

色素増感太陽電池の低温焼成法におけるプラズマ表面処理の効果解明



Investigation the cause of plasma treatment for low temperature annealed dye-sensitized solar cells

○(DC) 全 俊豪¹、小野 亮¹(1. 東大新領域)

○(DC) Shungo Zen¹, Ryo Ono¹ (1. The University of Tokyo)

E-mail: zen@streamer.t.u-tokyo.ac.jp

色素増感太陽電池(DSSCs: dye-sensitized solar cells)は低コスト次世代太陽電池として、注目されている⁽¹⁾。DSSCs は透明基板の上に多孔質構造の TiO_2 薄膜に増感色素を吸着させて発電する^(1,2)。これまで、プラスチック基板 DSSCs は、その低コスト、軽量性、フレキシブル性から盛んに研究されたが、 150°C までしか耐熱できないため、エネルギー変換効率はガラス基板 DSSCs に比べてかなり低かった。良質な多孔質構造の TiO_2 薄膜製作には 450°C の高温で焼成することが必要であるからである。この高温プロセスは材料に制約を強いている。基板や透明電極材料は高温に耐える必要がある。このような背景から、プラスチック基板でも高いエネルギー変換効率を実現しようと様々な低温焼成技術が研究されるようになった。本研究では低温焼成と紫外線照射を組み合わせで焼成したのち、低温プラズマ処理を加える手法で、プラスチック基板上に有機溶媒を使った高温焼成用酸化チタンペーストを用いた TiO_2 電極を製膜する技術を開発した⁽³⁾。

そこで本研究では、色素増感太陽電池の内部抵抗分析で良く用いられる電気インピーダンス分光法(EIS:Electrochemical Impedance Spectroscopy) を用いて、大気圧プラズマ表面処理時の TiO_2 電極のインピーダンスの変化を測定することで、新提案手法の具体的なプラズマ表面処理効果を解明していく。解析の結果提案手法の低温焼成法には 2 つの効果があることがわかった。一つ目は 500°C 度焼成時に起きたシート抵抗上昇によるフィルファクター低下を、提案手法を用いることで抑えることができたことがわかった。二つ目は提案手法を用いることで作成できる TiO_2 電極内での電子拡散長 L は $8.4\mu\text{m}$ 程度であり、過去に報告された 150°C 度焼成の TiO_2 電極は電子拡散長の 4 倍ほど長い、 500°C 度焼成法の L の $20\mu\text{m}$ には届いていないことがわかった。上記の二つの効果から TiO_2 電極の膜厚 $4\mu\text{m}$ の DSSC では提案手法の方が 500°C 度焼成時よりも高い変換効率を示し、 TiO_2 電極の膜厚 $11\mu\text{m}$ の DSSC では 500°C 度焼成時の方が提案手法より高い変換効率を示した以前の報告の結果を説明することができた。しかし、本手法で製作した TiO_2 電極の L はプラズマ処理で増加できることがわかっており、今後のプラズマ処理法の改良により L が $10\mu\text{m}$ 以上に伸ばすことができれば、本提案手法は従来手法である 500°C 度焼成以上の質の TiO_2 電極を作成することができる。

References

- 1) B. Oregan and M. Gratzel, *Nature*, **353**, 737 (1991).
- 2) M. Gratzel, *Nature*, **414**, 338 (2001).
- 3) S. Zen, Y. Ishibasi, and R. Ono, *Appl. Phys. Lett.*, **104**, 213904 (2014).