

円環構造を有するフォノンニック結晶の熱伝導

Thermal transport in phononic crystal with a ring structure

東大生研¹, ナノ量子機構², JST さきがけ³ ○秦 佑介¹, Roman Anufriev¹, 野村 政宏^{1,2,3}

IIS¹, Nanoquine², JST PRESTO³ ○Yusuke Hata¹, Roman Anufriev¹, Masahiro Nomura^{1,2,3}

E-mail: hata@iis.u-tokyo.ac.jp

【背景】フォノンニック結晶(Phononic crystal: PnC)は構造の形状や周期, 厚み等を変化させることでフォノンの分散関係を制御することができるため, 様々な用途に適した構造が研究されている. 2次元熱フォノンニック結晶では加工の単純さと機械的強度から円孔もしくは正方孔がよく用いられるが[1], 本研究では規格化バンドギャップの大きい構造を作りより広帯域で熱伝導を制御するために, 円環をナノワイヤで繋いだ2次元PnC構造の振動モードについて弾性理論及び有限要素法を用いて様々な周期のPnCについて解析を行い, 得られた分散関係から熱伝導の評価を行なった.

【結果と考察】Fig. 1 (a)に解析したPnCの構造を示す. 材料はSi, 周期を1-5 μm の間で変化させてフォノンの分散関係を求めた (Fig. 1 (b)). 周期3 μm では1 GHz帯にバンドギャップが複数存在していることがわかる. マルチバンドギャップを持つPnCでは異なる帯域のフォノンの伝播が禁止されるため, より高度なフォノンバンドエンジニアリングへの応用が期待できる. このPnCの周期を変化させて熱流を計算したところ, 周期の長い構造がより低い熱伝導を示していることがわかった (Fig. 1 (c)). これは, 周期が長いほど強いバンドフォールディングが起こるためであり, 周期5 μm の構造は1 μm の構造に比べて一桁近い熱伝導の抑制が起こる. 円環とナノワイヤのコントラストが大きいとバンドギャップ形成と群速度の低下が起こり, 熱伝導率が低減されたと考えられる.

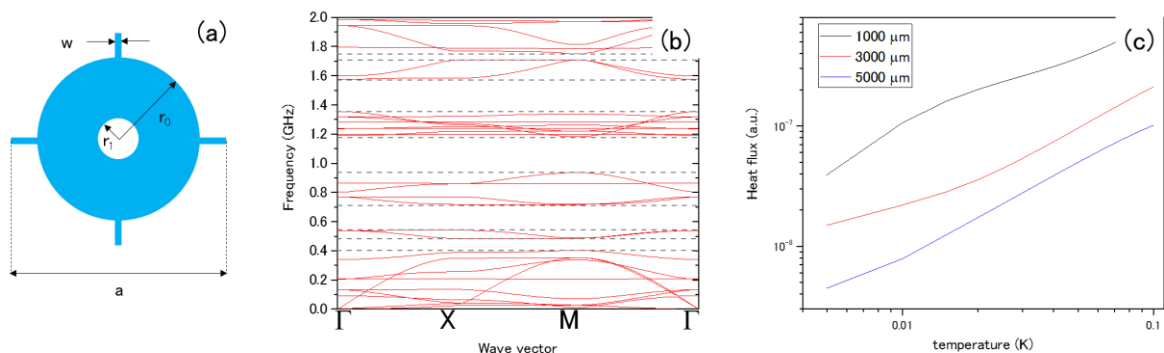


Fig. 1. (a) Scheme of the simulated structure with $r_0/a = 0.4$, $r_1/a = 0.25$, $w = 60$ nm, and thickness = 145 nm. (b) Band diagram of the structure with $a = 3000$ nm. (c) The heat flux at 5-100 mK with $a = 1000$, 3000, 5000 nm.

謝辞: 本研究は, 文部科学省イノベーションシステム整備事業, 科学研究費補助金(25709090, 15H05869, 15K13270), および JST さきがけの支援により遂行された.

参考文献: [1] R. Anufriev and M. Nomura, Phys. Rev. B **93**, 045410 (2016).