

低温製膜における単傾斜構造を有する

Cu(In,Ga)Se₂ 薄膜太陽電池の界面価電子帯制御による高効率化Highly efficient Cu(In,Ga)Se₂ solar cells with a single graded band profile by control of the valence band offset at low temperature deposition○荻原 知寛¹、サドノ アディユダ¹、山田 明^{1,2} (1.東工大理工院、2.東工大 PVREC)○T. Ogihara¹, A. Sadono¹, A. Yamada^{1,2}

(1.Dept. Physical Electronics, Tokyo Tech, 2.Photovoltaics Research Center, Tokyo Tech)

E-mail: ogihara.t.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) 太陽電池は、変換効率 20%以上を達成しており、高効率な薄膜太陽電池として注目を集めている。本研究ではこれまで、平均禁制帯幅 $E_g(\text{avg})=1.15\text{eV}$ の単傾斜構造を有する CIGS 太陽電池において、CdS/CIGS 界面に価電子帯オフセット $\Delta E_v=0.3\text{eV}$ の表面層を挿入することにより、変換効率が向上することを明らかにしてきた^[1]。このような単傾斜構造は、3 段階法において低温製膜で生じる狭バンドギャップ領域の問題を解決することができると期待される。そのため、今回はフレキシブル基板を念頭に低温製膜において単傾斜構造を用い、高効率化が得られるかどうかを実験において明らかにした。

【実験方法】Mo 付き青板ガラス (SLG) 基板上に、450℃以下で三段階法を用いて CIGS 吸収層を製膜した。その後 CIGS 製膜温度を保ちながらその上に表面層として、組成比が Cu:In,Ga:Se=1:3:5 となるように Cu フラックスを調整し、135 層を 10nm 程度製膜した。

【結果と考察】図 1 に低温で製膜した単傾斜構造を有する CIGS 太陽電池 (135 層有り無し) および、二重傾斜構造を有する CIGS 太陽電池の J-V 特性を示す。単傾斜構造において $\text{Eff}=12.5\%$ ($V_{\text{OC}}=0.52\text{V}$, $J_{\text{SC}}=38.4\text{mA}/\text{cm}^2$, $\text{FF}=63.2$)、135 層を有する単傾斜構造において $\text{Eff}=14.5\%$ ($V_{\text{OC}}=0.57\text{V}$, $J_{\text{SC}}=37.0\text{mA}/\text{cm}^2$, $\text{FF}=69.9$)、二重傾斜構造において $\text{Eff}=13.4\%$ ($V_{\text{OC}}=0.54\text{V}$, $J_{\text{SC}}=37.9\text{mA}/\text{cm}^2$, $\text{FF}=66.0$) が得られた。一般的に、単傾斜構造では表面側に向かって禁制帯幅が狭いため、二重傾斜構造と比べて短絡電流密度が高くなる。一方、二重傾斜構造では、表面の傾斜によって再結合が抑制され、高い開放電圧が得られる。従って単傾斜と二重傾斜では、二重傾斜構造を有する CIGS 太陽電池の方が変換効率は高い。しかし、低温製膜においても、単傾斜構造に 135 層を挿入することにより開放電圧が向上し、二重傾斜構造を超える高い変換効率の実現できることが分かった。これは表面ならびに粒界の界面において、135 層と CIGS との間で価電子帯の不整合が生じ (ΔE_v)、正孔の追い返しにより再結合が抑制されたためであると考えられる。この結果から、135 層を有する単傾斜構造 CIGS 太陽電池は、低温製膜に応用可能であり、高効率化に効果があることが明らかとなった。

【謝辞】本研究は、NEDO の支援により実施された。

[1] 荻原 他 第 62 回応用物理学会秋季学術講演会
名古屋 2015 年 9 月

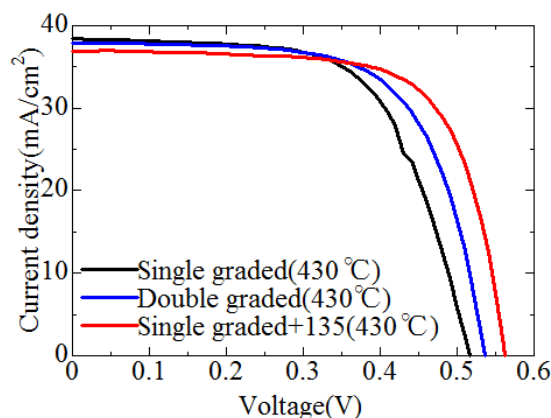


Fig.1 J-V Characteristic of fabricated solar cell (450°C)