

Fabrication of high formable shape memory alloy nano/micro size cilium using thermal nanoimprint

名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノ機械理工学専攻
准教授 櫻井 淳平
(2023 年度 国際会議等参加助成 AF-2023053-X1)

キーワード：金属ガラス，粘性流動，熱ナノインプリント，形状記憶合金

1. 研究の目的と背景

生物の繊毛を模した，繊毛アクチュエータは，形状を問わない物体搬送方法として開発が行われている¹⁾。繊毛アクチュエータの多くは，静電力駆動により繊毛を振動させる方式が採用されている。ナノサイズの搬送物の搬送が可能なナノ繊毛アクチュエータを実現には，シンプルな構造かつ駆動方法にする必要がある。

成膜時，非晶質状態で金属ガラスの特性を示し，結晶化させると形状記憶合金に変化する Ti-Ni-Cu 高成形性形状記憶合金 (HFSMA) に着目した²⁾。本合金によりマイクロ・ナノ繊毛を作製できれば，構造体と駆動機構を一体化した，繊毛アクチュエータの実現が可能となる。本研究では，過冷却液体域下で粘性流動を利用した熱ナノインプリントによるマイクロ・ナノ繊毛構造の作製の検討を行った。

2. 実験方法

熱ナノインプリントの概要を図1に示す。熱間プレス機を用いて，真空中 (4.0×10^{-4} Pa 以下) で，加熱プレスを行う。金型は，ナノ構造体の作製には，AAO (Aluminum Anodic Oxidation) 基板を，マイクロ構造体の作製には，リソグラフィでホールを作製した Si ウエハを用いた。AAO 基板は，直径 10 mm，厚さ 100 μm で，基板を貫くナノ細孔の直径は約 250 nm である。Si ウエハは，パターンエリア 1 mm，穴径約 30 μm ，深さ 4.5 μm のアレイ状のホール構造である。

加圧条件は，加工温度 430°C (ガラス転移温度 426°C) で加圧力は 5 kN で 15 分プレスを行った。加圧後，室温まで冷却した後，離型はせずに金型を溶解で除去する。

サンプルは，ナノ構造の作製には，Ti-Ni-Cu リボン材，マイクロ構造作製には Ti-Ni-Cu スパッタ薄膜を用いた。

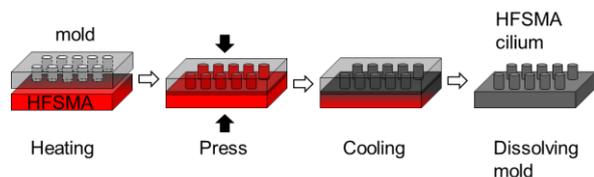


図1 熱ナノインプリント

3. 実験結果

3.1 ナノ構造体の作製

図2に作製したナノ構造体の SEM 写真を示す。ナノ構造

体の作製には成功したが，成形できた領域はごく一部にとどまった。成形されたナノ構造は直径 250 nm 長さ 2 mm であった。これは，サンプル及び金型の表面性状が悪いことに起因する。リボンサンプルの十点平均高さ R_z が 2.75 μm であり，AAO 自体も陽極酸化による酸化物構造であるため，表面性状は悪い。

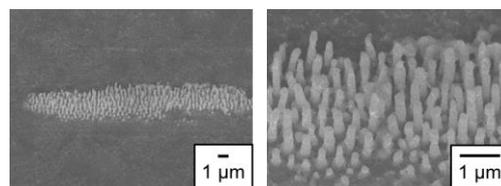


図2 ナノ繊毛構造体

3.2 マイクロ構造体の作製

金型とサンプルの表面性状を改善するため，鏡面研磨したアルミナ基板上に成膜したサンプルと，リソグラフィにより鏡面研磨した Si 上にホールを加工した金型を用いた。各 R_z はサンプルで 73 nm，Si モールドは 55 nm であった。図3に作製したマイクロ構造体の SEM 写真を示す。パターンエリア全面での成形加工に成功した。成形されたマイクロ円柱は直径約 30 μm ，高さ約 1.6 μm であった。今後は，パターンサイズを小さくし，AAO と同等の数百 nm 直径のナノ繊毛体の構造作製を目指していく。

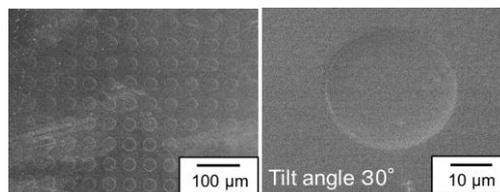


図3 マイクロ構造体

参考文献

- 1) T. Hatsuzawa, M. Hayase, T. Oguchi, Sensors and Actuators A: Phys., 105, (2003)183-189
- 2) J. Sakurai, M. Mizoshiri, S. Hata, Proc. 9th Pacific Rim Inter. Conf. on Advan. Mater. Process. (PRICM9), PS6-14 (2016.8 Kyoto, Japan)