マイクロ波による急速加熱を利用した色素増感太陽電池の作製 Fabrication of dye-sensitized solar cells using a microwave heating technique 静岡大院工,[○]鈴木康介,池谷綾斗,奥谷昌之

Shizuoka Univ., ^OKosuke Suzuki, Ayato Iketani, Masayuki Okuya E-mail : tcmokuy@shizuoka.ac.jp

【諸言】

色素増感太陽電池の多孔質 TiO₂層を焼成する際、電気炉が一般に利用されているが、本研究ではマイクロ 波加熱に着目した。マイクロ波照射下で FTO 透明導電膜が誘電損失により発熱するため、TiO₂/FTO 界面で集 中的な発熱が起こる。この効果により、両層の密着性の向上や TiO₂粒子間のネッキングが促進され、太陽電 池特性の向上が期待される。本研究ではマイクロ波効果を利用した色素増感太陽電池の作製を検討した。

【実験方法】

ガラス基板上の FTO 層に多孔質 TiO₂ 層を低温 SPD 法で堆積し、TiO₂/FTO 積層構造膜を作製した。次に、 半導体式装置(富士電波工機㈱ FSU-201VP-04)を用い、出力 15-30 W のシングルモード電界を 3 min、および 12 min 照射し、TiO₂ 層の焼成を行った。焼成後の積層膜に N719 色素を吸着させて作用極を作製し、白金対 電極との間に I/I₃:電解液を注入してセルを組み立てた。セルの電池特性評価、および内部抵抗のインピーダ ンス測定は、擬似太陽光(AM-1.5 100 mW/cm²)照射下でそれぞれ実施した。¹⁾

【結果・考察】

各条件で作製された TiO₂層の表面形態を Fig. 1 に示す。出力 15 W、焼成時間 3 min で作製された膜(A)と 出力 30 W、焼成時間 3 min で作製された膜(C)を比較すると、(C)において TiO₂粒子間のネッキングの促進に よる粒径の増大が観測された。これはマイクロ波の出力の増加にともなう誘電損失の増大によって基板の温 度が上昇し、拡散が促進されたためと考えられる。一方、(C)と電気炉 600 °C、焼成時間 3 min で作製された 膜(E)を比較すると、表面形態に大きな変化は確認されなかった。



Fig. 1 Surface morphology of the porous-TiO₂ layer deposited by various sintering processes; microwave heating at (A) 15 W, 3 min, (B) 15 W, 12 min, (C) 30 W, 3 min, (D) 30W, 12 min, and a conventional electric furnace at (E) 600 °C, 3 min, (F) 600 °C, 12 min.

各焼成法で作製されたセルの電気化学インピーダン ス、および太陽電池特性の測定結果を Table 1 に示す。 ここでは、特に大きな変化が観測された R1 (FTO/多孔 質 TiO₂ 界面抵抗)、および R₂(TiO₂ 粒子間抵抗)を示 す。マイクロ波焼成において、出力が 15 W から 30 W へ増加するにつれ、セルの内部抵抗が低下した。また、 30 W のマイクロ波照射により作製したセルと電気炉 600 ℃ で作製したセルを比較すると、前者の方が低い 内部抵抗を示し、短絡電流密度(Jsc)の上昇が確認され た。これはマイクロ波焼成による FTO 層の発熱により、 FTO 層と TiO2 層の密着性が向上するだけでなく、TiO2 粒子間での局所加熱によってネッキングが促進された ことを示唆している。この結果、マイクロ波焼成により 作製されたセルにおいて、電荷の再結合が抑制され、変 換効率(n)の向上へつながったと考えられる。特に焼成 時間3minにおいて、マイクロ波と電気炉の差が顕著で あり、マイクロ波加熱は焼成の初期段階で大きな効果が あることを確認した。

Table 1 Photovoltaic parameters of DSSCs prepared by a microwave heating. A conventional heating by an electric furnace was conducted as a reference. *The bracket shows the substrate temperature directly measured in a microwave irradiation.

	Microwave				Furnace	
Output (W)	15		30		-	
Temp. (°C)	(350)*		(600)*		600	
Time (min)	3	12	3	12	3	12
$R_1(\Omega)$	17	10	6	5	24	8
$R_2\left(\Omega ight)$	64	36	10	9	34	14
$J_{\rm SC}~({\rm mA/cm^2})$	7.4	11.5	12.7	12.4	8.1	12.1
η (%)	3.4	4.6	6.0	5.8	3.8	5.8

1) M. Okuya et al., J. Am. Ceram. Soc., Vol.101, pp.5071-5079 (2018).