

フォノニック結晶導波路における四波混合と自己位相変調

Four-wave mixing and self-phase modulation in a phononic crystal waveguide

NTT 物性科学基礎研究所¹, 東北大院理² ○(D3)黒子 めぐみ^{1,2}, 畑中 大樹¹, 山口 浩司^{1,2}

NTT BRL¹, Tohoku Univ.² ○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、フォノ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、四波混合とその位相関係の実験結果を報告した。今回は、スプリットステップフーリエ法と呼ばれる数値シミュレーションを行い、導波路に沿った四波混合の実験結果と、シングルパルスによる自己位相変調の位相変化がシミュレーションと良い一致を示すことを報告する。

図 a は、ポンプ波とシグナル波、四波混合によって生成されたアイドラー波のピーク強度の伝搬距離依存性を示している。各点が実験結果、実線がシミュレーション結果を示している。ポンプ波とシグナル波の強度は伝搬とともに減衰する一方で、アイドラー波の強度は 10 mm 付近で最大となる(図 a, b)。伝搬距離 10 mm まではポンプ波の強度が十分強いため、四波混合に伴いアイドラー波が生成されるが、さらに伝搬が進んでいくと、損失によりポンプ波の強度が低下し、アイドラーの生成効率よりも、その伝搬損失が支配的になるため、このような振る舞いが観測される。この現象は、スプリットステップフーリエ法による数値シミュレーションからも確認できる。図 c は、自己位相変調による伝搬に伴う位相変化を示す。これらの測定から系の非線形パラメータの符号と大きさが明らかになり、今後の非線形弾性現象の探索、実験結果の理解が大きく前進すると考えられる。

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

[2] M. Kurosu, *et al.*, *Nat. Com.* 9, 1331 (2018). [3] G. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics* (Academic Press).

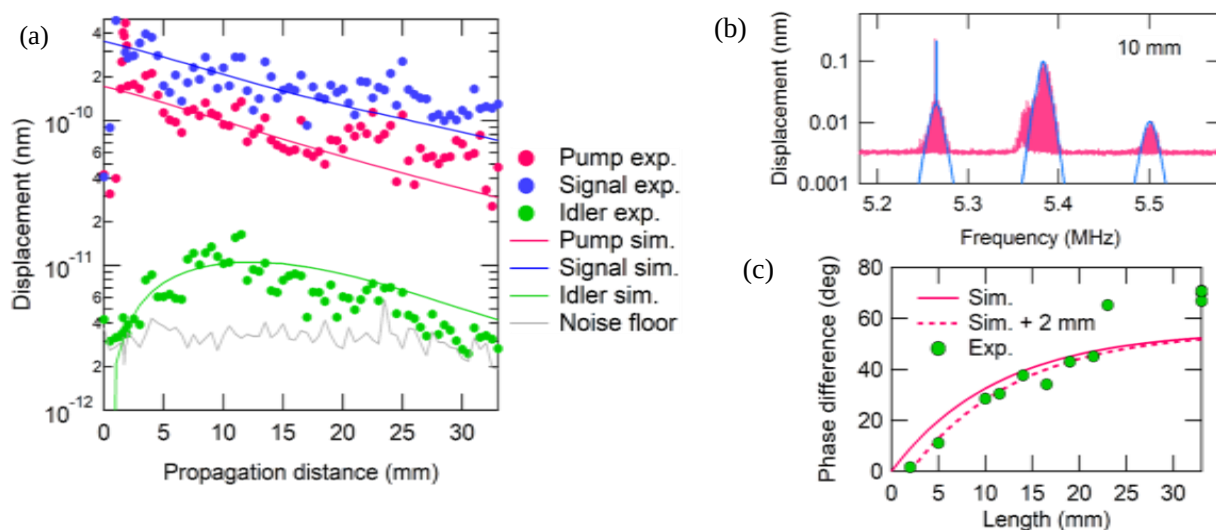


Fig. (a) Phononic four-wave mixing (FWM) along a waveguide. The circles indicate the peak amplitude of pump, signal and idler. The solid lines indicate the simulation results. (b) FWM spectra. The pink line indicates the experimental results and the blue line indicates the simulation results at 10 mm, where pump is Gaussian pulse and signal is continuous wave. (c) Phase difference between high- and low- amplitude waves.