マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書
ARIM User's Report

【Release：2025.06.10】　【Update：2025.05.09】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24TU0049
利用課題名 Title	固体酸化物形電解セル（SOEC）を用いた共電解における燃料極
利用した実施機関 Support Institute	東北大学 / Tohoku Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用（ARIM事業参画者以外）/Internal Use (by non ARIM members)
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	加工・デバイスプロセス/Nanofabrication
重要技術領域 Important Technology Area	革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル/Materials enabling innovative energy conversion
キーワード Keywords	電極材料/ Electrode material,リソグラフィ/ Lithography,燃料電池/ Fuel cell,スパッタリング/ Sputtering,膜加工・エッチング/ Film processing/etching

利用者と利用形態 / User and Support Type

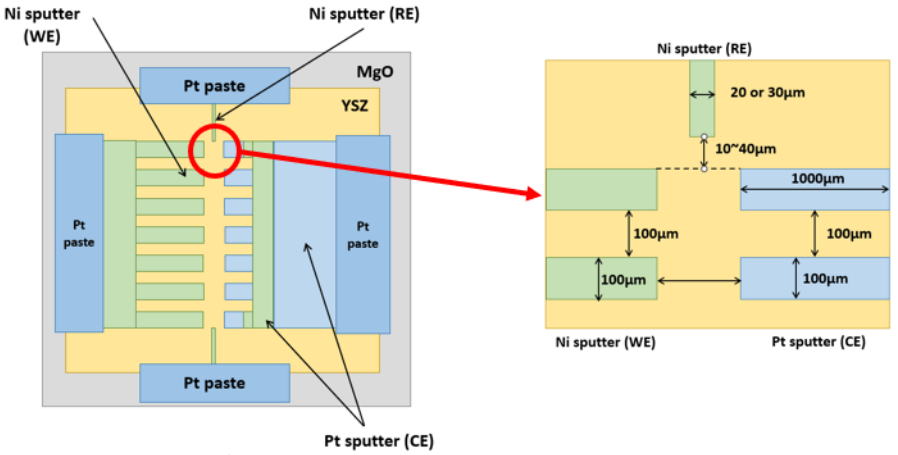
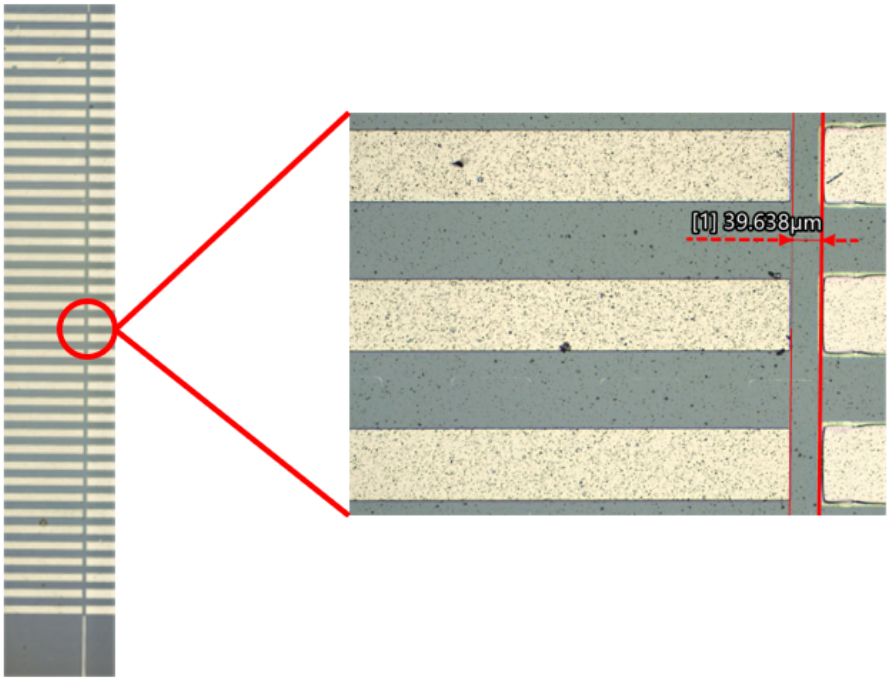
利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	佐藤 駿
所属名 Affiliation	東北大学大学院環境科学研究科
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	Shao Xiaolin
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	TU-159：芝浦スパッタ装置（冷却型） TU-058：マスクレスアライナ TU-051：ミカサ スピンコータ TU-002：有機ドラフトチャンバー TU-060：現像ドラフト

