

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 : 2025.04.02]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24BA0024
利用課題名 Title	電極付き基板を用いた電極付きIL@MOFの合成
利用した実施機関 Support Institute	筑波大学 / Tsukuba Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
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	イオン液体, ナノポーラスマトリックス, リソグラフィ / Lithography, 蒸着・成膜 / Vapor deposition/film formation

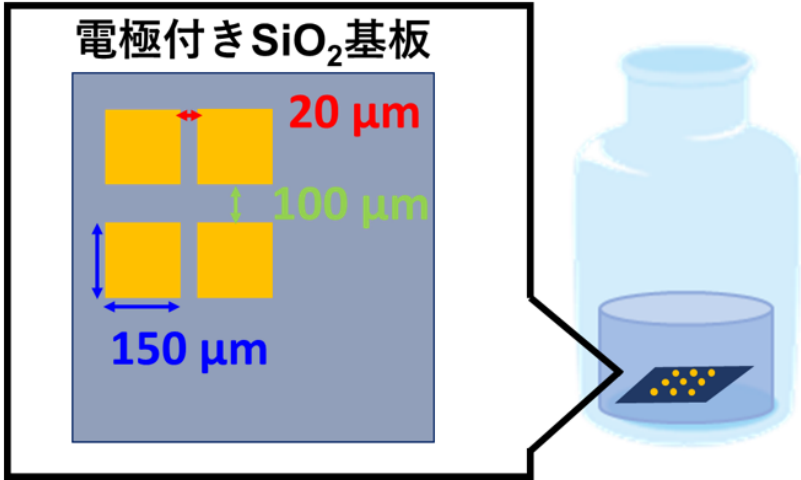
利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	木下 健太郎
所属名 Affiliation	東京理科大学先進工学研究科
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	天野健太郎, 佐田晋
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	谷川俊太郎
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization, 技術補助/Technical Assistance

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	BA-002 : スパッタリング装置 BA-004 : 電子線蒸着装置 BA-009 : パターン投影リソグラフィシステム
---------------------------------	---

報告書データ / Report

<p>概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</p>	<p>イオン液体(IL)は陽イオンと陰イオンから構成される室温で液体の塩である。難揮発性、不燃性、熱安定性、高いイオン伝導性、大きな電気化学ウィンドウなど電子デバイス応用への適性が高いが、液体故の流動性がデバイス運用に向けた課題である。そこで、デバイス運用に向けてILをナノポーラスマトリックスに閉じ込め空間制御することにより流動性の課題を克服する研究が、近年なされている^[1]。ナノポーラスマトリックスの一つとして材料内部に細孔が規則正しく配列して存在する金属有機構造体(MOF)が目ざされている。MOFにILを充填したIL充填MOF(ILMOF)ではILの流動性制御だけでなく、ILとMOF間の相互作用により、ILとMOFそれぞれ単体では見られない新たな物性の発現も報告されている^[2]。しかし、その詳細な機構は未解明であることから、本研究では、電極付きのILMOF単一単結晶を合成し、電気特性評価を行うことで、IL-MOF間相互作用の解明を試みた。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>Fig. 1のように、フォトリソグラフィ及び電子ビーム蒸着によりAu電極を成膜した電極付きのSiO₂基板を前駆体溶液に浸漬させてMOFを合成することにより、Fig. 2に示す電極付きMOF単結晶を合成した。その後、ILに浸漬させ真空加熱することにより電極付きILMOFが合成される。電極付ILMOFの電気特性評価にはインピーダンスアナライザを用いた。</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>Fig. 3にインピーダンス測定で得られたcoll-coll plotを示す。高周波側にバルク抵抗起因の半円が出現し、ここから電気伝導度を求めた。電気伝導度の温度依存性がアレニウス則に従うことが明らかになり、その活性化エネルギーを求めた結果、ILのアニオンのイオンサイズが小さい程活性化エネルギーが大きくなった。故に、細孔中のILの運動はアニオンとMOF骨格の相互作用に支配されていることが示唆された。今後は、電極サイズや電極間隔をパラメータとし、系統的なインピーダンス測定を行うことにより、IL-MOF間の更なる相互作用解明を試みたい。</p>
<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">電極付き SiO₂ 基板</p> <p style="text-align: center;">20 μm 100 μm 150 μm</p> </div> <p style="text-align: center;">Fig. 1 電極付MOFの合成方法</p>

