

## バイオナノプロセスの MEMS 応用

### Bio Nano Process for MEMS Devices

豊田工大<sup>1</sup>, 奈良先端大<sup>2</sup>, CREST JST<sup>3</sup> ◦熊谷慎也<sup>1,3</sup>, 山下一郎<sup>2,3</sup>, 浦岡行治<sup>2,3</sup>, 佐々木実<sup>1,3</sup>

TTI<sup>1</sup>, NAIST<sup>2</sup>, CREST JST<sup>3</sup> ◦S. Kumagai<sup>1,3</sup>, I. Yamashita<sup>2,3</sup>, Y. Uraoka<sup>2,3</sup>, M. Sasaki<sup>2,3</sup>,

E-mail: kumagai.shinya@toyota-ti.ac.jp

我々はタンパク質の持つ性質を利用するナノ構造作製プロセス、「バイオナノプロセス」を提案している[1]。その特徴である、1. 均一な無機ナノ粒子・ナノワイヤ作製、2. タンパクと固体表面の相互作用を利用した任意パターン配置、3. 熱処理によるタンパクの選択的除去、を利用してナノデバイスの作製・評価を進めてきており[1,2]、現在、MEMS への適用を検討している。

CVD で様々な基板上に堆積できる Si 薄膜は MEMS に欠かせない。CMOS との混載が可能になることは大きなメリットといえる。しかしながら、薄膜中に含まれる結晶粒界等の欠陥部では、MEMS 駆動時に内部摩擦でエネルギーが散逸し、動作特性が損なわれる。我々は、かご状タンパク質フェリチンに内包させた Ni ナノ粒子を用いる金属誘起横方向結晶成長 (MILC) で[3]、Si 薄膜中の結晶粒径を増大させて欠陥を減少し、その薄膜を用いて MEMS の特性向上を検討している。

カンチレバー型振動子を試作し、その動作特性を評価した。熱酸化した Si 基板上に CVD でアモルファス Si 薄膜を堆積させた後、リフトオフで Ni フェリチンをパターン配置する。MILC によって Ni フェリチンの吸着パターンから伸張する結晶化領域を振動子の本体構造に利用する (Fig.1)。試作した振動子の共振特性を測定し、 $Q$  値を評価した。 $Q$  値は振動系に蓄積されるエネルギーと散逸するエネルギーの比で定義され、 $Q$  値が高いほど振動の効率が良い。

参照用振動子 (MILC なし) では、電子後方散乱回折法 (EBSD) で検出できないほどの微結晶状態であり、 $Q=12100$  を示した (Fig.2)。MILC の成長方向を考慮し、カンチレバー振動方向に対する結晶粒界の位置を制御した。軸方向に結晶化を行った振動子では、 $Q=26200$  まで増大した[4]。比較のため、MILC の成長を衝突させてカンチレバー本体に結晶粒界を形成すると、結晶粒径は大きい、 $Q=6400$  と著しく低下した。事前に Si 薄膜をエッチング加工して MILC の成長方向に構造的制約を加えれば、一つの結晶核から優先的に成長させて、均一な結晶化も可能である[5]。

本研究の一部は CREST/JST、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 (豊田工業大学微細加工プラットフォーム) の支援を受けて実施された。

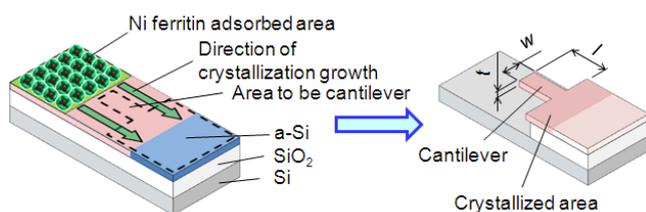


Fig. 1: Cantilever resonator fabricated through MILC.

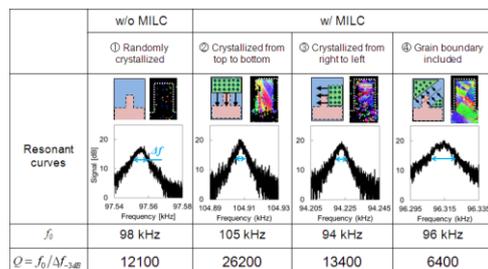


Fig. 2: Resonant characteristics.

[1] Yamashita et al., BBA, **1800**(2010)846. [2] Uenuma et al., APL, **100**(2012)083105. [3] Kirimura et al., APL, **86**(2005)262106. [4] Kumagai et al., APL, **103**(2013)223103. [5] 富川 et al., 2013 秋応物, 17p-P5-7.