

禁制帯グレーディング制御を行った Cu(In,Ga)Se₂ 太陽電池の再結合解析 IIAnalysis of recombination in Cu(In,Ga)Se₂ based solar cell with graded bandgap II筑波大学¹、産総研² ○安藤佑太¹、Shenghao Wang¹、Jingdong Chen¹、Muhammad Monirul Islam¹、石塚尚吾²、柴田肇²、秋本克洋¹、櫻井岳暁¹Univ. of Tsukuba¹、AIST²、○Yuta Ando¹、Shenghao Wang¹、Jingdong Chen¹、Muhammad Monirul Islam¹、Shogo Ishizuka²、Hajime Shibata²、Katsuhiro Akimoto¹、Takeaki Sakurai¹

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

【実験目的、方法】

Cu(In_{1-x}Ga_x)Se₂(CIGS)太陽電池は CIGS 膜中の Ga 組成比 $x(\text{GGI})=[\text{Ga}]/([\text{Ga}]+[\text{In}])$ を変化させることで伝導帯下部(CBM)のグレーディングを形成可能である。我々は膜表面の CBM グレーディングを制御した CIGS 太陽電池について再結合解析を行い、膜表面 CBM グレーディング制御が CIGS 界面の再結合を抑制する効果があることを報告してきた。¹⁾本研究では CIGS 膜内部の CBM グレーディングに着目し、再結合解析を行った。CIGS 薄膜は MBE 装置を用いて三段階蒸着法により製膜した。三段階蒸着法で作製した CIGS 薄膜は CBM グレーディングが二重傾斜を形成し、それぞれの段階の製膜時間を制御することで伝導帯レベルの下端となる位置を膜厚方向に制御した。照度依存開放電圧評価、温度依存開放電圧評価、SCAPS-1d による解析を行いキャリアの再結合の評価を行った。

【実験結果】

Figure 1.に製膜した試料の SIMS による Ga と In の深さ分布を示す。伝導帯レベルの下端の位置が深さ方向に制御できていることが確認できる。Figure 2.の温度依存開放電圧評価の結果から再結合の活性化エネルギーが求まり、Figure 3.に示す照度依存開放電圧評価と合わせて再結合過程を界面 R_0^i 、空乏層 R_0^d 、バルク R_0^b の3つの領域に分離した。求めた再結合パラメータと AM1.5G、25°C、1Sun 条件下で測定した太陽電池特性を Table I に示す。 R_0^i が最も高いのは(1)、 R_0^b が最も高いのは(3)となり、再結合速度は伝導帯レベルの下端となる位置で増加することが分かる。したがって、伝導帯レベルの下端の位置を制御することで界面再結合を抑制でき、その位置の膜質を改質することで太陽電池の特性を向上させることができると考えられる。当日は、再結合過程について SCAPS-1d による解析と合わせて発表する。

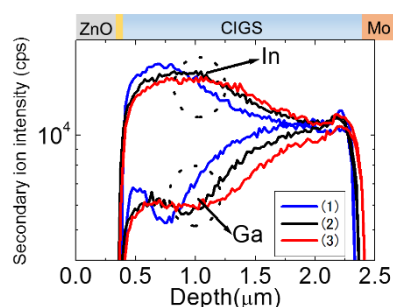


Figure1. SIMS depth profiles of elemental Ga and In.

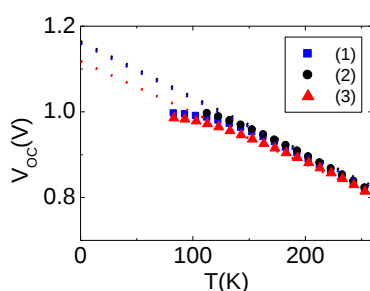
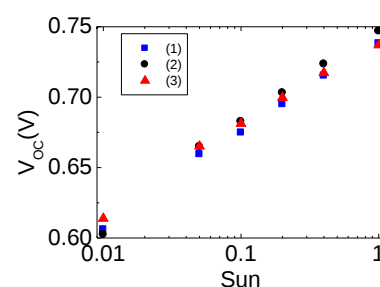
Figure2. Temperature dependent Voc
Voc measured under one-Sun light-intensity.Figure3. Light-intensity dependent
measurement at 300K

Table I . Variations in solar cell parameters with growth timing.

sample	η (%)	Jsc (mA/cm ²)	Voc (V)	FF	R_0^i (cm ² s ⁻¹)	R_0^d (cm ² s ⁻¹)	R_0^b (cm ² s ⁻¹)
(1)	19.1	32.7	0.742	0.79	2.2×10^4	5.0×10^9	3.9×10^4
(2)	19.9	33.3	0.756	0.79	9.4×10^3	8.4×10^9	2.9×10^4
(3)	19.7	33.5	0.748	0.79	1.5×10^4	2.3×10^9	4.5×10^4

【謝辞】 本研究は NEDO の支援により実施された。

【参考文献】 (1)安藤佑太 *et al.* 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6p-PA5-1