# 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：2025.05.17】

## 課題データ / Project Data

| | |
|---|---|
| 課題番号<br>Project Issue Number | 24NU0052 |
| 利用課題名<br>Title | AFMカンチレバー先端のFIB加工 |
| 利用した実施機関<br>Support Institute | 名古屋大学 / Nagoya Univ. |
| 機関外・機関内の利用<br>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<br>関連課題<br>Related to ARIM-SETI | 指定なし / No Designation |
| 横断技術領域<br>Cross-Technology Area | 計測・分析/Advanced Characterization |
| 重要技術領域<br>Important Technology Area | マルチマテリアル化技術・次世代高分子マテリアル/Multi-material technologies / Next-generation high-molecular materials |
| キーワード<br>Keywords | 原子間力顕微鏡,高分子微粒子,力学特性計測,コンポジット材料/ Composite material,電子顕微鏡/ Electronic microscope,電子回折/ Electron diffraction,高強度・生分解性プラスチック/ High-strength, biodegradable plastic,走査プローブ顕微鏡/ Scanning probe microscope |

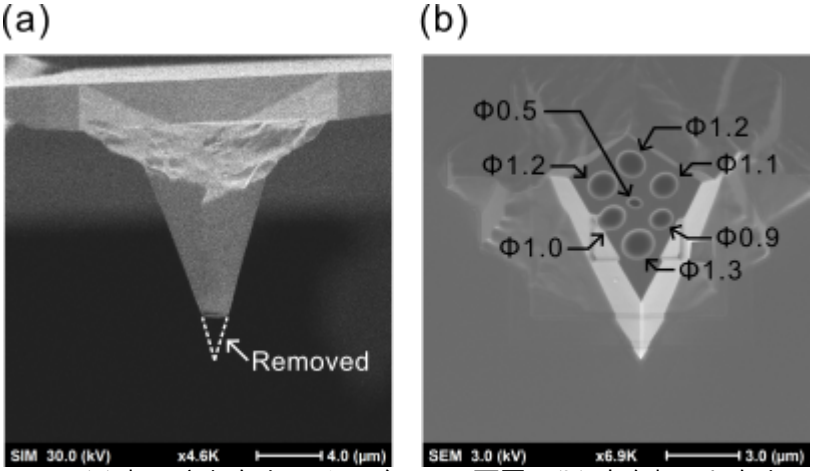
## 利用者と利用形態 / User and Support Type

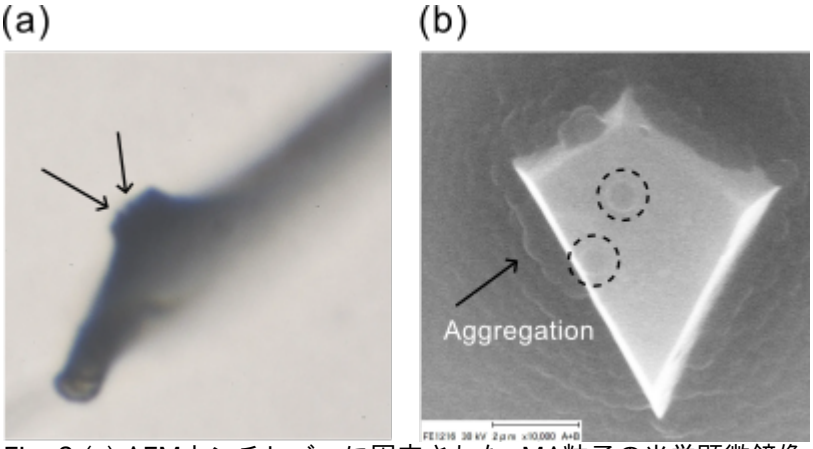
| | |
|---|---|
| 利用者名（課題申請者）<br>User Name (Project Applicant) | 内橋 貴之 |
| 所属名<br>Affiliation | 名古屋大学 大学院理学研究科 |
| 共同利用者氏名<br>Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes | |
| ARIM実施機関支援担当者<br>Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes | 樋口公孝 |
| 利用形態<br>Support 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<br>Equipment ID & Name | NU-105：バイオ/無機材料用高速FIB-SEMシステム |
|---|---|

