier, M. Powalla, Phys. Stat. Sol. RRL (2014).

[2] M. Nakamura, N. Yoneyama, K. Horiguchi, Y. Iwata, K. Yamaguchi, H. Sugimoto, T. Kato, Proceedings 40th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, in press (2014).

[3] [http://www.pv-tech.org/news/stion\\_claims\\_prototype\\_cigs\\_mini\\_module\\_conversion\\_efficiency\\_of\\_23.2](http://www.pv-tech.org/news/stion_claims_prototype_cigs_mini_module_conversion_efficiency_of_23.2)