

## 高 Q 値機械共振器の高速振幅制御

## Quick control of the vibration amplitude in high-Q mechanical resonators

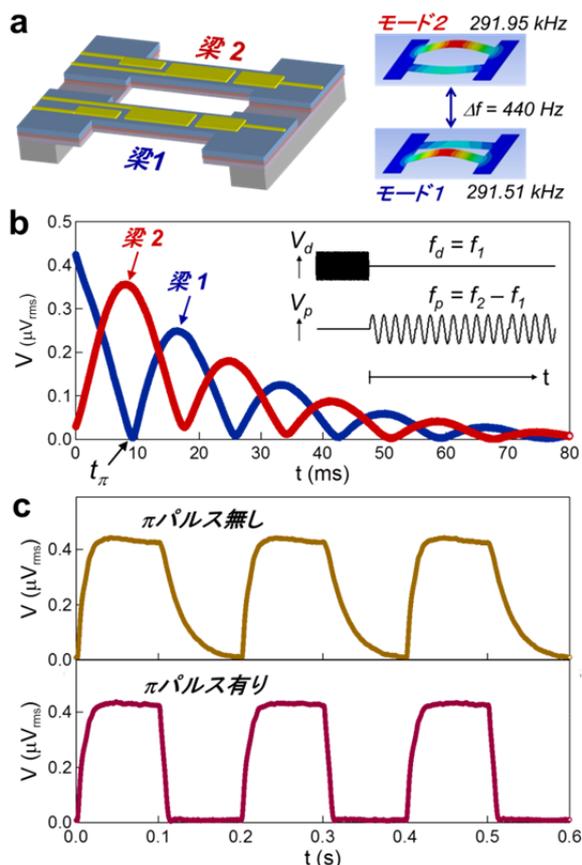
NTT 物性基礎研, ○岡本 創, マブーブ イムラン, 小野満恒二, 山口 浩司

NTT Basic Research Labs. ○Hajime Okamoto, Imran Mahboob, Koji Onomitsu, Hiroshi Yamaguchi

E-mail: okamoto.hajime@lab.ntt.co.jp

鋭い共振スペクトルを与える高 Q 値機械共振器は高感度センサ、バンドパスフィルタ、メモリ・ロジックなど幅広い用途において昨今注目されている。しかしながら、高い Q 値を有する機械共振器では振動の減衰時間が長く、そのため共振器を初期化して再び使用するまでに要する“動作速度”の低速性が問題となる。この Q 値と動作速度のトレードオフ関係を打破する新しい技術が生み出せれば、高性能な高 Q 値機械共振器を高速で繰り返し使用することが可能となり、応用範囲が更に広がることが期待される。本講演では、このトレードオフ問題を回避する技術として最近我々が開発した、機械共振器間のパラメトリック結合を用いた高速振幅制御手法を紹介する。

使用した素子は 2 つの GaAs 両持ち梁が両端で連結した構造を有し、電極を介した圧電効果によりバネ定数の変調や振動の励起・検出が可能である (図 1 a) [1]。いま梁 1 の振動モード ( $f_1$ ) と梁 2 の振動モード ( $f_2$ ) の差周波 ( $f_2 - f_1$ ) でバネ定数を変調すると、Q 値で決まる減衰時間の間に 2 つの梁が交互に振動する“コヒーレント振動”が誘起される (図 1 b) [1]。このようなパラメトリック強結合が実現すると、振動周期の半分の時間 ( $t_\pi$ ) でバネ定数の変調を止める“ $\pi$ パルス操作”により、梁 1 の振動を時刻  $t_\pi$  で止めることができる。つまり、Q 値で決まる本来の立ち下げ時間よりも遥かに短い時間の間に共振器を初期化することが可能となる (図 1 c) [2,3]。本手法は隣接機械共振器への振動状態 (情報) の転送を可能とするため、単一機械共振器の高速繰り返し動作のみならず、機械共振器アレイを用いた信号処理応用にもつながる技術として期待される。



謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費補助金 (23241046) の助成を受けた。

文献：[1] H. Okamoto *et al.*, *Nature Phys.* **9**, 480 (2013). [2] 岡本 創, 山口浩司, *超音波 TECHNO*, 2014年5-6月号, pp.80-83. [3] H. Yamaguchi *et al.*, *Appl. Phys. Exp.* **5**, 014001 (2012). [4] N. Liu *et al.*, *Nature Nanotech.* **3**, 715 (2008).

図 1. (a) 素子の模式図と有限要素法計算によって得られた 2 つの振動モード形状。梁は、長さ 100  $\mu\text{m}$ 、幅 34  $\mu\text{m}$ 、厚さ 0.8  $\mu\text{m}$ 、*i*-GaAs、*n*-GaAs、AlGaAs の 3 層とゲート電極により構成される。2 つの梁は両端部の 25  $\mu\text{m}$  オーバーハングを介して連結 [1]。 (b) 2 つの梁のコヒーレント振動。測定に用いた励起用パルス ( $V_d$ ) と変調用パルス ( $V_p$ ) は挿入図を参照 ( $V_d = 1 \text{ mV}_{pp}$ 、 $V_p = 1.54 \text{ V}_{pp}$ )。周波数  $f_1$  における梁 1 の振幅と周波数  $f_2$  における梁 2 の振幅の時間応答を図示 (1.5 K、真空中)。 (c) 変調用  $\pi$ パルスを用いずに、励起用パルスのみを 0.1 秒おきにオン・オフした際の梁 1 の時間応答 (上) と励起用パルスオフ時に変調用  $\pi$ パルス ( $t_\pi = 9\text{ms}$ ) をオンした際の時間応答 (下)。励起には素早い立ち上がりを可能とする 2 段階励起手法[3,4]を使用。