

マイクロ片持ち梁熱振動の 2 モード同時制振

Simultaneous suppression of two thermal vibration modes of a micro-cantilever

○鐘ヶ江 力¹、辻家 祐介¹、今井 秀和²、河村 良行^{1,2} (1. 福岡工大院工、2. 福岡工大工)

○Riki Kanegae¹, Yusuke Tsujiie¹, Hidekazu Imai², Yoshiyuki Kawamura^{1,2}

(1.Grad. Sch. of Fukuoka Institute of Technology, 2.Fukuoka Institute of Technology)

E-mail: mcm15004@bene.fit.ac.jp

現在微小機械振動子は、加速度計、振動ジャイロ、原子間力顕微鏡などの超精密計測器に用いられている。しかし、振動子は熱により常に振動している。計測機器の小型化・高感度化が進んで行く中、この熱雑音が計測限界の一つの要因になりうる。この熱雑音を限界まで抑制することで、計測機器の計測限界を極限まで引き上げることができる。本研究では、この熱振動を限界まで制振することを目的とする。

本研究で使用したマイクロシリコン片持ち梁は、長さ 100 [μm]、幅 30 [μm]、厚さ約 0.18 [μm]である。ばね定数は 0.006[N/m]、共振周波数は、一次振動モードが約 15[kHz]、二次振動モードが約 95 [kHz]である。等価質量は、 7.2×10^{-13} [kg]である。材質は、窒化シリコンであり、表面には金がコーティングされている。この片持ち梁の Q 値は、高真空中において、約 500 [-]である。図 1 に実験のシステム図を示す。片持ち梁は、精密に動かすために単層型電歪素子(以降 PZT)に取り付けられている。片持ち梁の熱振動計測には、マイケルソン干渉計を用いている。本実験では、マイケルソン干渉計全体を真空容器に入れ、 5×10^{-3} [Pa]の真空中で実験を行っている。観測用レーザには、出力約 1[mW]、波長 632.8[nm]の He-Ne レーザを使用している。検出された熱振動の信号は、ローパスフィルタ (LPF) を通り、微分器を用いて位相を 90° 遅らせる。この熱振動の信号に、ループゲイン G を掛けたものを、片持ち梁を動かすための PZT に印加する。PZT が動くことで、片持ち梁に対して慣性力が生じる。この慣性力を利用して片持ち梁の熱振動制振を行った。計測される信号は、FFT アナライザを用いて解析した。Fig. 1 中の x は実際の熱振動、 x_n はバックグラウンドノイズ、 $x+x_n$ は計測される熱振動の信号である。

図 2 に、各ループゲインにおける、計測された熱振動のパワースペクトル密度の変化を示す。熱振動の二つの振動モードを同時減衰させている。ループゲインを上げていくごとに、二

つの振動モードのパワースペクトル密度が同時に減衰していることが分かる。また、バンドパスフィルタで一つの振動モードを選択し振動の減衰を行ったところ、選択した振動モードの振動は減衰させることに成功したが、他の振動モードの振動は一切減衰していないことが分かった。これより、一つの振動モードを減衰させることは、選択した振動モード以外の振動には影響を及ぼさないことが分かった。実験結果の解析の詳細は、発表に譲る。

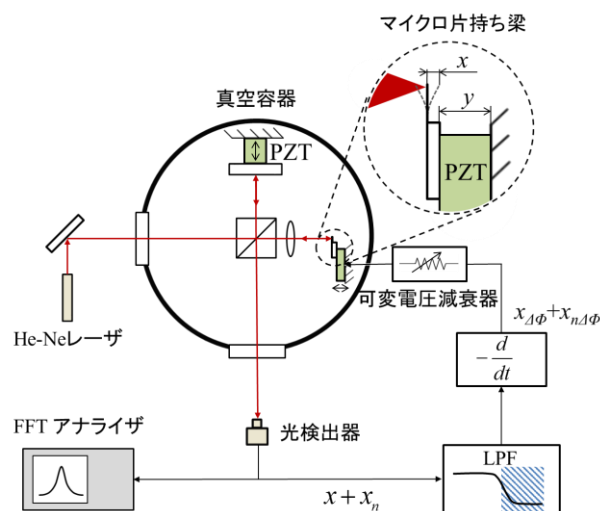


図 1 マイクロ片持ち梁の熱振動制振装置

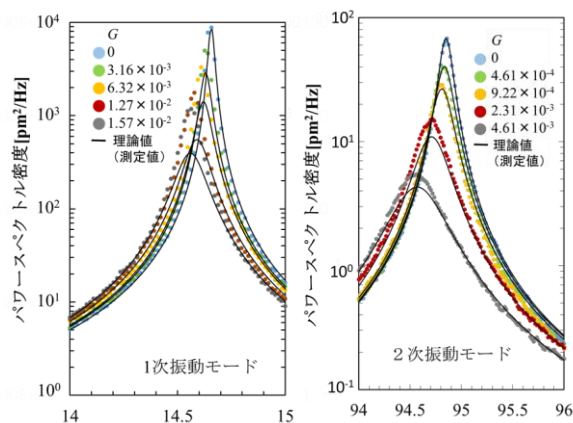


図 2 二つの振動モードのパワースペクトル密度の同時減衰