

課題番号 : F-19-KT-0014
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 超高エネルギー密度、本質安全および長寿命な鉄-空気二次電池 Shuttle Battery の開発(1)
Program Title(English) : Development of Air secondary Battery with safety, ultra-high density energy and long-life (1)
利用者名(日本語) : 岩井裕、岸本将史、徐海元、中川大志
Username(English) : H. Iwai, M. Kishimoto, H. Seo, T. Nakagawa
所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科
Affiliation(English) : Graduate School of Engineering, Kyoto University
キーワード/Keyword : エネルギー関連、形状・形態観察、分析、固体酸化物形燃料電池、3D プリント

1. 概要

エネルギー需要の増加に伴い、太陽光、風力、バイオマスといった再生可能エネルギーの導入が進んでいる。再生可能エネルギーは、温室効果ガスを排出しないことや国内で生産できることなどが利点として挙げられる一方で、季節や天候によって供給が不安定になるという問題がある。したがって、電力供給を安定化させるためには発電により得られた電力を貯蔵することが重要になる。

電力貯蔵デバイスの一つに二次電池がある。二次電池には、充放電に要する時間が短いこと、エネルギー密度が高いこと、サイクル寿命が長いこと、大型化が可能であることなどが求められる。これらの条件を満たすデバイスとして、鉄の酸化還元反応と固体酸化物形電池を組み合わせた固体酸化物形鉄空気電池 (solid oxide iron-air battery: SOIAB) が注目されている[1, 2]。この二次電池は他の二次電池と比べてエネルギー密度が高く、さらに鉄が安価で大量に存在することからコストの面からも、他の二次電池よりも優れていると考えられている。また、SOIAB に用いられる固体酸化物形電池 (solid oxide cell: SOC) は、発電と電解の両方を行うことができるため、発電と電解を別々のデバイスで行うシステムよりもコスト的に有利である。固体酸化物型電池は発電時には SOFC (solid oxide fuel cell)、電解時には SOEC (solid oxide electrolysis cell) と呼ばれる。

SOIAB の性能は SOC の性能によって大きく左右されるため、OC 性能の向上が求められる。OC における電気化学反応は電極電解質界面近傍 10~20 μm の領域で起こると考えられている。研究課題では、界面近傍に数十 μm オーダーの凹凸加工をレーザー加工や 3D プリント技術を用いて作製することで電気化学反応が生じる領域を

拡大し、OC の性能向上を目指す。製した凹凸構造の定量的な形状データを取得し、望ましい界面構造を特定・実現するために、京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の共焦点レーザー操作型顕微鏡を使用した。

2. 実験

【利用した装置】

共焦点レーザー走査型顕微鏡

【実験方法】

SOC の固体電解質に用いられる YSZ (Yttria Stabilized Zirconia) 電解質基板 (直径 24mm、さ 0.5mm) と、水素極支持体として使用される NiO-YSZ 多孔質円盤 (直径約 25mm、さ 0.5~1mm) の表面に、ルスレーザーを照射することで凹凸形状を付与した。YSZ 円盤に対しては穴形状、素極支持体に対しては溝形状を作製した。

作製した凹凸構造を有する電解質基板および水素極支持体の表面形状を、焦点レーザー操作型顕微鏡を用いて計測した。

3. 結果と考察

まず、レーザー加工により凹凸形状を付与した電解質基板の表面形状を測定した結果の一例を Fig. 1 に示す。パルスレーザーによって六角形状に規則的に配置された窪みが形成されていることがわかった。また、みの深さは 20~25 μm 程度であることがわかった。表面の高さ情報をエクセルにエクスポートし、そこから窪みの平均形状を求めるアルゴリズムを開発した。Fig. 2 に得られた凹凸の平均形状を示す。得られた平均形状データを SOFC セルの数値シミュレーションに適用し、凹凸形状の付与によるセ

ル性能の向上効果について調べた。

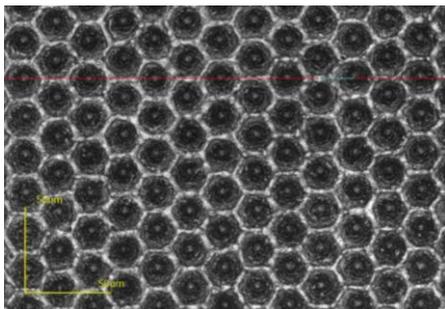


Fig. 1 Surface profile of the YSZ electrolyte modified by pulse laser machining.

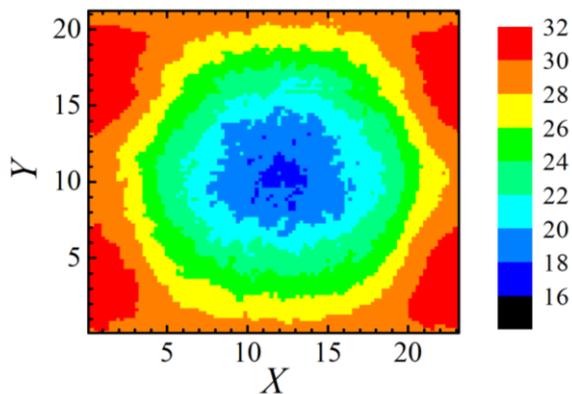


Fig. 2 Averaged surface profile obtained from Fig. 1.

次に、溝形状を付与した水素極支持体の表面プロファイルを測定した結果の一例を Fig. 3 に示す。図より、パルスレーザーによって溝形状が形成されていることが確認された。溝の深さは 30µm 程度であった。凹凸形状を付与した水素極支持体上に電解異質と空気極を形成し、SOCとしての電気化学性能を測定した。

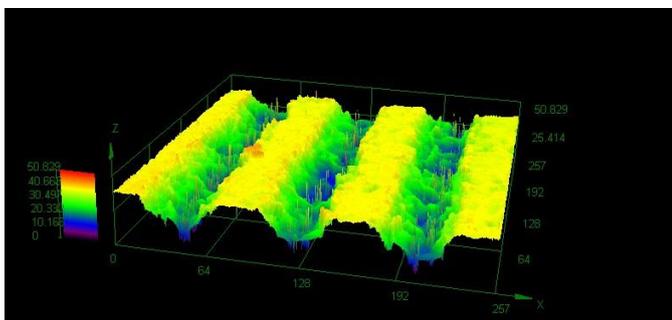


Fig. 3 Surface profile of the anode substrate modified by micro-extrusion printing.

4. その他・特記事項

参考文献

[1] N. Xu et al., *Energy Environmental Science*, 4 (2011)

4942.

[2] H. Ohmori et al., *Journal of Power Sources*, 309 (2016) 160-168.

5. 論文・学会発表

[1] T. Nakagawa et al., “Performance analysis of SOFC with electrode-electrolyte interface tailored by laser micro-machining,” 16th international symposium on solid oxide fuel cells (SOFC-XVI). 2019年9月

6. 関連特許 なし