NaF 層を用いた多段階蒸着法による CZTS 薄膜太陽電池の高効率化

Improving the performance of CZTS thin-film solar cells by multistage coevaporation with NaF precursor layers

豊田中研 [1]，長岡高専 [2]，CREST, JST [3]
三瀬貴寛 [1]，○田島伸 [1]，深野達雄 [1]，樋口和夫 [1]，鷲尾司 [2,3]，神保和夫 [2,3]，片桐裕則 [2,3]
Toyota CRDL [1], National Institute of Technology, Nagaoka College [2], CREST, JST[3]
T. Mise [1], ○S. Tajima [1], T. Fukano [1], K. Higuchi [1], T. Washio [2], K. Jimbo [2], and H. Katagiri [2,3]
E-mail: e0954@mosk.tytlabs.co.jp

はじめに　次世代の低コスト化合物系太陽電池材料としてケステライト系 $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ 薄膜に関心が集まっている。ケステライト層の作製方法としては、低温で堆積した金属系プリカーサを 500℃以上の高温で大気圧硫化(セレン化)する 2 工程が一般的になっている。

前回我々は環境負荷が低い Cu_2ZnSnS_4(CZTS)に着目し、1 工程で直接薄膜を形成する手法として分子線エピタキシー装置による多段階蒸着法を提案した[1,2]。今回、500℃以下の比較的低温で 1 時間程度の簡易な成膜プロセスで NaF 積層 Mo 電極膜上へ CZTS 薄膜を直接形成し、5%以上の変換効率が得られた CZTS セルの特性とポテンシャルについて報告する。

実験方法および結果と考察　CZTS(膜厚 600~700 nm, Cu/(Zn+Sn)=0.70~0.77, Zn/Sn=1.6~1.8)薄膜は成膜プロセス後半で Cu 蒸気フラックスの供給を停止する 2 段階蒸着法[1]により NaF(0~40 nm)/Mo/青板ガラス(SLG)基板上に基板温度 T_{sub} = 450–470℃(一定)で直接成長させた。真空中での再蒸発対策として成膜終了後、基板を(Zn–Sn–S)、(Zn–S)および S 蒸気中で連続的に冷却した。Fig. 1 に光照射時の電流密度–電圧(J–V)特性を示す。Na 層を挿入することで開放電圧 V_{oc} と曲線因子 FF が改善することが判った。特性改善の理由は結晶性の改善ではなく、NaF 層上に形成した CZTS 膜中の Na 濃度増加が主因であり、現状の MBE 成膜温度（470℃以下）では SLG 基板からの Na 熱拡散が不足すると結論した。詳細な薄膜物性とデバイス特性は当日報告する。アルカリ金属の添加手法および添加量の最適化によりプリカーサ高温硫化セルと同等の太陽電池特性が期待できる。

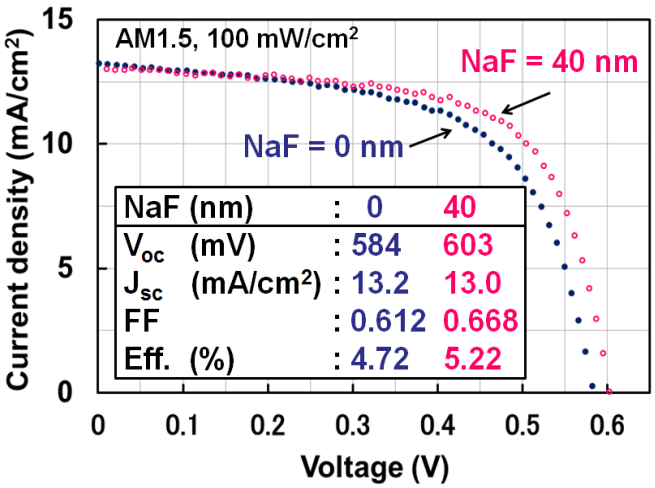

Fig. 1. J–V curves of coevaporated CZTS thin -film solar cells fabricated with and without NaF layers.

謝辞　本研究の一部は CREST「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術創出」の助成による。

参考文献　[1] 三瀬、田島、深野、樋口、鷲尾、神保、片桐、第 75 回秋季学術講演会(北大)18p-A28-8. [2] T. Mise, et al., J. Vac. Sci. Technol. A 33 (2015) 021206.

© 2015年 応用物理学会