

Si フォノン導波路における座屈変形によるソフトニング非線形性

Softening nonlinearity due to buckling configuration in Si phonon waveguides

NTT 物性科学基礎研究所 ○黒子 めぐみ, 畑中 大樹, 岡本 創, 山口 浩司

NTT BRL Megumi Kurosu, Daiki Hatanaka, Hajime Okamoto, and Hiroshi Yamaguchi

E-mail: megumi.kurosu.hf@hco.ntt.co.jp

弾性波は光と比較して、短波長、遅い音速、真空への放射損失がないなど優れた特徴を有している。近年では、このような弾性波の優れた特性を利用した、フォノン集積回路の研究が注目を集めている[1,2]。現在は、集積回路の構成要素であるセンサ、トランスデューサ、導波路などの機能向上の研究が盛んに行われているが、その中でも導波路は信号伝搬を担い、各々の構成要素を結合させる重要な役割を担っている。近年では、フォノン結晶や音響メタマテリアルなどの人工構造を用いてフォノンの分散関係や非線形性を操作することで、導波路中に安定した伝搬特性を持つソリトン状態や、検出感度向上に寄与する非線形パルス圧縮状態を生成できる可能性が指摘されている[3]。これらの従来とは異なる特徴を有する伝搬波は、フォノン導波路の機能を拡張する新しい制御技術としての応用が期待されるが、我々がこれまで使用してきた GaAs 系材料では圧電効果が弱いため、その実現は困難であった[4]。我々は、前回大会で発表した優れた圧電体であるチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) をトランスデューサとして組み込んだ Si フォノン導波路を利用し、その非線形特性を評価したので報告する。

本研究で用いたフォノン導波路は Si 薄膜振動部 (400 nm) が SiO₂ 支持層 (2 μm) によってサスペンドされた構造を持つ (図 a)。薄膜振動部では、支持基板である Silicon-on-insulator の圧縮応力により面直方向の座屈変形が生じることが明らかになった。通常の導波路においては、非線形性の最低次は 3 次の非線形項であるが、座屈変形により上下振動の対称性が破られた結果、非線形性に 2 次の非線形項が加わることとなる。座屈変形により生じた 2 次の非線形項により、通常の導波路における非線形性とは逆符号のソフトニング非線形が生じることを明らかにした (図 b) [5]。当日の発表では、非線形モード結合、2 次非線形による周波数変換なども合わせて議論する予定である。

[1] W. Fu *et al.*, Nat. Comm. 10, 2743 (2019). [2] Y. Dahmani *et al.*, Physical Review Applied 13, 024069 (2020).

[3] A. Nayfeh *et al.*, Nonlinear Oscillations (Wiley Classics Library, 2008).

[4] M. Kurosu *et al.*, Phys. Rev. Applied 13, 014056 (2020). [5] M. Kurosu *et al.*, arXiv:2112.00909 (2021).

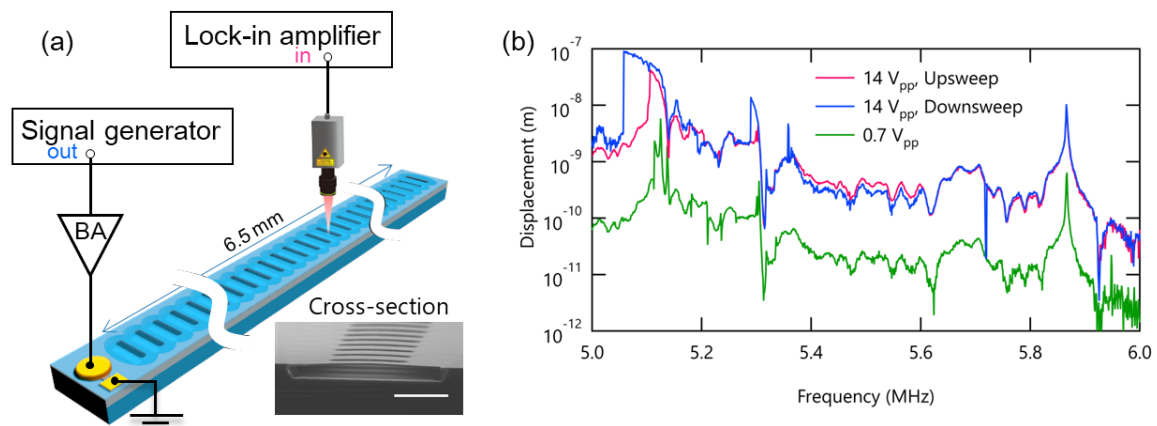


Fig. (a) Schematic of the device and measurement set-up and the cross-sectional SEM image of a silicon phonon waveguide. (b) Frequency responses of the phonon waveguide, where the red, blue, and green lines indicate up-sweep with 14 V_{pp}, down-sweep with 14 V_{pp}, and up sweep with 0.7 V_{pp}, respectively.