

フォノンの波動性を利用した熱伝導制御

Thermal conduction control using wave nature of phonons

野村 政宏 (東大生研、東大ナノ量子機構)

Masahiro Nomura (IIS and Nanoquine, The Univ. of Tokyo)

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

ナノ・メソスコピック系のフォノンクスや、フォノンエンジニアリングを用いて高性能・高機能デバイスの実現を目指す研究が行われている。我々は、ナノ構造化によって低環境負荷な Si を有望な熱電変換材料に昇華させることを目的とし、主にフォノン結晶 (PnC) 構造中のナノスケールフォノン伝導の理解と制御を目指した研究を行っている[1, 2]。本講演では、フォトニック結晶中の物理[3]との類似性に触れつつ、フォノンが有する波動性を用いたコヒーレント熱伝導制御に関する研究の現状、課題と将来展望について述べる。

PnC 構造の一例として、図 1(a)に示す周期 300 nm の正方格子状に円孔を設けた、厚さ 145 nm のエアブリッジ状 Si 2D PnC ナノ構造を取り上げる。図 1(b)は、そのバンド図と熱輸送パワースペクトルであり、PnC 構造による輸送特性の変化が顕著に見られ、主にモードの群速度低下による熱伝導率の減少が期待される。熱フォノンの平均自由行程と同程度の PnC 構造では、準バリスティックフォノン伝導系となるため、コヒーレントおよびインコヒーレントなフォノン輸送特性の両者を考慮する必要がある。熱フォノンのマルチスケール性を意識し、粒界散乱と PnC パターニングを組み合わせたマルチスケール Si 構造を作製した。熱伝導率測定を行ったところ[図 1(c)]、ナノ構造に由来する熱フォノン分布を反映した熱伝導率の低減効果が見られたので、その結果もあわせて紹介する。

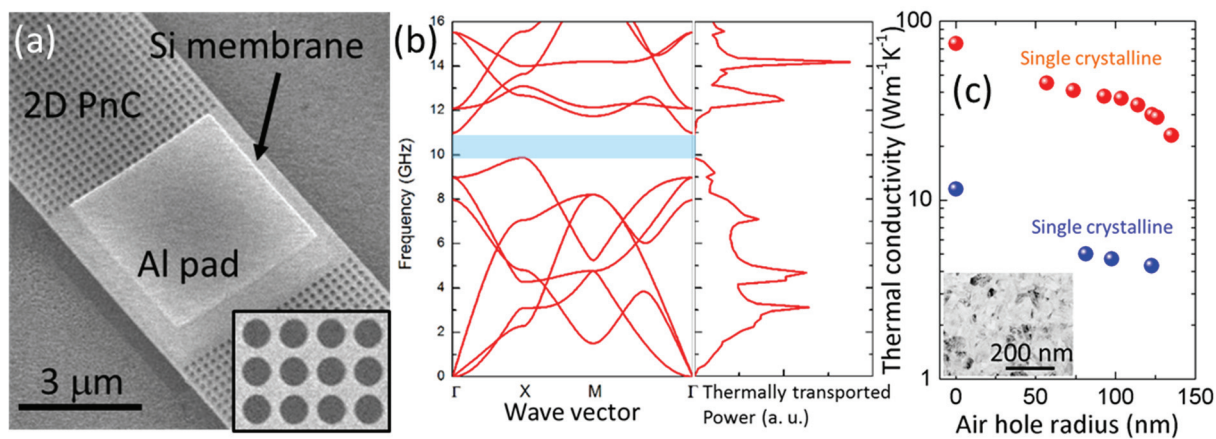


図 1. (a) 試料全体構造の SEM 写真。(b) バンド図と熱輸送パワースペクトル。(c) 単結晶と多結晶 Si PnC の熱伝導率の円孔半径依存性。挿入図は粒径を示す多結晶薄膜の TEM 像。

謝辞： 研究室メンバーおよび有意義な議論を頂いた塩見氏、宮崎氏に感謝します。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)、および生産技術研究奨励会の支援により遂行された。

参考文献： [1] J. Maire and M. Nomura, Jpn. J. of Appl. Phys., **53**, 06JE09 (2014). [2] M. Nomura and J. Maire, J. Electron. Mat., DOI: 10.1007/s11664-014-3387-8 (2014). [3] M. Nomura, N. Kumagai, S. Iwamoto, Y. Ota, and Y. Arakawa, Nature Physics, **6**, 279-283 (2010).