

高効率 Cu(In,Ga)Se₂ 太陽電池のための禁制帯グレーディング制御

Control of bandgap grading for highly efficient Cu(In,Ga)Se₂ solar cells

筑波大学¹、産総研²、[○]安藤佑太¹、Xia Hao¹、Muhammad Monirul Islam¹、

石塚尚吾²、柴田肇²、秋本克洋¹、櫻井岳暁¹

Univ. of Tsukuba¹、AIST²、[○]Yuta Ando¹、Xia Hao¹、Muhammad Monirul Islam¹、

Shogo Ishizuka²、Hajime Shibata²、Katsuhiro Akimoto¹、Takeaki Sakurai¹

E-mail: s1620320@u.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

Cu(In_{1-x}Ga_x)Se₂(CIGS)太陽電池はGa組成比 $x(\text{GGI})=\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ を変化させることで禁制帯にグレーディングを導入することが可能である。従って、CIGS 薄膜の膜厚方向に GGI 比を制御することで単傾斜禁制帯構造や V 字の構造をもつ二重傾斜禁制帯構造が形成できる。単傾斜禁制帯構造は裏面に向かって禁制帯幅が大きくなり、電子に対して電界がかかり空乏層にたどり着きやすくなり、短絡電流が向上する。二重傾斜禁制帯構造は表面側でわずかに伝導帯を上げることで開放電圧も向上し高効率化が期待できる。本研究では最適な禁制帯グレーディング制御を目指し CIGS 薄膜表面付近の禁制帯グレーディングを制御した試料を作成し太陽電池特性の比較を行った。

【実験方法】

Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)薄膜は MBE 装置を用いて、多源蒸着法の一種である三段階法で製膜した。三段階法は第一段階と第三段階で In、Ga、Se を、第二段階で Cu、Se を照射する。この方法で製膜すると、GGI 比の膜厚方向分布は二重傾斜禁制帯構造となる。本実験では第三段階での In と Ga の照射量を GGI=0.4~0 の範囲で変えることで、表面付近で禁制帯グレーディング制御を行った。製膜した試料について、太陽電池特性を比較し、その変化要因を考察する。

【実験結果】

製膜した試料は①第三段階で第一段階と同じ In、Ga 照射量を用いたもの、②第三段階で In の照射量を増加させたもの、③第三段階で Ga の照射なし、の三種類である。Figure 1 に SIMS による Ga と In の濃度の深さ分布を示す。CIGS 薄膜表面付近の GGI の制御ができることがわかる。AM1.5G、25°C、1 Sun 条件下で測定した太陽電池特性を Table I に示す。①~③の製膜条件の変化より太陽電池特性に変化が見られ、②で最も高い効率が得られた。これは、Jsc の向上と Voc の向上とのバランスが 3 条件の中で最適となったためと考えられる。当日はそのメカニズムを解明していく。

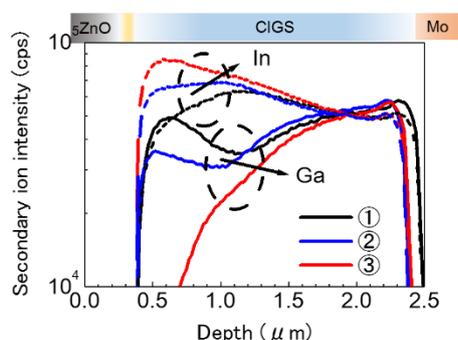


Figure 1. SIMS depth profiles of elemental Ga and In in CIGS layers.

Table I. Variations in solar cell parameters with GGI profiles shown in Fig.1.

Sample	$\eta(\%)$	Jsc(mA/cm ²)	Voc(V)	FF
①	17.6	31.0	0.726	0.78
②	18.5	32.9	0.715	0.79
③	17.9	36.7	0.664	0.74

【謝辞】 本研究は NEDO の支援により実施された。