

## Cu(In,Ga)S<sub>2</sub> におけるスタック型 Cu-Ga/In プリカーサ組成に関する研究

### Study of the composition of the stacked Cu-Ga/In precursor in Cu(In,Ga)S<sub>2</sub>

東京科学大学工学院, <sup>○</sup>(D)鈴木 陽太, 小林 広夢, 西村 昂人, 山田 明

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Science Tokyo, <sup>○</sup>Yota Suzuki, Hiromu Kobayashi, Takahito Nishimura, Akira Yamada

E-mail: suzuki.y.dy@m.titech.ac.jp

【はじめに】Cu(In,Ga)S<sub>2</sub> (CIGS)太陽電池は In・Ga 比を調整することで、バンドギャップ ( $E_g$ ) を 1.5~2.4 eV に制御することができ、タンデム太陽電池のトップセルへの応用が期待されている。しかし、現在報告されている CIGS 太陽電池の変換効率は理論値と大きく乖離しており、更なる効率の向上が求められる。

一般的に CIGS 光吸収層は、Cu-Ga-In 金属プリカーサを硫化することで作製される。我々はこれまで、プリカーサは Cu、Ga、In を同時蒸着するよりもスタック型 Cu-Ga/In として作製したほうが、より平坦な膜が得られることを明らかにしてきた。本研究では、下地の Cu 及び Ga の比率を変化させ、その時のプリカーサや CIGS 膜の調査を行ったので報告する。

【実験方法】金属プリカーサは、Mo 付き SLG 基板上に蒸着法によって、先に Cu 及び Ga を、その後 In のみを製膜しスタック型 Cu-Ga/In プリカーサを作製した。この時、 $[Ga]/([Ga]+[Cu])$  (GGC)比を 0.10~0.49 で変化させ、 $[Cu]/([In]+[Ga])$  (CGI)比を  $0.80\pm 0.07$  で固定した。その後、粉末硫黄を用いて硫化を行い、CIGS 膜を形成した。作製した CIGS 膜は PL 及び EDS 測定を行った。

【結果と考察】Fig. 1 に、532 nm の YAG レーザーを使用して行った CIGS 膜の PL 測定結果を示す。CuInS<sub>2</sub> の光吸収係数を考慮すると、レーザー光の侵入長は 70 nm 程度であり、PL 測定は CIGS 膜表面の状態を表している。PL ピークのエネルギー位置はそれぞれ 1.56、1.51、1.51、1.54、1.82 eV となった。これらの値の変化は、GGC 比に伴った CIGS 膜表面の  $E_g$  に対応した発光エネルギーに起因するものと考えられる。このことから、GGC 比 0.10~0.40 では硫化後も Ga は表面まで拡散せず、裏面側に留まっていると考えられる。一方、GGC 比 0.49 では  $E_g$  の増加が見られたことから、Ga が表面まで拡散したと考えられる。Fig. 2 は EDS で測定した CIGS 膜断面の元素分布プロファイル

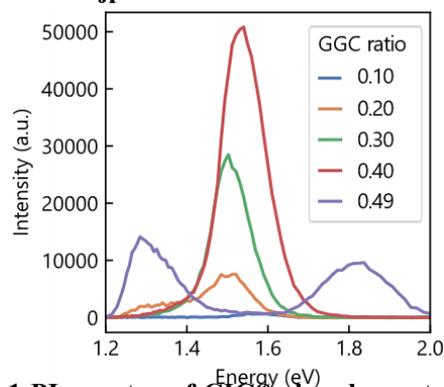


Fig. 1 PL spectra of CIGS absorbers at GGC ratios of 0.10~0.49.

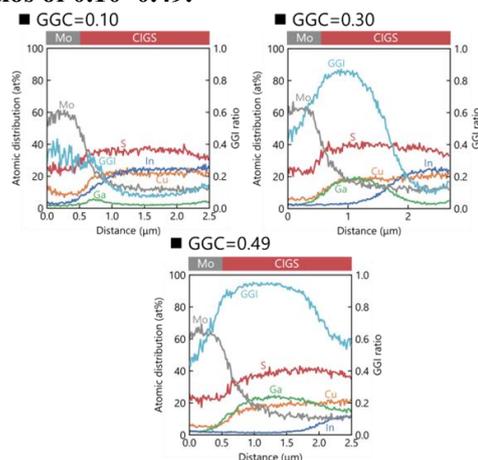


Fig. 2 The elemental depth-profile of CIGS absorbers on Mo-coated SLG at GGC ratios of 0.10, 0.30, and 0.49.

表している。GGC 比 0.10、0.30 では、CIGS 表面の Ga 濃度が低いことが分かる。これは、GGC 比が増加しても  $E_g$  が 1.5 eV のままだった PL の結果と一致している。一方で、GGC 比の増加に伴い、裏面側の Ga 濃度は増加することが分かった。さらに、GGC 比 0.49 では表面の Ga 濃度が 15%程度まで増加したことが分かった。このため、PL で見られた  $E_g$  の増加は Ga が表面まで拡散したためと考えられる。以上の結果を受け、CGI=0.80 (GGC=0.40) では変換効率 7.7%、CGI=0.90 (GGC=0.30) では 10.0%の太陽電池が得られている。

【謝辞】本研究は NEDO からの支援を受け実施された。関係各位に感謝いたします。