## 報告書データ / Report

| 概要（目的・用途・実施内容）<br>Abstract (Aim, Use Applications and Contents) | 本研究の目的は、原子間力顕微鏡（AFM）を用いて高分子微粒子間に作用する力を精密に測定することである。この目的を達成するためには、直径500　nmから1 μmの高分子微粒子をAFMカンチレバー先端に接着する必要がある。そのために、集束イオンビーム（FIB）加工を用いてカンチレバー探針を最適な形状に加工した。最終的に、FIB加工と表面化学処理を組み合わせることにより、高分子微粒子をAFMカンチレバー先端に接着することに成功した。 |
|---|---|
| 実験<br>Experimental | AFMカンチレバー（NSC-14、MicroMasch）は、FIB加工の前にオスミウムコーター（HPC-1SW、真空デバイス）を用いて6秒間コーティングを行った。その後、集束イオンビーム（FIB）装置（ETHOS NX5000、日立）を用いて、探針先端部を部分的に除去し、平坦なくさび型の形状に加工した[Fig. 1(a)]。加えて、粒子とカンチレバー間の接触面積を拡大するために、平坦な表面に直径0.5～1.3 μmの非貫通穴を追加で加工した[Fig. 1b]。<br>一方、負に帯電したシリコンカンチレバーは、1 wt%の3-アミノプロピルトリエトキシシラン(APTES)水溶液で処理し、表面を正に帯電させることで負に帯電した粒子との引力を増強した。直径約1 μmのポリメチルアクリレート（pMA）粒子懸濁液[1]はエタノールと水を等量混合した溶液でさらに希釈し、最終濃度を0.1 wt%に調整した。修飾されたAFM探針に粒子を接着するために、探針を懸濁液の液滴に1分間浸漬し、その後、常温下で乾燥させた。修飾後の探針に粒子が存在することを光学顕微鏡およびAFMを用いて確認した。 |
| 結果と考察<br>Results and Discussion | 修飾されたAFM探針において、平坦化された先端部および追加で非貫通穴を加工した先端部のいずれにも、pMA粒子は確認されなかった。一方、APTES処理を施した表面にpMA粒子を適用した場合、FIB加工された先端部に孤立した粒子が付着していることが確認された[Fig. 2a]。しかし、APTES処理を施した未加工の先端部を持つカンチレバーでは、pMA粒子が凝集し、先端部全体を覆うような状態が観察された[Fig. 2b]。これは、要求される単一粒子が先端部の極端部に捕捉される結果とは異なる。これは、蒸発が探針先端ではなくカンチレバー本体で終了したためであると考えられる。これらの結果は、蒸発中に作用する流体力を克服するには、pMA粒子とシリコンカンチレバー間の引力が弱すぎることを示唆しており、そのため粒子が修飾された先端部から引き離されたと考えられる。 |
| 図・表・数式 1<br>Figures, Tables and Equations 1 |  <br>Fig. 1 (a) 加工されたカンチレバーの正面図。(b) 穴を加工したカンチレバーの上面図。 |

| | |
|---|---|
| 図・表・数式 2<br>Figures, Tables and Equations 2 |  <br>Fig. 2 (a) AFMカンチレバーに固定されたpMA粒子の光学顕微鏡像（側面図）。(b) AFMカンチレバーに固定されたpMA粒子のSEM像（上面図）。 |
| その他・特記事項（参考文献・謝辞等）<br>Remarks(References and Acknowledgements) | 謝辞：本研究において試料をご提供いただいた岡山大学の鈴木大介教授に深謝申し上げます。また、FIB操作に関するご支援をいただいたHVEM技師の樋口公孝様に感謝いたします。 参考文献 [1] Watanabe, T., Minato, H., Sasaki, Y., Hiroshige, S., Suzuki, H., Matsuki, N., Sano, K. et al. Closed-loop recycling of microparticle-based polymers. *Green Chem.* **25**, 3418–3424 (2023). |

## 成果発表・成果利用 / Publication and Patents

| | |
|---|---|
| DOI（論文・プロシーディング）<br>DOI (Publication and Proceedings) | |
| 口頭発表、ポスター発表および、その他の論文<br>Oral Presentations etc. | |
| 特許出願件数<br>Number of Patent Applications | 0件 |
| 特許登録件数<br>Number of Registered Patents | 0件 |