図・表・数式 2
Figures, Tables and
Equations 2

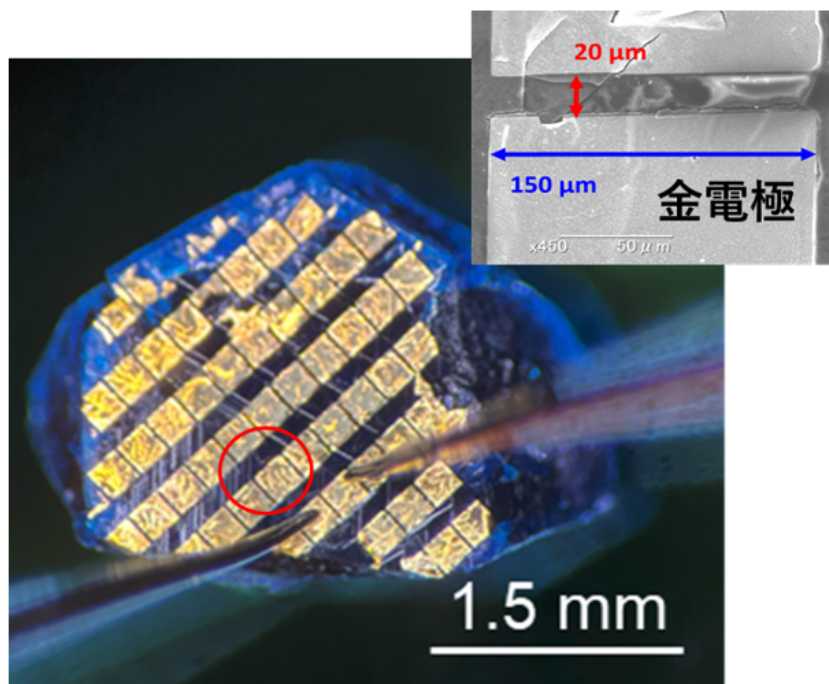


Fig. 2 電極付MOFの顕微鏡像

図・表・数式 3
Figures, Tables and
Equations 3

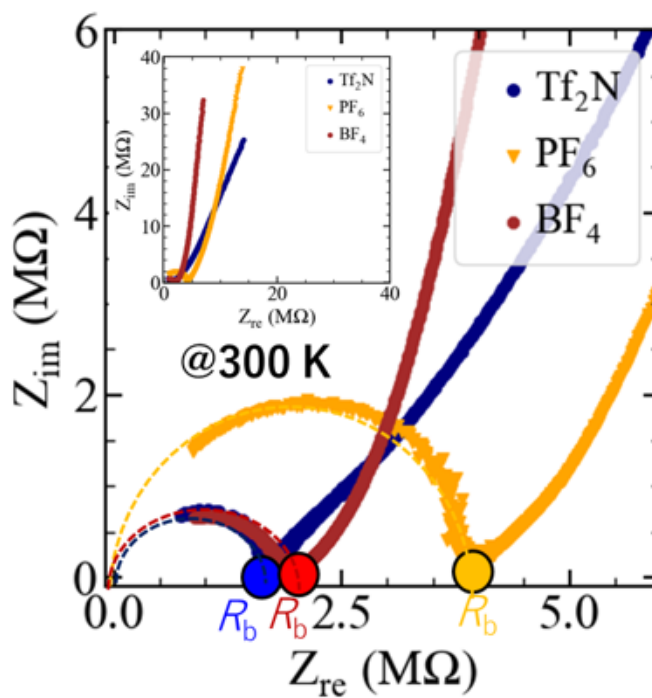
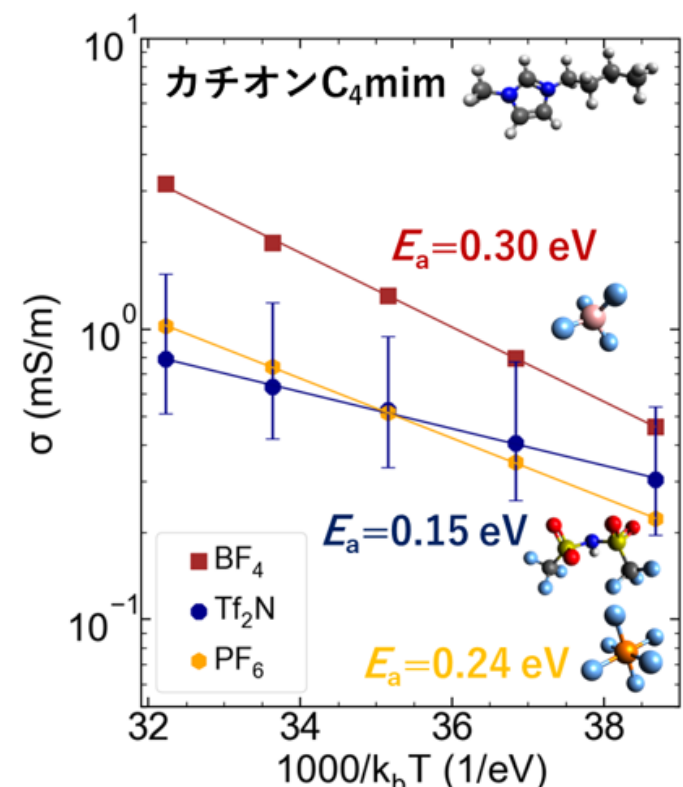


Fig. 3 ILMOFのインピーダンス特性

<p>図・表・数式 4 Figures, Tables and Equations 4</p>	 <p>カチオンC₄mim</p> <p>σ (mS/m)</p> <p>$E_a=0.30$ eV</p> <p>$E_a=0.15$ eV</p> <p>$E_a=0.24$ eV</p> <p>■ BF₄ ● Tf₂N ● PF₆</p> <p>10¹ 10⁰ 10⁻¹</p> <p>32 34 36 38</p> <p>1000/k_bT (1/eV)</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p>Fig. 4 ILMOF電気伝導度の温度依存性</p> <p>[1] S. Zhang, <i>et al.</i>, <i>Chemical Reviews</i>, 117, 6755 (2017). [2] K. Fujie, <i>et al.</i>, <i>Angew. Chem. Int. Ed</i>, 53, 11302 (2014).</p>

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) DOI (Publication and Proceedings)</p>	
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.</p>	<p>天野健太郎, 小関海斗, 鄭雨萌, 木下健太郎 " IL充填によるCu₃(BTC)₂のCu周りの電子状態及び結合状態の解明" 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会 朱鷺メッセ 2024年9月19日</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.</p>	<p>天野健太郎, 小関海斗, 鄭雨萌, 木下健太郎 "Electrochemical Impedance of Electrode Pattern-Transferred Metal-Organic Frameworks with Pores Filled with Ionic Liquid" PRiME 2024 ハイコンベンションセンター 2024年10月10日</p>
<p>特許出願件数 Number of Patent Applications</p>	<p>0件</p>
<p>特許登録件数 Number of Registered Patents</p>	<p>0件</p>