

楕形電極を用いたフォノン結晶導波路における非線形効果

Nonlinear effects in a phononic crystal waveguide with an interdigital transducer

NTT 物性科学基礎研究所¹, 東北大理院² ○(DC)黒子 めぐみ^{1,2}, 畑中 大樹¹, 山口 浩司^{1,2}

NTT Basic Research Laboratories¹, Tohoku Univ.² ○(DC)Megumi Kurosu^{1,2}, Daiki Hatanaka¹,

and Hiroshi Yamaguchi^{1,2}

E-mail: kurosu_megumi_s5@lab.ntt.co.jp

音波や超音波に代表されるような音響フォノンは波動性が顕著に現れるため、光子と類似の波動方程式でその運動を記述することが出来る[1]。さらに、フォノン結晶や音響メタマテリアルなどの人工構造によって、フォノンの分散関係や非線形性をエンジニアリングすることも可能となった[2]。それ故、分散関係や非線形性を人工的に操作することで、光子と同じように、ソリトンや周波数コム、ログ波といった高度なフォノン伝搬制御が可能になるとの期待がある。前回までの発表では、薄膜機械共振器から構成されたフォノン結晶導波路が有する高次の分散効果を用い、超音波パルス幅の圧縮や拡大を実現するフォノン時間レンズを実証し、分散関係に着目したフォノンの波束エンジニアリング効果の有効性を示した[3]。今回の発表では、非線形効果を用いたフォノンの伝搬制御性の可能性を探る最初のステップとして、高強度の振動誘起が可能な楕形電極構造をトランスデューサとして組み込んだフォノン結晶導波路を新たに作製し、非線形四波混合効果による高効率周波数変換を試みた。

本研究で用いたフォノン結晶導波路は GaAs (5 nm) / Al_{0.3}Ga_{0.7}As (95 nm) / n-GaAs (100 nm) ヘテロ構造を有する薄膜振動部によって構成される (図 a)。薄膜構造を用いることで、バルクとの大きなインピーダンスミスマッチが生じ、効果的なフォノンパルスの閉じ込めが可能となる。この材料系では圧電膜の低い絶縁耐性により誘起できる振動振幅に制限があるが、電極を楕形構造に変更することにより大きな振動振幅を得る事が可能となり、非線形効果によって引き起こされる四波混合を従来よりも低閾値で観測することに成功した (図 c)。

[1] A. H. Nayfeh and D. T. Mook, Nonlinear Oscillations, Wiley Classics Library. Wiley, (2008).

[2] M. Maldovan, Nature 503, 209 (2013). [3] M. Kurosu, *et al.*, “On-chip phononic time lens”, arXiv:1703.02249.

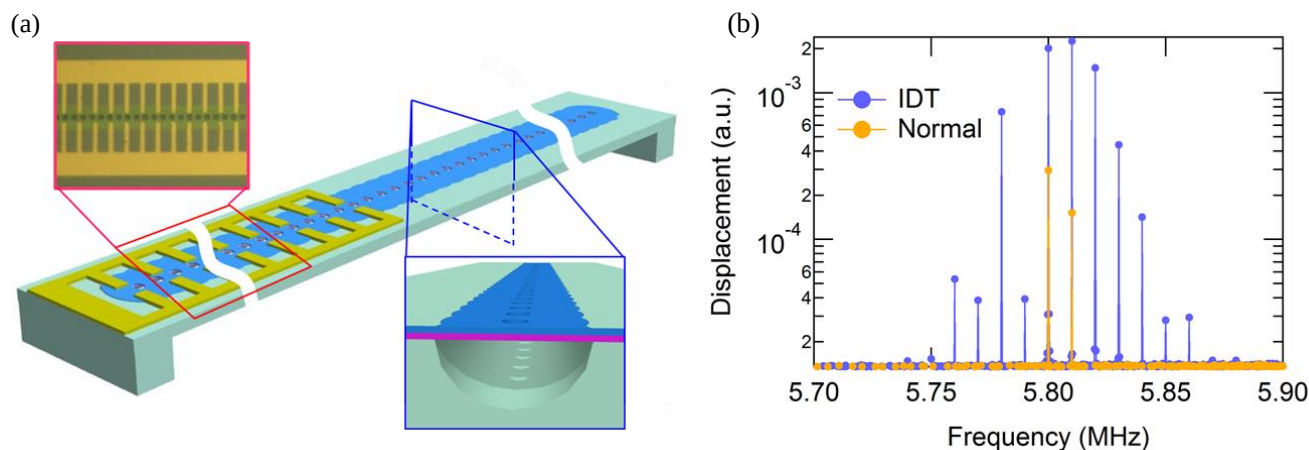


Fig. (a) A schematic of a phononic crystal waveguide with an interdigital transducer (IDT). The cross-sectional view and the IDT structure of the device are shown in the insets. (b) Phononic four-wave mixing (FWM). Signal and pump excitations at 5.80 and 5.81 MHz, with amplitudes of 1 V_{rms}. FWM is not observed with a normal electrode.