

メンブレンフォノニック結晶導波路による双安定メモリ制御
**Mechanical bistable memory controlled by a membrane-based
 phononic crystal waveguide**

NTT 物性科学基礎研究所 ○畑中 大樹、マブーブ イムラン、小野満 恒二、山口 浩司

NTT Basic Research Laboratories ○Daiki Hatanaka, Imran Mahboob, Koji Onomitsu, and Hiroshi Yamaguchi

e-mail: hatanaka.daiki@lab.ntt.co.jp

固体中を伝搬する音波，すなわち弾性振動の最小単位をフォノンと呼ぶ．フォノンは音や熱の伝搬を司るエネルギー素量であり，これをキャリアとして利用することによって，省エネルギーや環境耐性の点において優れた情報処理システムの構築が可能になるとの期待がある．弾性振動の制御において，最も有力なデバイスの一つに微小電気機械共振器(NEMS)がある．その高い Q 値や小さい質量により，これまでにスイッチやメモリ[1]，ロジック素子[2]等，様々なフォノニックデバイスが提案・実証されてきた．しかしながら，これら NEMS 素子の弾性振動の制御には，電氣的または光学的なアクセスが必要であり，真の意味でのフォノンのみによる信号処理システムは実現されていない．現在我々は，全機械的なフォノニックデバイスの構築を目指して，メンブレンフォノニック結晶(PnC)導波路[3]を用いた NEMS 制御に関する研究に取り組んでいる．本発表では，その機械的制御の実証例として，室温・真空下において，PnC 導波路による NEMS の双安定メモリ操作に関して報告する．

NEMS 素子は圧電特性を有する GaAs(5 nm) / $\text{Al}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{As}$ (95 nm) / n-GaAs(100 nm)ヘテロ構造の円形薄膜メンブレンから構成されており、図 1 のように PnC 導波路とその薄膜振動部を介して両側で結合している．この NEMS—導波路結合構造は周期孔から流し込んだ希フッ化水素酸溶液による犠牲層($\text{Al}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ [3 μm])エッチングによって形成されている[3]．PnC 導波路を左端から圧電的に強く加振すると、導波路中央の NEMS 素子においてヒステリシスをもつ Duffing 型の非線形局所振動が発現する(図 2)．そして、ヒステリシスループ内の周波数 2.233 MHz で図 3 の上パネルに示すような一連のパルス振動を導波路から入力すると、NEMS 振動の双安定状態を使ったメモリ動作や、その安定状態間でのスイッチング動作が観測された(図 3 の下パネル)．本結果より、PnC 導波路を用いた NEMS 素子の機械的制御が確認され、全機械的なフォノニック信号処理システムの実現可能性が見出された．

[1] O. Y. Loh et al., Nature Nanotech. **7**, 283 (2012). [2] I. Mahboob et al., Nature Comm. **2**, 198 (2011).

[3] D. Hatanaka et al., arXiv:1401.5573.

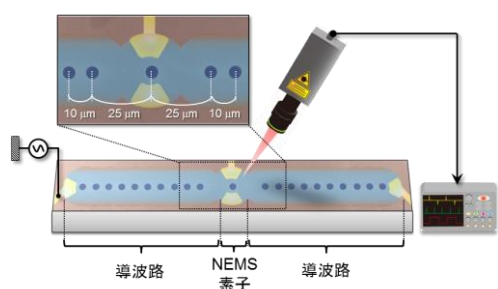


図 1 NEMS - PnC 導波路とその測定セットアップ。NEMS 素子の振動はドップラー干渉計によって測定された。

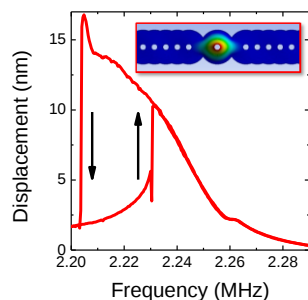


図 2 $0.5 V_{\text{rms}}$ で加振時での NEMS 素子の周波数応答．挿入図は，有限要素法によるその振動モード形状の計算結果．

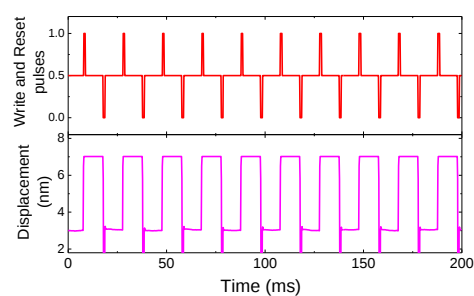


図 3 NEMS 素子の双安定メモリ動作の入力振動パルス(上)とその出力結果(下)．