Epitaxial Cu(In, Ga)Se_2 結晶成長における Cu/III 族比依存性

Epitaxial growth of Cu(In, Ga)Se_2 layers on GaAs substrates by MBE

産総研太陽光発電研究センター　°西永 慈郎，菅谷 武芳，柴田 肇，仁木 栄
AIST, °Jiro Nishinaga, Takeyoshi Sugaya, Hajime Shibata, Shigeru Niki
E-mail: jiro.nishinaga@aist.go.jp

はじめに： Cu(In, Ga)Se_2 (CIGS)太陽電池は光吸収係数・変換効率が共に高く、低コスト・高効率太陽電池として期待されている。CIGS 太陽電池は青板ガラス基板上に作製され、多結晶 CIGS 薄膜を光吸収層として利用するが、さらなる高効率化のためには、結晶粒および結晶粒界それぞれの基礎的物性を理解することが重要である。そこで高品質結晶が得られる Epitaxial 成長技術を利用し、CIGS 結晶成長および太陽電池特性に関する Cu/III 族比(CGI)依存性について調査した。

実験結果と考察：MBE 法により GaAs(001)基板上に Epitaxial CIGS 薄膜を成膜させた。基板温度 550℃にて Ga 組成(GGI) 0.7 から 0.3 へと変化させ、Ga 濃度勾配を有する CIGS 薄膜を 2.2μm 成膜し、その後 InGaSe 層 50nm を成膜させた。CIGS 成膜中に NaF を添加し、CIGS 成膜後に基板温度 350℃にて KF 処理(KF-PDT)を行った。RHEED 観察により CGI<1.0 (Cu poor)条件下では、CIGS 表面に{112}ファセットが形成され、表面平坦性が低下することがわかった。一方、CGI=1.0 条件下はストリークパターンを示し、SEM 観察のおいても平坦性が高いことがわかった。図 1 に SIMS 測定による Na・K イオン濃度分布を示す。CGI<1.0 の CIGS は Na 濃度が 10^{19} cm^{-3} 程度であるが、CGI=1.0 の CIGS 薄膜は Na 濃度が 10^{18} cm^{-3} であった。これは CGI=1.0 条件下にて Cu 空孔(V_{Cu})が消失し、Na の飽和溶解度が減少するためと考えられる。K 濃度に関しては、表面の Cu poor 層のみに K イオンが添加される。図 2 に CIGS 太陽電池の時間分解 PL および変換効率を示す。CGI:0.85 の CIGS 太陽電池は高い変換効率を示すが、蛍光寿命は短く、結晶欠陥の存在が示唆される。一方、CGI=1.0 の CIGS 太陽電池は長い蛍光寿命を示すが、低い開放電圧のため変換効率は低下することがわかった。これは V_{Cu} の消失および Na 添加による V_{Cu} の不活化によって、CIGS 層のホール濃度が減少したためであり、ドーピング等によるアクセプタ濃度の増大が必要と考えられる。

謝辞：Cu rich 条件下における CIGS 結晶成長について、東京工業大学工学院山田明教授より御指導及び御助言をいただいた。 本研究は経済産業省「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業」により実施されたものである。関係各位に感謝致します。

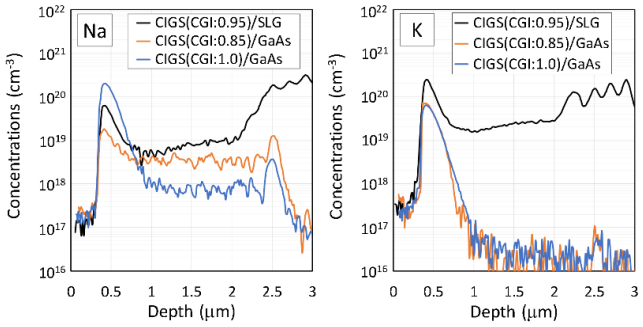

図 1. SIMS 測定による Na, K 濃度分布

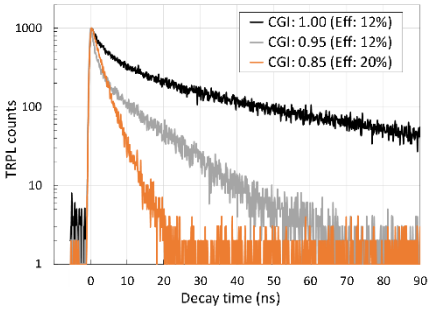

図 2. CIGS 太陽電池の時間分解 PL