

Cu₂SnSe₃-ZnSeによるCu₂ZnSnSe₄太陽電池

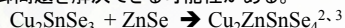
Kim, Kang Min・反保衆志・柴田肇・松原浩司・仁木栄
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム

研究の目的

Cu₂ZnSnSe₄ (CZTSe)とは、バンドギャップ = ~1.0 eV、光吸収係数 ($\alpha > 10^4$ cm⁻¹)であり、高効率薄膜太陽電池の作製が期待でき、かつ希少金属を含まないために安価に製造できる次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として注目されている。

従来のCZTSe太陽電池の光吸収層の作製にはCu、Sn、Znなどの金属単体や二元系カルコゲナイド (CuSe、SnSe、ZnSeなど) がプリカーサーとして用いられている。それらのプリカーサーによるCZTSe形成の反応は複雑であるため膜の組成及び異相の制御は困難である。

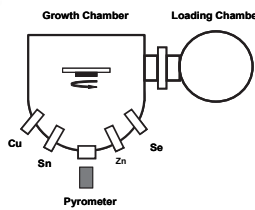
従って、CZTSe形成する最終の反応物質をプリカーサーとして用いることで組成及び異相の制御問題を解決できる可能性がある。¹



本研究では、Cu₂SnSe₃とZnSeをプリカーサーとして用いて作製したCZTSe太陽電池の特性を調べる。

実験

Schematic drawing of CTSe&ZnSe growth MBD



成膜条件

成膜温度: 340-375°C

膜厚: ~1 μm

Se vapor pressure > 4 × 10⁻⁸ Torr

熱処理条件

熱処理温度: 500°C

雰囲気: SnSe₂+Se

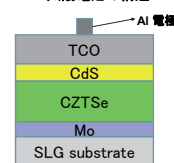
プリカーサー1



プリカーサー2

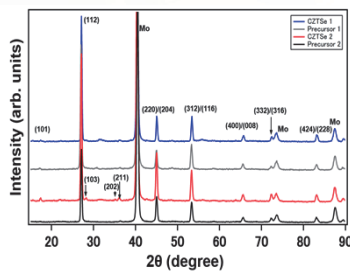


CZTSe太陽電池の構造

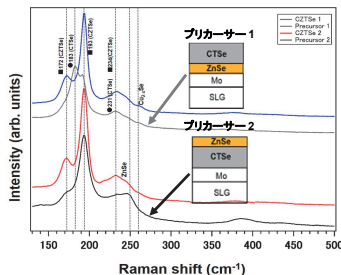


結果及び考察

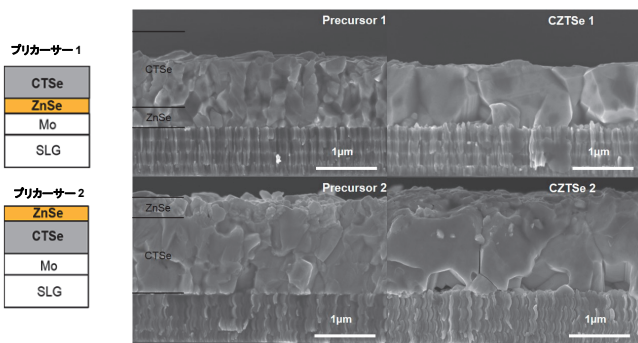
X線回折パターン



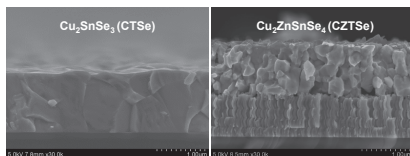
Raman spectra



プリカーサー及び熱処理後のサンプルのSEM像



同時蒸着法によりほぼ同条件で作製されたCTSeとCZTSe薄膜の粒径の比較

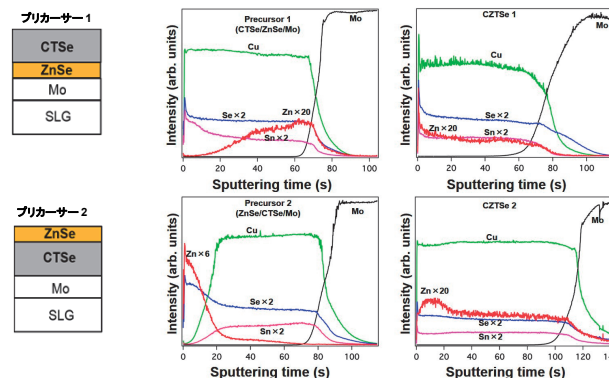


XRFIによる組成分析

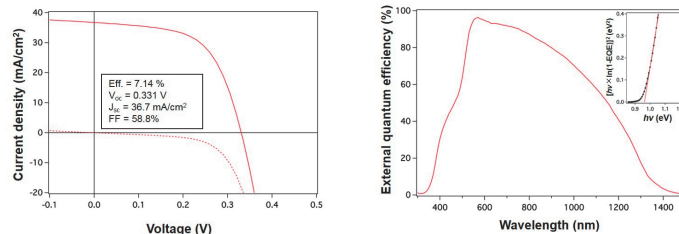
K. M. Kim et al., Appl. Phys. Express 8, 042301 (2015)

Sample	Cu (at%)	Zn (at%)	Sn (at%)	Se (at%)	Cu/(Zn+Sn)	Zn/Se
Precursor 1 (CTSe/ZnSe/Mo)	27.3	7.6	15.3	49.8	1.19	0.50
CZTSe 1	26.3	8.3	12.2	53.2	1.28	0.68
Precursor 2 (ZnSe/CTSe/Mo)	23.9	14.1	12.2	49.8	0.91	1.16
CZTSe 2	23.6	13.3	11.5	51.6	0.95	1.16

GD-OESIによるデプスプロファイル



プリカーサー2を用いたCZTSe太陽電池特性



結論

1. CTSe-ZnSeプリカーサーを用い熱処理によりCZTSeを作製し、その物性と太陽電池特性を調べた。
2. CTSe/ZnSe/Mo (precursor 1)では成長中Znの再蒸発により組成制御が困難であり、良好なCZTSe太陽電池の特性が得られなかった。
3. ZnSe/CTSe/Mo (precursor 2)を用いたCZTSe薄膜は大きな粒径が形成され、かつCu不足、Zn過剰の組成領域を制御可能であった。
4. プリカーサー2で作製したCZTSe太陽電池は変換効率7%を達成した。

参考文献

1. K. M. Kim et al., Appl. Phys. Express 8, 042301 (2015).
2. Hergert et al., Thin Solid Films 515, 5953 (2007).
3. Wibowo et al., Chem. Phys. 124, 1006 (2010).

謝辞

本研究の一部は、経済産業省のもと、NEDO技術開発機構から委託され、実施されたものである。