## 一次元フォノニック結晶導波路におけるフォノン伝搬のバンド構造依存性

## Phonon propagation characteristics in band-engineered

one-dimensional phononic crystal waveguides

NTT 物性科学基礎研究所 <sup>〇</sup>畑中 大樹、ドデル アモリ、マブーブ イムラン、小野満 恒二、山口 浩司

NTT Basic Research Laboratories  $\ ^{\mathrm{O}}$  Daiki Hatanaka, Amaury Dodel, Imran Mahboob,

Koji Onomitsu, and Hiroshi Yamaguchi

e-mail: hatanaka.daiki@lab.ntt.co.jp

結晶は原子の周期構造によって決まる特有のバンド分散を有している。これは結晶を伝搬する波の特 性を決定づける最も重要なパラメータの一つとなる。そのため、結晶構造の人工的な制御が可能になれ ば、バンドやバンドギャップ(BG)の調節を介して伝搬波の自在な制御が可能になる。光のフォトニック 結晶では、高屈折率媒質中の空気孔アレイ構造を制御することによって、スローライトや波長変換、光 増幅といった様々な空間的または動的光制御を実現している [1,2]。この概念を音や振動、熱を制御対象 にするフォノニック結晶に適用すると、結晶構造変調を介したバンド分散制御によって、フォノン伝搬 の制御も同様に可能となる。本講演では、我々が昨年に提案した一次元フォノニック結晶(1D-PnC) 導 波路において [3]、様々な周期構造に対するフォノン伝搬特性を周波数領域や時間領域測定を用いて体系 的に調べた結果に関して報告したい。

1D-PnC導波路は圧電特性を有する GaAs (5 nm) / Al<sub>0.27</sub>Ga<sub>0.73</sub>As (95 nm) / n-GaAs (100 nm) ヘテロ構 造より作製した。導波路部は周期的に配列した空気孔を有しており、この孔から希フッ酸溶液を流し込 むことで下部 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>As 犠牲層のみを選択的にエッチングし、図1のような薄膜振動構造を作製した。 そして、導波路幅 (w) を 22, 29, 34 µm、周期孔間隔 (a) を 8, 10, 12 µm とそれぞれ変化させた異なる 構造を有する合計 9 つの 1D-PnC 導波路を準備し、それぞれのバンド構造を周波数応答測定より調べた ところ、wと a の減少に伴う BG 帯域の増大が確認された (図 2)。また、時間応答測定より群速度 (v<sub>2</sub>) の 周波数依存性について調べたところ、BG 近傍で非線形分散に起因する明瞭なスローフォノン効果やパル ス広がり現象を観測した。さらに、波数の異なるエネルギー縮退したフォノン伝搬を時間領域で分離し、 群速度を個々に求めることにも成功した (図 3)。本研究における 1D-PnC 導波路の体系的な評価によっ て、結晶構造と伝搬特性の相関関係が明らかとなり、高度な分散制御が求められるフォノンの四波混合 やソリトン生成などの非線形現象実現のために必要な知見を得た。

[1] T. Baba, Nature Photon. 2, 465 (2008). [2] Y.Sato *et al.*, Nature Photon. 6, 56 (2012).
[3] D. Hatanaka *et al.*, Nature Nanotech. 9, 520 (2014).



図1 1D-PnC 導波路の断面図(上)とその測定セットアップ(下)。振動は右端より圧電的に誘起され、左端より光学的に測定 した。図2 BGの周期孔間隔(a)依存性。図3 w = 34 µm, a = 8 µm の PnC 導波路における 2 µs パルス(丸)と 8 µs パルス(四 角)入力に対する群速度(vg)の周波数依存性。

## 10000000-011