

## 電気化学インピーダンス法を用いた CIGS 太陽電池作製時におけるスパッタダメージの定量評価

Quantitative evaluation of sputtering damage for CIGS solar cells by impedance spectroscopy

東京理科大学 理工学部 / 総合研究機構

杉山睦, 坂倉秀徳, 張紹偉, 近藤良紀, 村上優行, 板垣昌幸

Faculty of Science and Technology/RIST, Tokyo Univ. of Science

M. Sugiyama, H.Sakakura, S.W. Chang, Y. Kondo, Y. Murakami, and M. Itagaki

E-mail: optoelec@rs.noda.tus.ac.jp

**【はじめに】** 電気化学インピーダンス法は、色素増感型太陽電池や有機 EL などに対する電気化学分野で既に普及しており、劣化・反応機構の解析やセル性能評価に用いられている[1]。類似する半導体電気測定評価法として、アドミタンス法や DLTS 法など、半導体の容量を測定する手法が既に知られている。これらの手法は、接合界面が平坦で電界が界面に対し垂直に発生する理論モデルの元に成り立っているが、CIGS 太陽電池や CZTS 太陽電池は界面に凹凸や欠陥のある多結晶を用いるため、必ずしも電界が pn 界面に垂直に発生するとは限らない。一方、インピーダンス法は、固体・液体界面の凹凸をあらかじめ考慮して検討されている評価法であるため、CIGS 太陽電池や CZTS 太陽電池などの多結晶積層系デバイスの界面評価に適している。また測定に際し、余計な電極や試料の加熱/冷却が不要であり、簡便で多くの情報が得られることもインピーダンス測定の魅力である。

これまで我々は、CIGS 太陽電池の構成各界面を簡便に評価する方法としてインピーダンス法を用い、CIGS 太陽電池に適用するためのバンドを考慮した等価回路を確立[2]した後に、CdS バッファ層の膜厚・均一性との相関[2]、CIGS/Mo 間の MoSe 層との相関[3]、放射線照射した CIGS 太陽電池の劣化する箇所の検討[4]等を調査してきた。今回は CIGS 太陽電池のバッファ層を RF スパッタ堆積する際、下地層にどの程度のダメージを与えるのか？を、インピーダンス法を用いて定量的に評価する事を試みた。

**【実験方法】** TCO/バッファ層/CIGS/Mo/SLG 構造の CIGS 太陽電池を試作した。バッファ層には、(i)RF スパッタ堆積した高抵抗 ZnO/CBD 堆積した CdS の積層、(ii) RF スパッタ堆積した高抵抗 ZnO のみ、(iii)  $O_2/(Ar+O_2)$  を変化させ RF スパッタ堆積したアモルファス Zn-Sn-O のみ、を用いた。得られた太陽電池に対し、室温暗条件下で、印加電圧を 10mV、周波数を 0.1Hz ~ 1MHz と変化させインピーダンスを測定した[2-4]。

**【実験結果及び考察】** 結果の一例として図1に各種バッファ層を用いた CIGS 太陽電池の CPE-p(界面理想係数)値を示す。p=1 が理想的な pn 界面を示す。インピーダンス測定によって、室温・非破壊かつ短時間(数十秒)で、(I)CIGS 薄膜の表面付近の結晶品質や膜の均一性に加えて、(II)Ar<sup>+</sup>プラズマが CIGS 表面に与える影響、(III)O<sup>-</sup>プラズマが CIGS 表面に与える影響、(IV)結晶(ZnO)系バッファとアモルファス(Zn-Sn-O)系バッファの比較による、転位系欠陥がセルに与える影響など、CIGS 太陽電池作製中のスパッタプロセス中に生じた欠陥を定量的に評価できる。

**【謝辞】** 本研究の一部は、東京理科大学 総合研究機構太陽光発電研究部門、およびグリーン&セーフティー研究センターの援助を受けた。

**【文献】** [1] E. Barsoukov & J. R. MacDonald *edit. Impedance Spectroscopy* (1987) Wiley. [2] Sugiyama *et al. Thin Solid Films* 535(2013)287. [3] 応物 12 秋 11p-H8-3. [4] MRS-13fall E19.46, 応物 13 春 28p-G4-9.

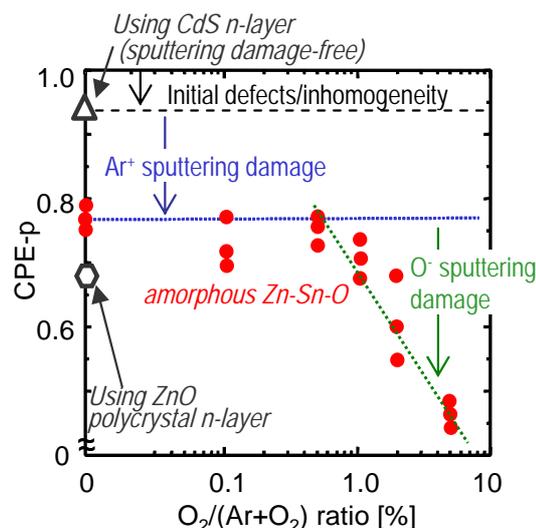


図 1. 各種バッファ層をスパッタ堆積した CIGS 太陽電池に対する pn 界面の CPE-p 値の変化