

中央連結型微小機械振動子を用いた高感度熱応力検出

Highly sensitive thermal stress detection

using elastically center coupled nanomechanical resonator

東大院工¹, 東大院新領域² ○田中 航大¹, 前田 悦男¹, 割澤 伸一^{1,2}, 米谷 玲皇^{1,2}

Grad. Sch. of Eng., Univ. of Tokyo¹, Grad. Sch. of Front. Sci., Univ. of Tokyo²,

○Kodai Tanaka¹, Etsuo Maeda¹, Shin-ichi Warisawa^{1,2}, Reo Kometani^{1,2}

E-mail: tanakakodai@lelab.t.u-tokyo.ac.jp

近年, 安価かつ高感度な波長検出デバイスとして微小機械振動子に関する研究が行われている。振動子にレーザを照射した際の熱応力発生を波長依存させ, この熱応力による共振周波数のシフトを測定することで波長を計測する^[1]。この計測方法は振動の Q 値に感度が依存し, 振動子は熱が加わると Q 値が低下するため, より高分解能な波長計測に向けて Q 値によらない熱応力の検出方法が求められる^[2]。

本研究では微小連結機械振動子に注目した。連結機械振動子では同位相の対称振動モードと逆位相の反対称振動モードが励起され, 反対称振動モードの振幅は質量付加や応力印加に対して大きく変化する^[3]。振幅測定は Q 値に依存しないため, 高感度熱応力検出を実現し波長計測の高分解能化が期待できる。

微小連結機械振動子の振幅測定では隣接する対称振動モードの裾野に反対称振動モードのピークが埋もれてはならない。本研究では中央の接地した柱によって連結した独自構造の微小連結機械振動子を提案し, 従来の構造より二つの振動モードが離れた振動子を実現した。

振動子は Si 基板上に集束イオンビーム(Focused-Ion-Beam, FIB)によるイオン注入を行い, 水酸化テトラメチルアンモニウム(Tetramethylammonium hydroxide, TMAH)を用いたウェットエッチングによって作製した(Fig.1)。特に中央部分は多量のイオンを注入することで基板を掘り, 中空の柱形状を作製した。

光ヘテロダイン微小振動計測装置を用いて振動子中央部分に励振レーザ, 右方に計測レーザを照射することで振動スペクトルを測定した。振動子の左方に 1546 nm の出力可変レーザを 0-700 μ W で照射することにより振動子に熱応力が加わり, レーザパワーに対して反対称振動モードの振幅が変化した(Fig.2)。測定装置の振幅分解能と検出限界振幅, レーザパワーと印加される熱応力の関係より熱応力検出感度は 0.643-5.63 kPa と算出された。この結果より共振周波数のシフトを利用する方法より高感度な熱応力検出の可能性が示された。今後この新たな中央連結型微小機械振動子による高感度波長計測の実現が期待される。

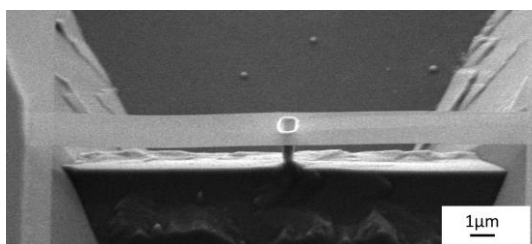


Fig.1 FIB イオン注入, TMAH ウェットエッチングプロセスにより作製した中央連結型微小機械振動子の走査電子顕微鏡画像

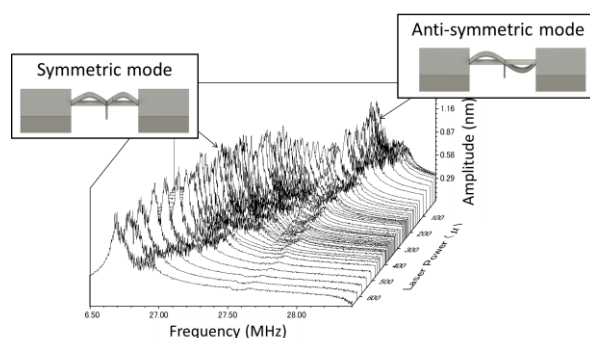


Fig.2 出力可変レーザのレーザパワーに対する微小連結機械振動子の振動スペクトル

参考文献

- [1] 後藤 雅貴, 前田 悦男, 米谷 玲皇:第 63 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 21p-P17-15 (2016).
- [2] J. P.Mathew, et. al.: Nano Lett. **15**, pp. 7621-7626 (2015).
- [3] H. Okamoto et. al.: Appl. Phys. Lett. **98**, 010143(2011).