

課題番号 : F-19-KT-0164  
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(3)  
Program Title(English) : Development of Air secondary Battery with safety, ultra-high density energy and long-life (3)  
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 : エネルギー関連技術、形状・形態観察、分析、SOFC、レーザー加工

## 1. 概要(Summary)

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、SOC 性能の向上が求められる。SOC における電気化学反応は電極電解質界面近傍 10~20 $\mu\text{m}$  の領域で起こると考えられている。本研究課題では、界面近傍に数 10 $\mu\text{m}$  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、SOC の性能向上を目指す。作製した凹凸構造の定量的な形状データを取得し、より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ユニットの共焦点レーザー操作型顕微鏡を使用した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した装置】

共焦点レーザー走査型顕微鏡

### 【実験方法】

SOC の水素極支持体として使用される NiO-YSZ(Yttria Stabilized Zirconia)多孔質円盤(直径約 21mm、厚さ 0.4mm)の表面に、3D プリントによる畝構造の作製を行った。畝構造は通常の 1 層のものに加え、アスペクト比を高めるために 2 層重ねたものも作製した。

作製した凹凸構造を有する水素極支持体の表面形状を、共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(Results and Discussion)

凹凸形状を付与した水素極支持体の表面形状の測定結果を、畝構造が 1 層のものは Fig. 1 に、2 層のものは Fig.2 に示す。測定は 1024 $\times$ 1024 点で、0.625 $\mu\text{m}$  間隔で行った。図は得られたプロファイルデータを 3 次元的にプロットしたものである。図より、凹凸形状の位置する間隔と、厚み方向の高低差は、Fig.1 では約 15~20 $\mu\text{m}$ 、Fig.2 では約 30~40 $\mu\text{m}$  であり、畝構造の重ね合わせによりアスペクト比を高めることに成功していることが分かる。また、プロファイルデータから、ノイズを取り除きながら平均形状データを算出するアルゴリズムを開発し、両加工法による凹凸の平均形状を求めた。さらにその平均形状データを SOFC 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への効果について調べた。

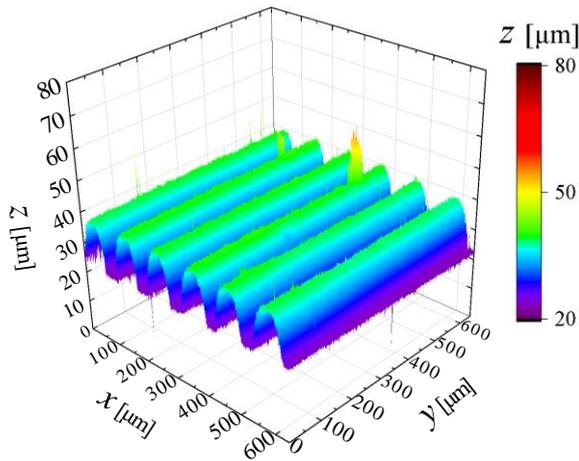


Fig. 1 Surface profile of the Ni-YSZ anode modified by 1 layer microextrusion printing.

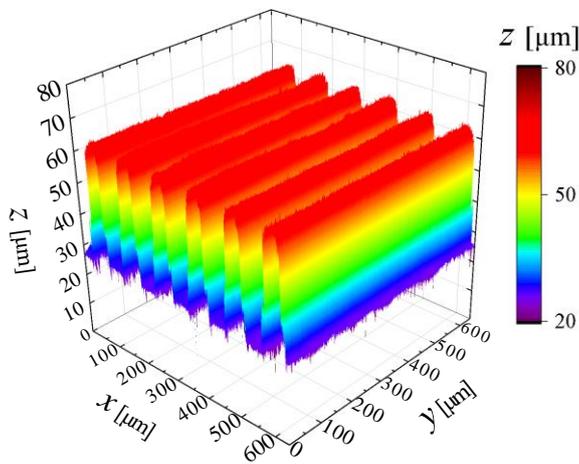


Fig. 2 Surface profile of the Ni-YSZ anode modified by 2 layer microextrusion printing.

#### 4. その他・特記事項(Others)

##### 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(Publication/Presentation)

- (1) H. Seo et al., "Study of Microextrusion Printing for Enlarging Electrode–Electrolyte Interfacial Area in Anode-Supported SOFCs," *ECS Transactions*, 91 (1) 1923-1931 (2019).
- (2) T. Nakagawa et al., "Performance analysis of SOFC with electrode-electrolyte interface tailored

by laser micro-machining," *ECS Transactions*, 91 (1), 2105-2114 (2019).

(3) H. Seo et al., "Microextrusion printing for increasing electrode–electrolyte interface in anode-supported solid oxide fuel cells," *Journal of Power Sources*, 450, 227682 (2020).

#### 6. 関連特許(Patent)

なし。