セレンフリーCu(In,Ga)S2薄膜太陽電池の変換効率改善

Improvement of efficiency of Se-free Cu(In,Ga)S2 thin-film solar cells

°廣井 誉 1,2,3、岩田 恭彰 2,3 、杉本 広紀 2,3、山田 明 1

(1. 東工大院理工、2.昭和シェル石油、3. ソーラーフロンティア)

°Homare Hiroi^{1,2,3}, Yasuaki Iwata^{2,3}, Hiroki Sugimoto^{2,3}, Akira Yamada¹

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

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

【背景・目的】セレンフリー $Cu(In,Ga)S_2$ は、カルコゲナイド系薄膜太陽電池の中でも H_2Se ガスを用いずに作製可能である為、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。これらの $Cu(In,Ga)S_2$ 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り、更に、光吸収層のラフネスが大きい事も変換効率低減の要因となっている。従って、CuS 層を除去する目的で KCN エッチング及びバッファー層によるカバレッジを向上させる目的で CdS を用いるのが一般的である[2,3]。しかし、更なる低コスト化及び安全性の観点から、KCN 及び CdS 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、本研究では、高速昇温硫化により作製した光吸収層及び $Zn_{1x}Mg_xO$ を用いたバッファー層を組み合わせることで KCN 及び CdS を必要としないプロセスにおいてセレンフリー $Cu(In,Ga)S_2$ の変換効率の改善が明らかになった為、詳細を調査した。

【実験方法】プリカーサーとして、Mo コーティングされたガラス基板上に Cu,Ga,In をそれぞれスパッタ法によって堆積し、 H_2S ガスを用いて硫化することで Cu(In,Ga) S_2 光吸収層を作製した。今回、硫化時の昇温速度を 20C/min から 140C/min まで 4 条件変更する事で、昇温速度が電池特性に与える影響を調査した。また、同一条件で作製された光吸収層に対し、Mg 量を変更した 7 種類の $Zn_{1-x}Mg_xO$ バッファー層(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 $Zn_{1-x}Mg_xO$ バッファー層の 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が示すように、昇温速度を上げるほど全ての電気パラメーターが改善し、結果的に変換効率も向上した。これは、光吸収層内の金属組成の深さ方向プロファイルが変化する事で、キャリアのバルク内再結合が防がれた為であると推測される。また、図2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、バッファー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。

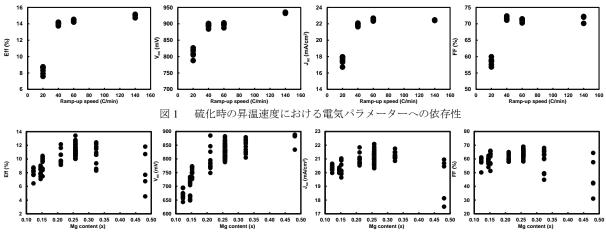


図 2 $Z_{n_1-x}Mg_xO$ バッファー層の Mg 量における電気パラメーターへの依存性

【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).