

Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層による Cu(In,Ga)S₂ 薄膜太陽電池の変換効率改善

Improvement of efficiency of Cu(In,Ga)S₂ thin-film solar cells by Zn_{1-x}Mg_xO buffer layer

○廣井 誉^{1,2,3}、岩田 恭彰^{1,2}、杉本 広紀^{1,2}、山田 明³

(1.ソーラーフロンティア、2.昭和シェル石油、3.東工大理工)

○Homare Hiroi^{1,2,3}, Yasuaki Iwata^{1,2}, Hiroki Sugimoto^{1,2}, Akira Yamada³

(1.Solar Frontier K.K., 2.Showa Shell Sekiyu K.K., 3.Graduate School of Engineering, Tokyo Tech.)

E-mail: Homare.Hiroi@showa-shell.co.jp

【実験目的】Se フリーCu(In,Ga)S₂は、カルコゲナイド系薄膜太陽電池の中でも H₂Se ガスを用いずに作製出来る為、将来的に低コスト化が見込まれる太陽電池材料として有望である。しかしながら、2009 年の報告[1]以降大きな進捗が無く、その変換効率は 12~13%程度であった。また、これらの Cu(In,Ga)S₂ 光吸収層は結晶成長を促進する為に Cu リッチ組成で製膜されるが、製膜後の光吸収層表面に CuS 層が析出してしまい変換効率低減の大きな要因となる。従って、CuS 層を除去する目的で KCN エッチングをすることが一般的である[2,3]。しかし、安全性及び低コスト化の観点から、KCN エッチングを必要としないプロセスの開発が望まれる。この様な背景の下、ソーラーフロンティアでは 2015 年に KCN エッチングプロセスを用いない方法で変換効率 14%（自社測定）を達成し[4]、更に、Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層の適用により本太陽電池の世界記録となる変換効率 15.5%（外部認証機関測定）を達成した[5]。今回は Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層に焦点を合わせ、バッファ層が Se フリーCu(In,Ga)S₂に与える影響について調査した。

【実験方法】Cu(In,Ga)S₂ 光吸収層及び Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層は、既報[4,5]のように製膜した。同一の光吸収層に対し、Mg 量を変更した 7 種類の Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層（x=0.13~0.50）を製膜し、それぞれ電池特性を測定することで Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層の Mg 量における電気パラメーターへの依存性を明らかにした。

【実験結果】図 1 から解るように、Mg 量を x=0.13 から増加させていくと徐々に変換効率が改善して行き、x=0.25 で最大値となった。しかし、x=0.3 以上の Mg 量になると短絡電流及び曲線因子が低下して、変換効率も悪化してしまうことが分かった。これらは、バッファ層と光吸収層との界面におけるバンドアライメントの変化に起因しており、Mg 量を増加させていく事で、界面の伝導帯バンドオフセットが“クリフ”から“スパイク”になり、キャリアの界面再結合を防いだことによるものと考えられる。

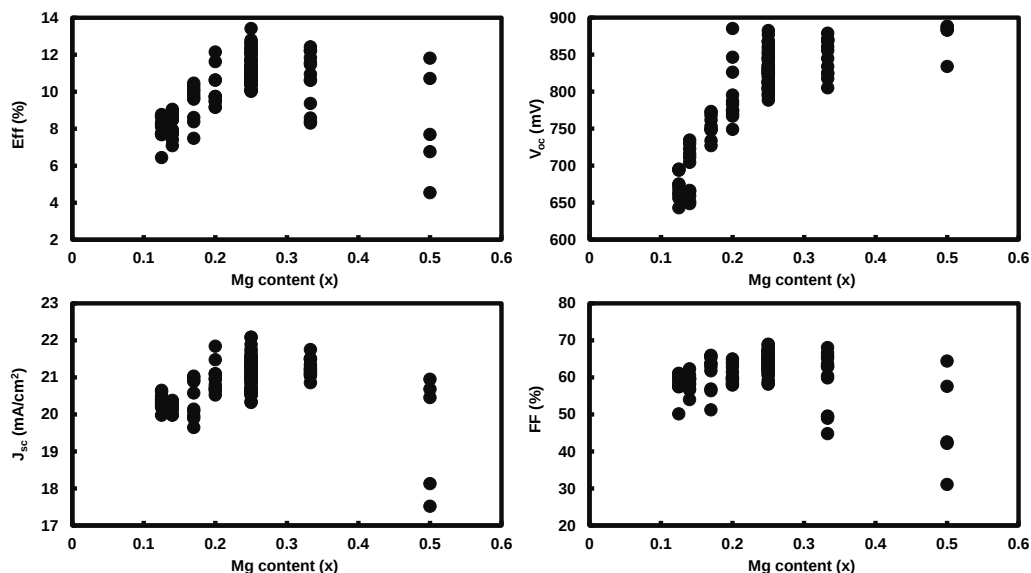


図 1 Zn_{1-x}Mg_xO バッファ層の Mg 量における電気パラメーターへの依存性

【参考文献】

- [1]R. Klenk et al., 34th IEEE PVSC (2009).
- [2]S. Merdes et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells 2011; 95: 864-869.
- [3]S. Merdes et al., 23rd EU PVSEC (2008).
- [4]H. Hiroi et al., IEEE Journal of Photovoltaics (2015), DOI: 10.1109/JPHOTOV.2015.2479470.
- [5]H. Hiroi et al., 42nd IEEE PVSC (2015).