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：2025.04.15】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24TU0195
利用課題名 Title	低次元物質１個レベルの熱動態計測のためのMEMSヒータ作製
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	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	高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed 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	熱電材料/ Thermoelectric material,ダイシング/ Dicing,電極材料/ Electrode material,MEMS/NEMSデバイス/ MEMS/NEMS device,スパッタリング/ Sputtering,光リソグラフィ/ Photolithgraphy

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)	平原 佳織
所属名 Affiliation	千葉大学 大学院工学研究院
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	山森壮馬
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	森山雅昭,戸津健太郎
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-056：両面アライナ TU-202：DeepRIE装置#2 TU-002：有機ドラフトチャンバー TU-052：アクテス スピンコータ#1 TU-055：クリーンオーブン

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	カーボンナノチューブ（CNT）や二次元物質からなるフレキシブル薄膜系に見られる輸送特性を厳密に理解するためには、単一ナノ界面におけるS-κ-σの相関とその構造依存性を明らかにする必要がある。そこで、CNT1本を加工してナノレベルの界面を形成し、その界面形態を評価しつつ、同時に電気伝導・熱起電力を計測できる技術の確立を目指す。そのために、本研究課題では透過電子顕微鏡下でCNTの一端を加熱できるプローブをMEMS技術により作製した。プローブには、10 mA以下の電流で700 K程度まで加熱できるMEMSヒータ、およびCNTを接触させるプローブ先端部での電気伝導特性計測用にPt配線をパターニング形成した。
実験 Experimental	ウェット酸化装置を用いて6インチSOI基板のデバイス層上に厚さ約300 nmの酸化膜を形成した。この基板上に、芝浦スパッタ装置を用いて基板全面にタンタル/白金膜を製膜した後、ディスコダイサを用いてこのSOI基板を36mm角に切り出した。この36 mm基板にフォトレジストをスピンコートにより塗布し、両面アライナを用いて配線パターンを露光、現像した後、イオンミリング装置を用いてタンタル/白金膜をミリングすることにで、金属配線パターンを形成した。その後、フォトレジストを再度塗布し、梁状プローブのパターンを露光、現像した後、深堀エッチング装置（DeepRIE）を用いてSiデバイス層のミリングを行い、島状ヒータおよび梁を形成した。その後、裏面にレジストを塗布して、パターン形成後、DeepRIE装置を用いて裏面からSiハンドル層のエッチングを行い、目的とするMEMSチップを得た。
結果と考察 Results and Discussion	得られたプローブを用いて、バンドル状CNTの熱流、電気伝導率および熱電特性同時計測に成功した。しかしながら、単一のCNTの特性計測を実現するには電極として形成したPt/Ta配線と試料との接触抵抗を十分に検討する必要がある。作製プロセスは基本的には昨年度までと同様のであったが、各工程の条件を丁寧に見直すことで、最終的に歩留まりを向上することができた。さらに、さまざまな二次元物質へ本手法を拡張していくためのプローブ形状の検討を行った。それをふまえて本年度作製したマスクではプローブ先端形状に変更を加えたが、最後の深掘りエッチングプロセスによって先端形状が変化する傾向があることを確認した。今回得たプローブを用いてさまざまなマニピュレーション実験をTEM内で行い、さらなる形状改良の必要性について検討する。
図・表・数式 Figures, Tables and Equations	
その他・特記事項（参考文献・謝辞等） Remarks(References and Acknowledgements)	

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング） DOI (Publication and Proceedings)	

口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	In-situ transmission electron microscopy on thermodynamics behavior for isolated carbon nanotubes and at the nano-interfaces, Kaori Hirahara, 14th A3 symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy and Environment, Jincheng, Shanxi, China, Oct. 25-29, 2024.
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件