

フォニック構造を有する単結晶シリコン薄膜の熱整流効果に関する実験的研究

Experimental investigation of thermal rectification in silicon membrane with phononic crystals

東大生研¹, ○早勢直紀¹, Laurent Jalabert¹, 柳澤 亮人¹, Roman Anufriev¹, 野村 政宏¹

IIS Univ. of Tokyo¹, ○N. Hayase¹, L. Jalabert¹, R. Yanagisawa¹, R. Anufriev¹, M. Nomura¹

E-mail: n-hayase@iis.u-tokyo.ac.jp

背景: 熱流制御技術の一つとして、ナノ構造設計によるフォノンの非平衡性を利用した熱整流器の開発が期待されており、実用化に向けてコスト低減と環境低負荷が可能なシリコン(Si)を用いた熱整流効果の研究が行われている。熱整流効果の創発には、異なる 2 つの熱伝導率の温度依存性を持つ機構を与えることが重要であり、先行研究では非対称フォニック構造を用いた熱整流効果の研究を報告してきた[1,2]。しかし、熱整流効果の有意な観測に至っておらず、これを解決する手法として 3 オメガ法とホイールストンブリッジを組み合わせた装置を用いたナノスケール温度測定より Si ナノ構造における熱整流効果の評価を検討しており、本発表ではこの実験結果について報告をする。

手法・結果: 図 1(a)に示すように、SOI ウェーハを用いて単結晶 Si 薄膜の片面にフォニック構造を有するエアブリッジ構造を作製した。この試料では各端に金属細線を用意してあり、交流電流と直流電流を印加することでヒータおよびセンサとして利用し、また金属細線の役割を入れ替えることで順方向と逆方向に熱バイアスを印加することが可能である。実験ではヒータおよびセンサの温度変化 ΔT_h 、 ΔT_s を測定し、これらの関係について順方向と逆方向の場合を比較して熱整流効果を評価する。図 1(b)、(c)に示すように、 ΔT_h と ΔT_s の関係について順方向の場合には逆方向の場合を比較してよく熱流が伝搬していることがわかる。これは交流電流値を変化させた場合においても同様の傾向を示していた。試料設計を改善することでより大きな熱バイアスの印加が可能となり、より正確な熱整流効果を観測ができると見込まれる。

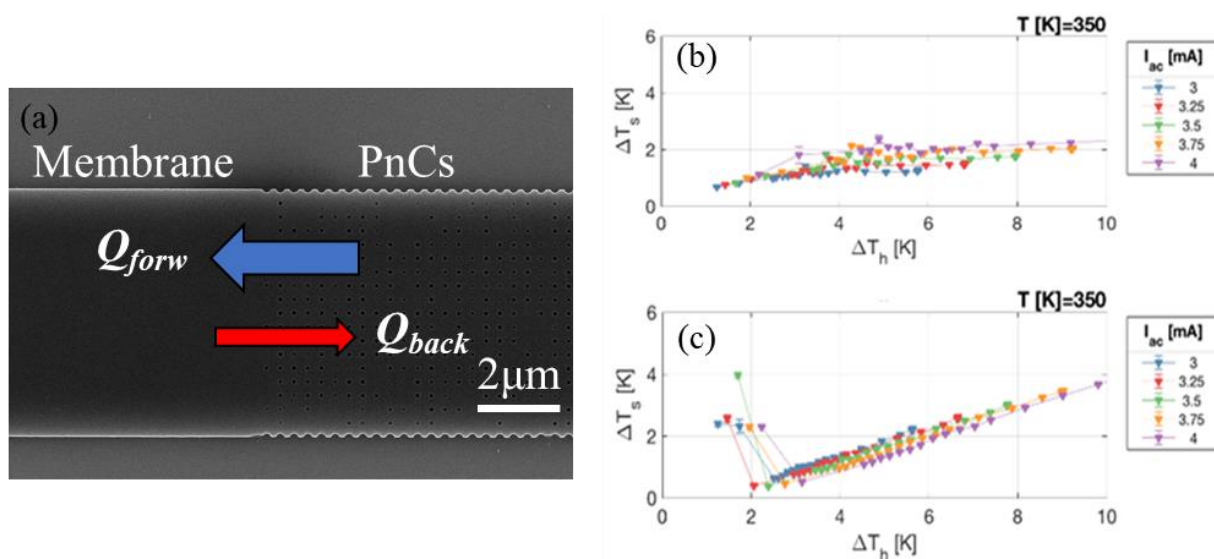


Fig.1 (a) Scanning electron microscope image of silicon membrane with phononic crystals (PnCs). (b) Representation of ΔT_h and ΔT_s in the case of backward direction. (c) Representation of ΔT_h and ΔT_s in the case of forward direction.

謝辞: 本研究は、JST CREST (JPMJCR19Q3)、および科学研究費補助金 (15H05869, 17H02729) の支援により遂行された。

参考文献: [1] Kage, Y. *et al. Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, (2016). [2] Gluchko, S., Anufriev, R., Yanagisawa, R., Volz, S. & Nomura, M. *Appl. Phys. Lett.* **114**, (2019).