

$\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ 太陽電池におけるハイブリッドバッファ層の検討

Application of Hybrid Buffer Layers for $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ Solar Cells

○松尾寿大¹、廣庭大輔¹、酒井紀行²、加藤拓也²、杉本広紀²、峯元高志¹

(1.立命館大学 2.Solar Frontier 社)

○Nobuki Matsuo¹, Daisuke Hironiwa¹, Noriyuki Sakai², Takuya Kato², Hiroki Sugimoto² and Takashi Minemoto¹

(1. Ritsumeikan Univ., 2. Solar Frontier K.K.)

E-mail: ro0017hr@ed.ritsumeai.ac.jp

【はじめに】 $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ (CZTSSe)太陽電池の短波長感度向上および伝導帯不連続量(CBO)の最適化を目的として、スパッタリングによる(Zn,Mg)O(ZMO)バッファ層の検討を行った。しかし、CZTSSe 光吸収層上に ZMO を直接成膜した場合、スパッタリングダメージと高い反射率の影響により、CdS バッファ層を用いたセルと比較して太陽電池特性が顕著に低いことがわかった。そこで、これらの問題を解決するために、極薄の CdS と ZMO を組み合わせたハイブリッドバッファ層を導入すると共に、光学特性の最適化を行った。

【実験内容】 本研究で作製した CZTSSe 太陽電池の構造は、Al/ZnO:Al(AZO)/ZMO/CdS/CZTSSe/Mo/ソーダライムガラス(SLG)のサブストレータ構造である。また、本研究では、ソーラーフロンティア社で作製された CZTSSe/Mo/SLG 基板を用いた。ハイブリッドバッファ層の最適な設計をするために、スパッタリングダメージをフォトルミネッセンス(PL)で評価し、ZMO 成膜時のスパッタリングダメージの影響を受けない CdS の最小膜厚を求めた。また、光学設計の最適化のため、光学シミュレーションソフト:TFCalc ver.3.5 を用いて、反射率が最小となる MgF_2 および AZO の膜厚を求めた。

【結果と考察】 図 1 より、CZTSSe 上に直接 ZMO を成膜したセルは、スパッタリングダメージおよび反射率の影響によって、CdS を 50nm 成膜したセルに対して外部量子効率が著しく低下していることがわかった。ハイブリッドバッファ層の CdS の膜厚を変化させたセルを数種類作製し、それぞれのセルの PL、内部量子効率を評価した結果、CdS の厚みが 20nm 以上でスパッタリングダメージを極力低減できることがわかった。また、光学シミュレーションと実デバイスでの実験結果より MgF_2 は 100~120nm の範囲で反射率を最小にできることがわかった。これらの結果を踏まえて、ハイブリッドバッファ層である ZMO/CdS 20nm を用いた太陽電池セルを作製し、AZO 上に反射防止膜(ARC)として MgF_2 を 120nm 成膜した。その場合の外部量子効率を図 2 に示す。ハイブリッドバッファ層を採用することで、500nm 以下における外部量子効率が CdS を 50nm 成膜したセルに対して向上した。また、スパッタリングダメージ抑制・光学設計の最適化を行ったため、500nm 以上の波長域において CdS を 50nm 成膜したセルと同様の外部量子効率を得ることができ、結果として、短絡電流密度が増加した。

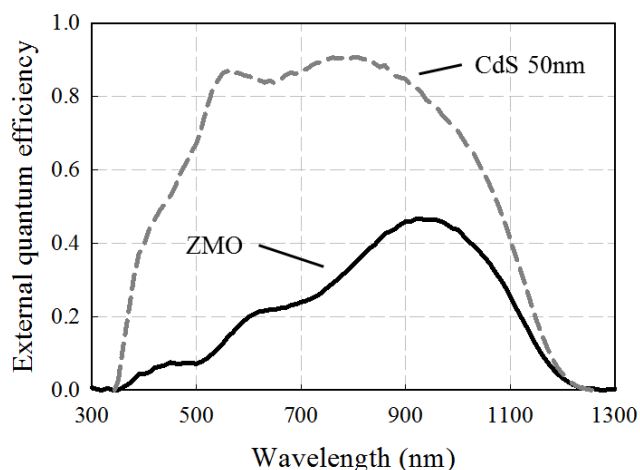


図 1. ZMO と CdS 50nm の外部量子効率

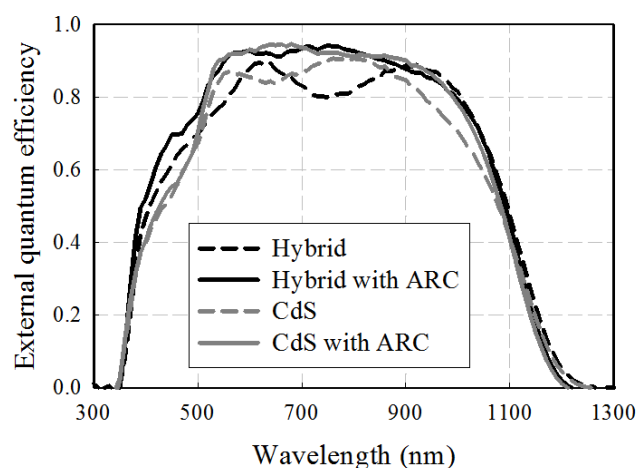


図 2. ハイブリッドバッファ層と CdS50nm の MgF_2 成膜前後の外部量子効率

【謝辞】

本研究は、NEDO の“太陽光発電システム次世代高性能技術の開発 CIS 系薄膜太陽電池研究開発”の助成を受けたものである。関係各位に深く感謝致します。