

プロトン照射した CIGS 太陽電池のインピーダンス特性

Impacts of Proton Irradiation on Impedance Spectroscopy Properties of CIGS Solar Cells

東理大 理工/総研 熊本高専

°杉山睦, シャロン・ジャスピン, 廣瀬維子, 坂倉秀徳, 米岡将士*, 角田功*, 高倉健一郎*, 板垣昌幸

Tokyo Univ. of Science, *Kumamoto National College of Technology

°M.Sugiyama, J.L.Sharon, Y.Hirose, H.Sakakura, M.Yoneoka*, I.Tsunoda*, K.Takakura*, 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測定法(EIS)は、メッキや燃料電池などの液体・固体に対する電気化学分野で既に普及しており、電極やセルの劣化・反応機構の解析やセル性能評価に用いられている[1]。インピーダンスは溶液内の物質の移動や電荷移動反応機構、電極の形状など様々な要素から決定され、反応解析などに対して有用な手段として知られている。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、理論モデルが半導体/金属界面もしくは半導体 pn 接合界面が平坦で、電界が界面に対し垂直に発生する仮定の元に成り立っている。実際 Si 系太陽電池や各種半導体デバイスは、単結晶もしくはエピタキシャル薄膜を用いることが多く、各界面が原子オーダーで平坦であるためこの理論が成立するが、CIGS 太陽電池は界面に凹凸や欠陥のある多結晶を用いるのが一般的であり、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、メッキや燃料電池など、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 太陽電池の界面評価に適していると考えられる。

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、(i)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の確立[2,3]、(ii)発電する/しない CIGS 太陽電池との相関[3,4]、(iii)CdS バッファ層の膜厚・均一性との相関[3,5]、(iv)CIGS/Mo 間の MoSe 層の有無との相関[6]等を調査してきた。界面現象の解釈は難しく、多面的な評価とによる総合的な解明が必要であると同時に、工学的に簡便・高速に評価する必要がある。今回はインピーダンス法を用いて、CIGS 太陽電池の「どこが」「どの程度」欠陥を有しているか・劣化しているかを簡便・高速に評価する技術を確立するため、CIGS 太陽電池にプロトンを照射し意図的に劣化させた試料にインピーダンス測定を試みた。

【実験方法】TCO/ZnO/CdS/CIGS/Mo/SLG 構造の典型的な CIGS 太陽電池を実験に用いた。プロトン照射量を $1 \times 10^{11} \sim 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ と、照射エネルギーを 30、100、200、380keV とそれぞれ変化させ、TCO、TCO/ZnO、TCO/ZnO/CIGS、TCO/ZnO/CIGS/Mo に照射した[7]。プロトン照射前後に交流印加電圧の振幅を 10mV、周波数を 10Hz ~ 1MHz と変化させインピーダンスを室温暗条件下で測定した[2-6]。

【実験結果及び考察】結果の一例として図1に CIGS 太陽電池の TCO のみ / pn 界面付近まで / セル全体にプロトンを照射したときの、照射量と pn 界面の容量成分(C_j)の変化を示す。セル全体のインピーダンスデータをフィッティングに伴う劣化が観察できた。このようにインピーダンス測定を CIGS 太陽電池に適応することによって、室温・非破壊かつ短時間(数十秒)で、観察したい界面の振る舞いを調査することができる。

【謝辞】本研究は原子力機構施設利用共同研究として行われた。本研究の一部は、東京理科大学 総合研究機構先端デバイス研究部門、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] MacDonald & Johnson: *Impedance Spectroscopy* (1987) Wiley, [2] 応物 11 春 27p-BT-5, [3] Sugiyama et al. TSF in press, [4] 応物 11 秋 30p-H-11, [5] 応物 12 春 16p-GP7-11, [6] 応物 12 秋 p-H8-3, [7] Hirose et al. JJAP 51(2012)111802.

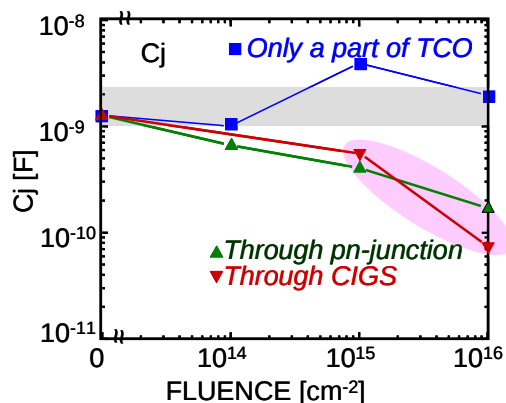


図 1. プロトン照射量・エネルギーに対する pn 界面の容量成分(C_j)の変化