

課題番号 : F-20-KT-0063
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
Program Title(English) : Development of vibration-powered generators
利用者名(日本語) : 岩井裕, 岸本将史, 上口聡
Username(English) : H. Iwai, M. Kishimoto, S. Ueguchi
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 : 固体酸化物形燃料電池、メゾスケール加工、表面処理、形状・形態観察

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。固体酸化物形電池は発電時には SOFC (solid oxide fuel cell), 電解時には SOEC (solid oxide electrolysis cell) と呼ばれる。

SOIAB の性能は固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の性能によって左右されるため, その電極反応の理解を進め, 性能向上に向けた取り組みを推進することが求められる。本研究では以上を受け, 電極反応の理解と性能向上を目的とし, 主に2つの検討を行う。

① レーザー加工を用いて電解質表面に溝加工を施し, そこに電子線蒸着装置を用いて金属触媒を堆積させ

ることで, 反応サイトが線状に存在するモデルセルを作製する。それを用いて電気化学測定や同位体交換実験[3]を行うことで電極活性や反応サイトの広がりをも明らかにする。

② レーザー加工やマイクロパターニング法を用いて SOFC セル内の電極-電解質界面にメゾスケールの凹凸加工を行うことで, 反応サイトを拡大させる。加工した凹凸形状を 3D 測定レーザー顕微鏡により観察し, 得られた構造を数値シミュレーションに組み込むことでメゾ加工の効果を詳細に明らかにする。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電子線蒸着装置, 3D 測定レーザー顕微鏡

【実験方法】

レーザー加工により 10 μm オーダーの溝列を設けたセラミック板を準備し(外部加工業者による), 3D 測定レーザー顕微鏡を用いてこの溝列形状を確認した。次に, 電子線蒸着装置により溝列内部および表層に Ni を堆積させた。自研究室において表層を研磨し, 反応サイトを線状に出現させその性状を確認した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

(1) 3D 測定レーザー顕微鏡による溝列形状の確認
Fig. 1 に溝加工を施したセラミック板表面の画像を示す。幅, 奥行は約 600 μm , 高さ方向は約 25 μm であり, 紫～赤のコンターは高さを示している。これにより溝列が直線状に並び, 溝深さもおおむね一定に保たれており, 加工が正常に完了したことを確認できた。Fig. 2 に断面形状のスキャン結果を示す。溝形状が仕様通りの形状に加工

され、レーザー出力・焦点など加工パラメータが適切であることが確認された。

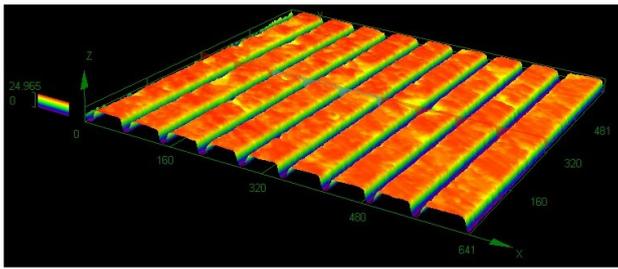


Fig. 1 Scanned image of a grooved surface of a ceramic (YSZ) substrate

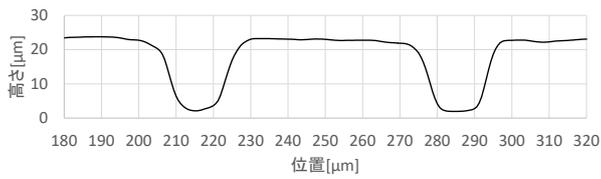


Fig. 2 Groove profile.

(2) 電子線蒸着装置によるNiの堆積

電子線蒸着装置を用いてNiを堆積させ、その後表面研磨を行いNi-セラミック-気相の界面、すなわち反応サイトを線状に出現させた。Fig. 3に断面観察結果を示す。Niが空隙なく堆積しNiおよびセラミックの界面に剥がれ等なく、反応サイトが形成できていることが確認できた。

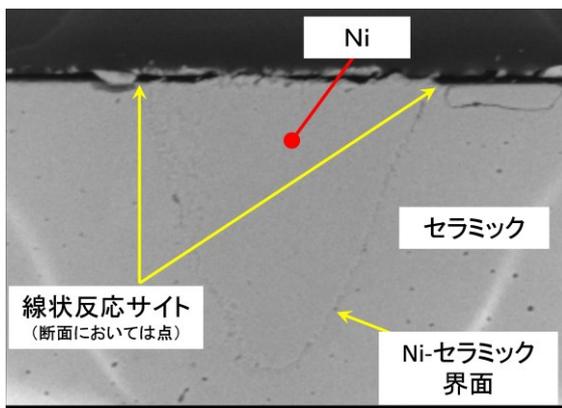


Fig. 3 Cross section of a groove filled with deposited Ni.

今後、このモデルセルを用いて電気化学測定や同位体交換実験を行い、電極活性や反応サイトの広がり进行を明らかにする。

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
[3] T. Nagasawa et al., Journal of Power Sources 367(2017) 57-62

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許 (Patent)

なし