1MHz の固有振動数を有するマイクロ片持ち梁の熱振動制振

Thermal vibration suppression of a microcantilever having 1MHz natural frequency

1. 福岡工大院工、2. 福岡工大工 ○鐘ヶ江 力[1]、辻家 祐介[1]、今井 秀和[2]、河村 良行[1,2]

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

°Riki Kanegae[1], Yusuke Tsujiie[1], Hidekazu Imai[2], Yoshiyuki Kawamura[1,2]

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

現在機械振動は，原子間顕微鏡や加速度計などの計測機器に用いられている．しかし，物体は，熱により常に振動している．計測機器の小型化や高感度化が進んでいる中で，この熱による振動が最終的なノイズとして残ってしまい，計測精度の限界を決める要因になる．この熱振動を取り除くためには，振動子を絶対零度まで冷やす必要がある．物体の限界の振動である零点振動まで熱振動を除去することで，計測精度の限界の引き上げが期待できる．本研究では，電歪素子駆動によるフィードバック冷却を用いて，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 9 [μm]，幅 2 [μm]，厚さ約 0.13 [μm]である．ばね定数は 0.14[N/m]，共振周波数は，約 1.3[MHz]，等価質量は，2.1×10^{-15}[kg]である．材質は，窒化シリコンであり，裏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，真空中において，約 600 [-]である．図 1 に実験のシステム図を示す．片持ち梁は，精密に動かせるように単層型電歪素子(以降 PZT) へ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．光検出器には，アバランシェフォトダイオードを用いた．本実験では，マイケルソン干渉計全体を真空容器に入れ，2×10^{-2}[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，ハイパスフィルタ(HPF)を通り，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，スペクトラム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，計測された熱振動のパワースペクトル密度の減衰を示す．赤の点は制振前，青の点は制振されたパワースペクトル密度である．パワースペクトル密度のピーク値は，3.5[pm/√Hz]から 0.85[pm/√Hz]まで制振された．しかし，計測系のノイズにより制限される制振限界に達する前に発振が見られた．実験結果の解析の詳細は，発表に譲る．

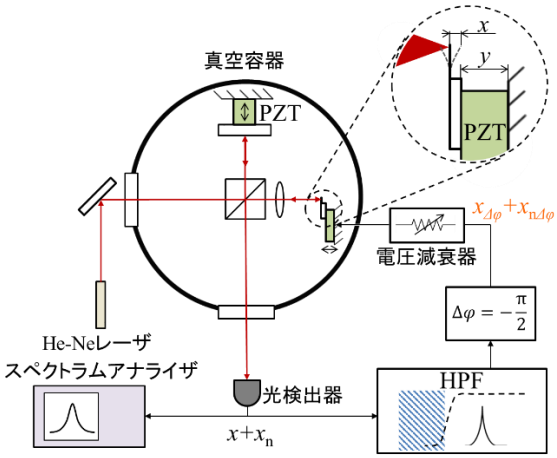

図 1 マイクロ片持ち梁の熱振動制振装置

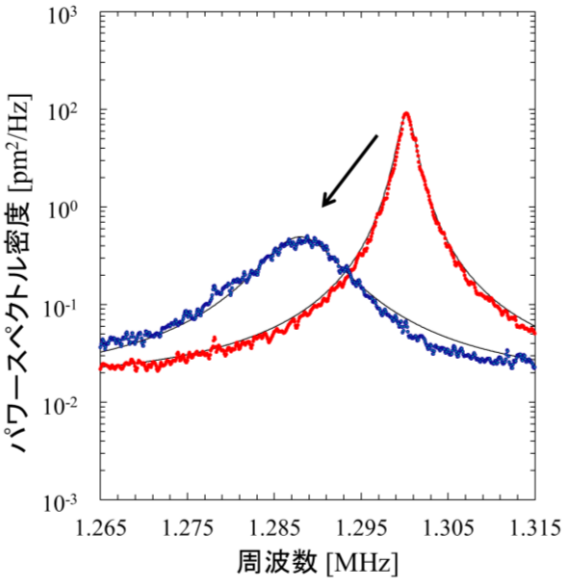

図 2 パワースペクトル密度の減衰