

志賀 拓磨

東京大学大学院工学系研究科  
講師

フォノンの粒子性・波動性を利用したスペクトル・エンジニアリング

## § 1. 研究成果の概要

熱マネジメントにおいて、温度上昇に伴い熱伝導率が増加する熱スイッチや、熱流を一方向にのみ流す熱整流性などの熱機能性、高・低熱伝導性の実現が求められている。これらを達成するためには、熱輸送をスペクトル学的に理解する必要がある。熱輸送制御法の一つとして熱フォノンクスがある。これはフォノン(格子振動)の波動性を利用したものであり、周期的な構造制御を施すことで、高・低熱伝導など様々な場面で要求される熱伝導性を発現するための有効な方法である。

フォノンニック構造による熱伝導制御のシナリオが成立するためにはフォノンがコヒーレント(可干渉)状態でなければならないが、図左の挿図に示すような超格子や空孔を有する二次元薄膜などのフォノンニック構造において、フォノン・コヒーレンスがどのような構造周期や温度で保たれているのかを判断するのは難しい。本年度は、フォノンのエネルギーと運動量に関する線幅に着目し、フォノンのコヒーレンス性を判定するための定性的な理論の構築を行った。熱抵抗に最も支配的な3フォノン散乱を考え、運動量の線幅が平均自由行程の逆数程度であること、また対象としているフォノンのエネルギーが熱エネルギーと同程度と仮定することで、コヒーレント・インコヒーレント遷移に対応する温度と構造周期の関係を明らかにした(図左)。また、フォノンニック構造によって可能となる熱伝導制御の理論限界を明らかにするべく、原子構造を露わに考慮した格子動力学計算を行い、極薄膜の熱伝導解析を実施した。その結果、薄膜表面に局在した表面フォノン(図右)が薄膜中の熱伝導を大幅に律速していることが明らかになり、熱フォノンクスにおいて表面フォノンによる熱伝導抑制を促進または抑制することが熱伝導制御の鍵になることを示した。

