

Ag 前駆体層による低温成長 CIGSe 太陽電池の性能向上

Performance Enhancement of Low-Temperature Grown CIGSe Solar Cells Using Ag Precursor Layers

東京科学大学 工学院¹ (D)阿部 鷹介¹, 西村 昂人¹, 山田 明¹

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Institute of Science Tokyo.¹ °Yosuke Abe¹, Takahito Nishimura¹, Akira Yamada¹. E-mail: abe.y.bc@m.titech.ac.jp

1. はじめに

Cu(In,Ga)Se₂ (CIGSe) は、高い光吸収係数と禁制帯幅の変可性 (1.00 eV – 1.68 eV) を特徴に持ち、太陽電池として 23.6%の変換効率が達成されている。一方、近年 CIGSe 太陽電池の変換効率向上は停滞し、さらなるブレイクスルーには CIGSe 太陽電池の両面受光化やタンデム化が必要である。両面受光化時には透明導電膜上、二端子タンデム作製時にはボトムセル上へ CIGSe 層を形成するが、この時、高温プロセスによる下地へのダメージや異相形成が問題とされている。これに対し、Ag 添加による CIGSe 層の低温成長が研究されている。Ag(In,Ga)Se₂ は CIGSe と比較し 200 °C 程度低い融点を持つため、低温下における結晶成長促進が可能である。さらに、Ag 添加によって再結合中心となる In_{Cu} や Ga_{Cu} 等の深いドナー欠陥のパッシベーションが実現でき、低温製膜時の CIGSe バルク品質向上に寄与することが期待される。

本稿では、Ag を前駆体層として CIGSe 層へ導入し、低温製膜時の Ag 添加による CIGSe 膜特性および太陽電池特性に与える効果を系統的に評価したので報告する。

2. 実験方法

Mo 付きソーダライムガラス基板上に厚さ 10 nm の Ag 前駆体層を蒸着によって堆積した。続いて、分子線エピタキシー装置を使用し、3 段階法によって Ag 添加 CIGSe 薄膜を作製した。この時、2・3 段階目の基板温度を 600、475、350 °C とした。CIGSe 薄膜の品質はフォトルミネッセンス法 (PL)、時間分解 PL (TRPL) によって評価し、X 線回折法 (XRD) によって結晶構造を解析した。また、膜表面・断面の観察及び組成測定には走査電子顕微鏡及びエネルギー分散型 X 線分光法を使用した。

さらに、CIGSe 層上への化学浴堆積法による CdS 層、有機金属化学気相成長法による i-ZnO 層及び

ZnO:B 層、蒸着法による Al 電極の製膜により、太陽電池を作製した。太陽電池特性の評価には、電流密度–電圧測定、容量–電圧測定、外部量子効率測定を使用した。

3. 結果および考察

Fig.1(a)に、TRPL 測定によって算出した基板温度に対する実効ライフタイムを示す。ここで、TRPL 測定は PL 測定によって観測されたバンド端発光に対応する波長を使用した。基板温度低下に伴い実効ライフタイムは減少しており、Ag 添加なしの基板温度 350 °C で作製した CIGSe においては、発光が観測されなかった。また、全ての基板温度において Ag 添加による実効ライフタイムの増加が確認でき、In_{Cu} や Ga_{Cu} に対するパッシベーション効果が発揮されたと考えられる。Fig. 1(b)は XRD において観測したカルコパイライト構造の(112)面に対応するピークの半値幅 (FWHM) である。基板温度 600 °C では Ag 添加による変化は見られないが、475 °C、350 °C の低温製膜時には、Ag 添加により半値幅が減少し、結晶成長が促進されたことを示している。この結果、基板温度 350 °C で作製した Ag 添加 CIGSe において、15.3%の変換効率が実現されている。

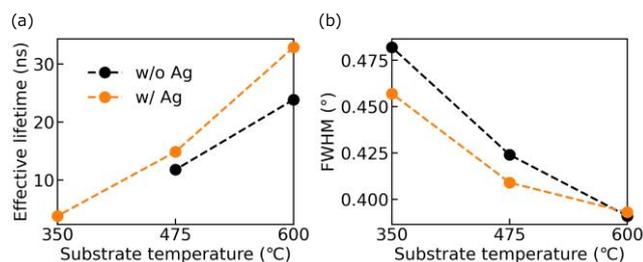


Fig.1 Variation in (a) effective lifetime and (b) FWHM for (112) plane with substrate temperature.

謝辞

本研究は国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の支援を受けており、関係各位に感謝いたします。