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	共電解とは、水蒸気と二酸化炭素を同時に電解し、合成ガスを生成する技術である。SOECを用いた共電解は、高効率であることや貴金属を使用しないことがメリットだが、一方で固体酸化物形燃料電池（SOFC）モードでの作動時に比べ劣化しやすく、長期耐久性に課題がある。燃料極で発生するSOECの劣化は、炭素の析出やNiの移動により反応場である三相界面が減少するためだと考えられている[１]。しかし、SOECセルは多孔質で電極の微細構造変化を正確にとらえることは大変困難である。 そこで、セル構造を単純化し、模擬したモデル電極の作製を行い、燃料極の劣化機構の解明を目指す。 以前はモデル電極を作製する際に、Niの薄膜をPLD（Pulsed Laser Deposition）法にて製膜していたが、Ni薄膜が薄すぎたため、昇温段階で焼結によりNiの接続が切れてしまっていた。そこで、膜厚１ μm以上のNi膜を製膜するために芝浦スパッタ装置を利用した。また、燃料極に着目した測定を行うために、リフトオフを用いてPtの対極を作製した。
実験 Experimental	はじめに、MgO単結晶の上にPLD法にて、厚さ約1000nmのYSZ（$Y_{0.16}Zr_{0.84}O_{1.92}$）薄膜(12 mm□)を製膜した。製膜条件はNd:YAGレーザーの4倍波(266 nm)を使用し，基板温度600 ℃，酸素分圧1 Pa，レーザー出力0.58 W，レーザーパルス周波数10 Hzとした。一部のセルにはYSZの上にわずかなGDCのスパッタを行い、GDCが電極に及ぼす影響を明らかにすることを試みた。 次に、試作コインランドリのスピンコーターを利用し、ZPN1150-90レジストを試料に塗布、プレベークし、マスクレスアライナにて露光後、TMAH現像液を用いてPt電極のリフトオフ用フォトレジストパターンを形成した。その後、芝浦スパッタ装置を利用し、Pt膜を約1.0 μm製膜した。スパッタはAr雰囲気、圧力0.6 Pa、RFパワー300 Wの条件で、レジストが熱で溶けないように、10分間ごとに冷却時間（約10分間）を挟んで行った。その後、90℃に加熱したNMP溶液に試料を10分間浸しレジストを除去して（リフトオフ）、目標としたPtパターン電極を得た。 そして、芝浦スパッタ装置：冷却型を利用しNi（10mm□）を約2.0 μm製膜した。スパッタはAr雰囲気、圧力0.4 Pa、RFパワー300 Wの条件で80分行った。 その後、フォトリソグラフィを用いてFig. 1に示すパターン電極を得た。
結果と考察 Results and Discussion	Fig. 2に作製したモデルセルのレーザー顕微鏡像を示す。リフトオフにてPt電極を作製することで、規格化されたPt電極を作製することができた。Ni電極とPt電極間の距離は40 μmとなるように加工を行い、目標とする距離に近い値を得ることができた。そのため、本手法で正しく規格化されたパターン電極を作製することができていると考えられる。 今後もこのパターン電極を用いた実験の状況に応じて、本手法を用いて異なるパターン電極の作製に取り組む可能性がある。

図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	 Fig. 1 作製するモデルセルの模式図
図・表・数式 2 Figures, Tables and Equations 2	 Fig. 2 作製したモデルセルの顕微鏡写真
その他・特記事項（参考文献・謝辞等） Remarks(References and Acknowledgements)	・参考文献：[1] Y. Zheng *et al.*, Chemical Society reviews, 46(5), 2017, 1427-1463 ・本研究はNEDO委託事業「次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発」において一般財団法人石油エネルギー技術センターからの再委託（JPNP16002）によって実施されたものである。ここに謝意を表する。

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング）[1] DOI (Publication and Proceedings)	Xiaolin Shao, Study on Ni-ceramic cathode degradation in H2O electrolysis using a two-dimensional patterned cell, *International Journal of Hydrogen Energy*, **120**, 201-212(2025). DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.03.236
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	T. Sato, N. Bisaka, R. A. Budiman, M. Yamaguchi, K. Yashiro, T. Kawada, "Elucidation of Degradation Mechanisms of Ni Cermet Electrode during Co-Electrolysis Using Cross-Section Model Electrodes", Pacific Rim Meeting 2024 (Honolulu), 12th Oct 2024 (Oral session, Imvited)
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.	T. Sato, X. Shao, N. Bisaka, R. A. Budiman, M. Yamaguchi, K. Yashiro, and T. Kawada. "Elucidation of Degradation Mechanisms of Ni Cermet Electrode during Co-Electrolysis Using Cross-Section Model Electrodes", 第23回日韓学生シンポジウム（ソウル）, 令和6年11月1日 (Poster session)

口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.	Shao Xiaolin, 佐藤駿, BUDIMAN RIYAN ACHMAD, 山口実奈, 八代圭司, 川田達也, “Study of Ni cermet cathode degradation with patterned electrode cell for H2O electrolysis” 第91回春電気化学会(名古屋大学) ,令和6年３月
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[4] Oral Presentations etc.	Shao Xiaolin,佐藤駿, BUDIMAN RIYAN ACHMAD, 山口実奈, 八代圭司, 川田達也, “The solid oxide electrolysis cells degradation study with the use of Ni patterned electrode” Curtin University and Waseda University Collaborative Symposium（早稲田大学）,令和6年10月
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[5] Oral Presentations etc.	X. Shao, T. Sato, R. A. Budiman, M. Yamaguchi, K. Yashiro, T. Kawada, "The Degradation Study of Ni Patterned Electrode with Various Ceramic Electrolyte for Water Electrolysis", Pacific Rim Meeting 2024 (Honolulu), 12th Oct 2024 (Oral session)
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[6] Oral Presentations etc.	Shao Xiaolin,佐藤駿, BUDIMAN RIYAN ACHMAD, 山口実奈, 八代圭司, 川田達也, “The effect of various ceramics on Ni degradation performance with patterned cell for H2O electrolysis” 7th Asian SOFC Symposium（北海道大学）, 令和6年10月
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[7] Oral Presentations etc.	Shao Xiaolin, “Study of Ni cermet cathode degradation with patterned electrode cell for H2O and CO2 co-electrolysis” 第23回日韓学生シンポジウム（韓国 ソウル大学）, 令和6年11月
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件