

GaAs 結合機械共振器におけるフォノン多重波混合

Phononic multi-wave mixing in GaAs coupled mechanical resonators

NTT 物性基礎研, °岡本 創, マブーブ イムラン, 山口 浩司,

NTT Basic Research Labs. °Hajime Okamoto, Imran Mahboob, Hiroshi Yamaguchi

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

GaAs 微小機械共振器は電気機械的なオンチップ動作が可能な MEMS 素子として注目される[1]。我々はこれまでに、圧電的なバネ定数の変調によるパラメトリックモード混成 (ポンピング) [1] を用いて、周波数の異なる 2 つの GaAs 機械共振器をダイナミックに結合させることに成功している[2]。このダイナミックな結合は 2 つの振動モード (ω_1, ω_2) の差周波ポンプフォノン (ω_p) の吸収・放出過程 ($\hbar\omega_2 \leftrightarrow \hbar\omega_1 + \hbar\omega_p$) を介しており、メカニカル素子のコヒーレント制御を可能とする[2,3]。本講演では、このような機械共振器間のダイナミックな結合が $\omega_p = (\omega_2 - \omega_1)/n$ (n は自然数) の周波数条件を満たす際に複数次誘起されることを報告する。

素子は i -GaAs、 n -GaAs、AlGaAs の 3 層とゲート電極から成る 2 つの梁が両端で連結した構造を有し、ゲート電界により発生する AlGaAs バリア層内の圧電応力を用いてバネ定数の変調や梁の励振が可能である[図 1 (a)]。また圧電変換により発生する電圧を読むことにより梁の振動を検出できる[図 1 (a)]。この素子は梁 1 が主に振動するモード ($\omega_1 = 2\pi \times 293.93$ kHz) と梁 2 が振動するモード ($\omega_2 = 2\pi \times 294.37$ kHz) を有するが[図 1 (b)]、初めに梁 1 を周波数 ω_1 で励振し、ある時刻で励振を止めると同時に周波数 $(\omega_2 - \omega_1)/n$ のポンプ電圧を印加すると、2 つのモード間で周期の異なるコヒーレント振動が観測される[図 1 (c)]。これらはそれぞれ n 個のポンプフォノン吸収・放出過程 ($\hbar\omega_2 \leftrightarrow \hbar\omega_1 + n\hbar\omega_p$) を伴うフォノン多重波混合の結果であり[図 1 (d)]、2 つの機械共振器間に結合レートの異なる様々なダイナミック結合が生み出される。複数次フォノンを介したダイナミック結合は周波数の変化に敏感なため、質量・電荷などの高感度センサ応用が期待される。

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費補助金 (23241046 & 20246064) の助成を受けた。

参考文献：[1] I. Mahboob *et al.*, Nature Phys. **8**, 387 (2012). [2] H. Okamoto *et al.*, Nature Phys. (2013) in press. [3] H. Yamaguchi *et al.*, APEX **5**, 014001 (2012).

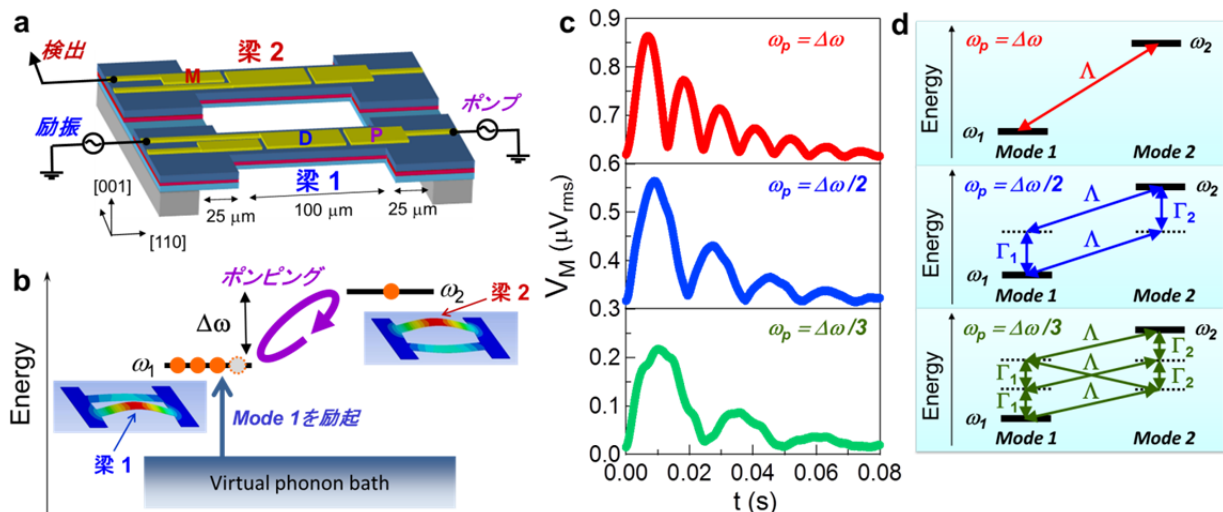


図 1. (a) 素子と測定の概略図。電極 D に印加する周波数 ω_1 の励振電圧 (1.5 mV_{p-p}) をある時刻で OFF すると同時に電極 P に周波数 $(\omega_2 - \omega_1)/n$ のポンプ電圧 (1 V_{p-p}) を印加する。ポンプ ON 後の周波数 ω_2 における梁 2 の時間応答を電極 M に発生する電圧で検出する。(b) ポンピングによるフォノン遷移の概念図。(c) $n = 1 \sim 3$ の場合の時間応答。測定環境は 1.5 K 、 $5 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 。(d) $n = 1 \sim 3$ の場合のポンプフォノン吸収・放出過程を介したモード間遷移の概念図。 Γ_1, Γ_2 はモード内、 Λ はモード間の遷移レート。