

複数遅延半波制御による高速スキャン制御の開発

Damping Control of Oscillation with Large Displacement Scan by Multiple Delayed Half Waves

金沢大・数物¹, 金沢大・WPI-NanoLSI²

○(M1) 金田 駿哉¹, 渡邊 信嗣²

Math. & Phys., Kanazawa Univ.¹, WPI-NanoLSI, Kanazawa Univ.²,

°Shunya Kaneda¹, Shinji Watanabe²

E-mail: syunya1998@stu.kanazawa-u.ac.jp

走査型プローブ顕微鏡で用いられる圧電素子から構成されるスキャナは、固有の機械共振を有し、これによりスキャナの制動性能は制限されてしまう。スキャナの制動性能を向上するために、様々なフィードバック/フォワード (FF) 制御が考案されている。特に高速スキャンを目的とした制御には、FF 制御が適しており、Q 値制御を行う逆伝達補償が広く普及している。しなしながら、よく用いられるスキャナの伝達特性を二次遅れ系で近似する逆伝達補償では、現実のスキャナの伝達特性を完全に再現できないため、高速かつ大変位でスキャナを制動しようとする、実際は共振が発生してしまう。また、スキャナを駆動する際に制御で考慮していない駆動電圧の僅かな歪みによっても共振は誘起されるなど、といった課題がある。この問題を改善するために、本研究では、Q 値制御に変わる新たな FF 制御を考案し、その有効性を検証したので報告する。

考案した FF 制御 (MDHW 制御とする) では、周波数、振幅が可変な複数の半周期の正弦波を、立ち上がり時間 $1/f_r$ のステップ関数に、それぞれ異なるタイミングで加算した電圧パターンによってスキャナを駆動している。基準共振 $f_0 = 3.8$ kHz を有するスキャナを用いて、MDHW 制御の有効性を検証した。Fig. 1a では、スキャナを 500 nm 変位させた際の振動制時間 Δt_{step} (スキャナ駆動直後から振動振幅が 10 nm 以下まで減衰する時間) に関して、 f_r が f_0 を超える 10 kHz まで変化させて、Q 値制御 (上パネル) と MDHW 制御 (下パネル) で比較した。Q 値制御では $f_0 > f_r$ の条件下で $\Delta t_{\text{step}} \sim 1/f_r (> 1/f_0)$ 程度で制振できるものの $f_0 < f_r$ の条件下では良い制振ができなかった。これに対し、MDHW 制御は $f_0 < f_r$ の条件下でも $\Delta t_{\text{step}} \sim 1/f_0$ 程度の良い制振を行えることがわかった。更に、Fig. 1b に示すように、MDHW 制御は広いスキャナ変位 (Step size) の範囲にわたって Q 値制御より優れた性能を示した。発表では MDHW 制御を走査型イオン伝導顕微鏡計測に適応した結果を示し、高速走査に対する有効性を詳細に議論する予定である。

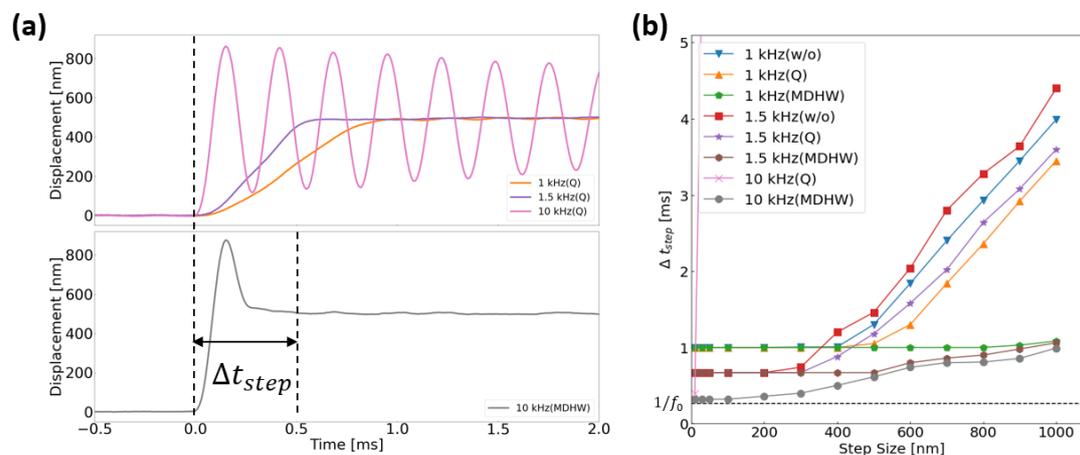


Figure 1. (a) Transient response of scanner displacement with conventional Q (upper) and MDHW (lower) controls. (b) Damping performance Δt_{step} as a function of step size for conventional Q, MDHW, and without any controls (w/o).