

フォニック結晶導波路における四波混合の位相関係

The phase relation between four-wave mixing in a phononic crystal waveguide

NTT 物性科学基礎研究所¹, 東北大院理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音響フォノンには波動性が顕著に現れるため、光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、フォニック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]。これらの技術を用いて分散関係や非線形性を人工的に操作することで、光と同じように、ソリトンや周波数コム、ログ波といった高度なフォノンの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、非線形効果を用いたフォノンの伝搬制御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円電極構造をトランスデューサとして組み込んだフォニック結晶導波路を新たに作製し、共振構造を用いずに三次非線形に由来する四波混合を観測したことを報告した[3]。今回の発表では、四波混合における位相関係を詳細に測定した結果を報告する。

本研究で用いたフォニック結晶導波路は GaAs (5 nm) / Al_{0.3}Ga_{0.7}As (95 nm) / n-GaAs (100 nm) 積層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、効果的な振動の閉じ込めが可能となる。また、高強度の振幅誘起により、系の実効的なばね定数が振動振幅の二乗に依存する三次非線形が生じる。今回用いた構造においては、縮退したポンプ波と信号波が導波路を伝搬することにより、ポンプ波が三次非線形を誘起し、新たにアイドラー波が発生する。このようにして発生したアイドラー波は、信号波の位相反転波であることが理論的に予想される。本研究では、実験的にアイドラー波が位相反転波であることを実験的に明らかにした(図 b)。位相反転関係にあるアイドラー波と信号波を縮退させることで、出力振幅が信号波の位相に依存する位相感応特性が期待され、フォノンの操作性向上に寄与すると考えられる。

[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.

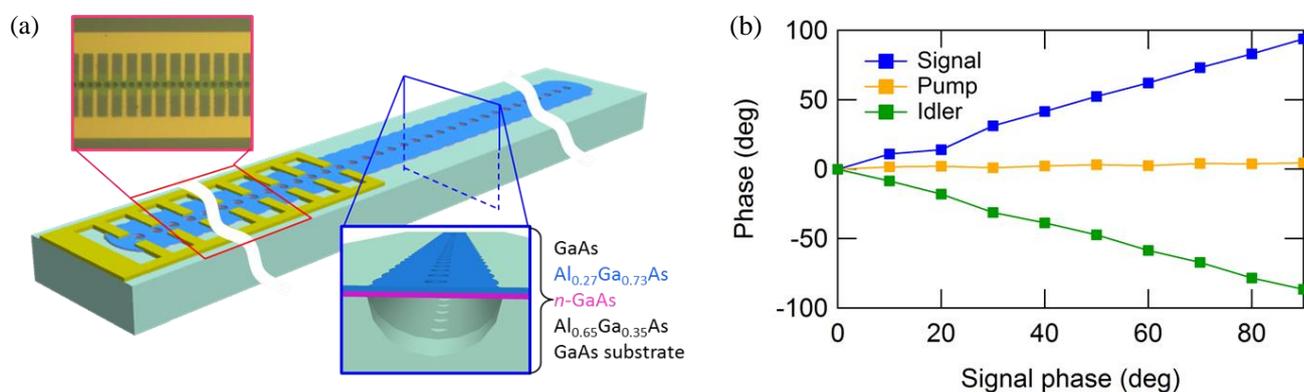


Fig. (a) A schematic of a phononic crystal waveguide with an interdigital transducer (IDT). The cross-sectional view and the IDT structure of the device are shown in the insets. (b) The phase relations between four-wave mixing. Signal and pump excitations at 5.494 and 5.484 MHz, with amplitudes of 0.5 V_{pp} and 2.0 V_{pp}, respectively.