

天然高分子材料の微細加工体の創製

利用者：^a日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究部門，^b早稲田大学理工学研究所
 大山智子^a，大島明博^b，長澤尚胤^a，田口光正^a

研究支援者：大阪大学 柏倉美紀，法澤公寛

【研究目的】

植物由来プラスチックのポリ乳酸は生体適合性と生分解性を併せ持つ代表的な医用材料であり、医療・バイオデバイスへの応用が期待されている。しかし、熱や薬品に弱く、既存の方法では精密な微細加工は難しい。そこで本研究では集束イオンビーム(FIB)を用いた新たな加工技術を試み、マイクロ・ナノ加工と局所的な機能化に成功した。

【成果】

ポリ-L-乳酸 (PLLA; エコプラスチックU'z S-12、トヨタ自動車) をクロロホルムに溶解させてシリコンウェハ上にスピコートした厚さ1 μm以下の薄膜試料に対し、FIBを用いた加工実験を行った。FIB装置は、大阪大学産業科学研究所ナノテクノロジー設備供用拠点微細加工プラットフォーム設置のSMI2050 (日立ハイテック、30 keV Ga⁺) を用いた。線量や線量率、ビームサイズ等の照射条件や、試料の厚みなどを変えて加工を行い、加工精度をFIB-SEMや原子間力顕微鏡 (AFM; SPA300、日立ハイテック) を用いて評価した。さらに照射によるPLLAの化学状態の変化をマイクロエリアX線光電子分光 (XPS; PHI 5000 VersaProbe WS、ULVAC-PHI) を用いて分析した。

照射条件や試料の作製条件を変えて加工精度を評価した結果、高線量・高線量率・厚い試料などの条件下では、加工部のエッジが崩れたりデブリが発生したりと加工精度が落ちることがわかった。PLLAはガラス転移温度 (約60°C) 以上で形状保持性が急激に失われることが分かっている。そのため、熱のかかりやすい系や熱のこもりやすい系では熱変形によって加工精度が悪化したと考えられる。照射条件と試料作製条件の最適化によって、Fig. 1に示すような任意の超微細構造を加工することに成功した。

さらに、本研究ではFIBが引き起こす放射線化学反応を用いた機能化についても検討した。照射条件を変えてXPSで化学状態を解析したところ、照射部にC=Cの多い化学状態を作り出せることがわかった。物理スパッタと放射線分解反応による分解物の脱離によって酸素と水素が減少し、試料表面が局所的にダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)様の表面状態に変化したと考えられる。DLC様の表面はC=Cの割合によって細胞接着性の強弱が変わることが報告されており、本研究で得られた微細加工体は、局所的に細胞接着性を制御できるデバイスとしての応用が期待される。

さらに、本研究ではFIBが引き起こす放射線化学反応を用いた機能化についても検討した。照射条件を変えてXPSで化学状態を解析したところ、照射部にC=Cの多い化学状態を作り出せることがわかった。物理スパッタと放射線分解反応による分解物の脱離によって酸素と水素が減少し、試料表面が局所的にダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)様の表面状態に変化したと考えられる。DLC様の表面はC=Cの割合によって細胞接着性の強弱が変わることが報告されており、本研究で得られた微細加工体は、局所的に細胞接着性を制御できるデバイスとしての応用が期待される。

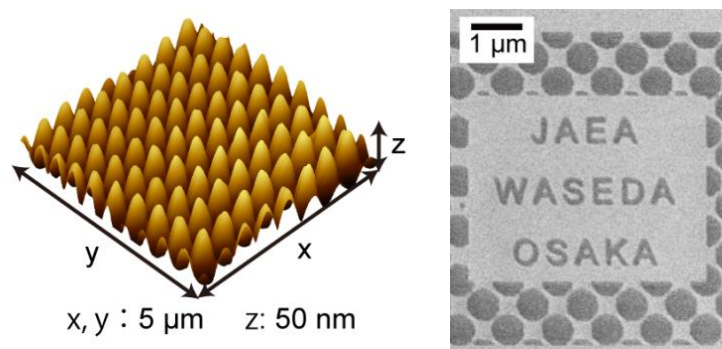


Fig.1 Micro- / nano-structure fabricated on PLLA

Tomoko Gowa Oyama, et al., "Micro/Nanofabrication of Poly(L-lactic acid) Using Focused Ion Beam Direct Etching," Appl. Phys. Lett. 103, 163105 (2013).

【支援実施機関からのコメント】

環境にやさしい材料であるポリ乳酸をFIBで微細加工する手法が確立されました。