

電気機械フォノン結晶による超音波フォノンのオンチップ制御

On-chip manipulation of ultrasonic phonons in electromechanical phononic crystals

NTT 物性基礎研 [○]畑中 大樹、黒子 めぐみ、山口 浩司NTT Basic Research Laboratories [○]Daiki Hatanaka, Megumi Kurosu, and Hiroshi Yamaguchi

e-mail: daiki.hatanaka.hz@hco.ntt.co.jp

微小な立体機械構造から成る電気機械共振器は、高品質、且つ、低損失な振動の励起・検出を可能にする。我々は、これをフォノン結晶 (PnC) へと組み込むことで、電気機械素子のもつ振動のダイナミックな制御性と PnC が得意とする進行波の空間保持力を併せ持つ、新しい電気機械 PnC 構造を実現し [1]、その周期的な構造を基盤にした超音波の制御技術に関する研究を行ってきた。これまでに、群速度分散を介した波束の圧縮や拡大といった波束エンジニアリング技術の実証や [2]、薄膜導波路構造において顕著に現れる非線形振動波の観測と、関連非線形フォノン現象の実現可能性について探求してきた [3]。更に、スピン等の異種システムとの将来的な複合化を見据え、サブ GHz の超音波を制御できる極超音波 PnC 素子の作製にも成功している [4]。本講演では、これら代表的な研究成果について述べるとともに、PnC 素子のスピンメカニクスへの応用可能性についても言及したい。

図に我々が研究で用いた電気機械 PnC 素子 (左) と極超音波 PnC 素子 (右) の模式図と SEM 写真を示す。これらは GaAs/AlGaAs のヘテロ構造を母材に用いており、圧電効果を介して電氣的に振動をオンチップで励起できる。PnC は、薄膜振動部に一次元、もしくは、二次元的な周期孔を形成することで実現している。これによりバンドギャップ効果を利用したフォノンの分散変調が可能となり、上述した一連の超音波制御が実現される。

[1] D. Hatanaka et al., Nat. Nanotechnol., **9**, 520-524 (2014). [2] M. Kurosu et al., Nat. Commun., **9**, 1331 (2018). [3] M. Kurosu et al., Phys. Rev. Appl., **13**, 014056 (2020). [4] D. Hatanaka and H. Yamaguchi, Phys. Rev. Appl., **13**, 024005 (2020).

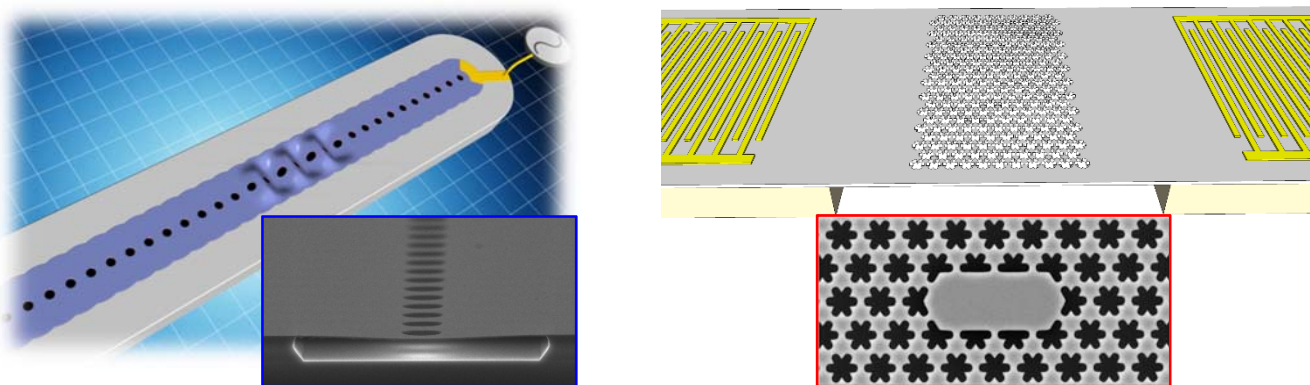


Fig. Schematics of an electromechanical PnC (left) and a hypersonic PnC (right). A piezoelectric transducer is introduced that enables ultrasound/hypersound waves to be excited. The vibrations travel through periodic air-hole structures that give rise to a phononic bandgap. The insets show SEM images of cross-sectional (left) and top views (right) of these devices. A line-defect cavity is formed in a hypersonic PnC lattice.