

自己エネルギーの幾何学的制御によるフォノン輸送抑制

Phonon Blocking due to Geometrically-Engineered Self-Energy

阪大院基礎工, (M2) 中村 洋平, 服部 公則

Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Yohei Nakamura, Kiminori Hattori

E-mail: u445340e@ecs.osaka-u.ac.jp

1. 背景・目的

近年、ナノ構造におけるフォノンの熱輸送制御への関心が高まっており、その背景には熱電変換効率の向上という技術的要請がある。熱輸送を抑制する手段としては、従来、合金散乱や表面散乱などが考慮されてきたが、ロバストな massless モードが支配的な低温領域においてこれらは有効でない。本報告では、リードやプローブによって系に誘導される自己エネルギーを幾何学的に制御することで、低温におけるフォノン輸送の抑制が可能となることを示す。

2. 方法

ランダウアー公式に基づいて、リード (プローブ) と接続した系の熱コンダクタンス G は遅延グリーン関数

$$g = (M\omega^2 - K - \Sigma)^{-1}$$

から計算される。ここで M は質量行列、 K は結合行列である。 Σ はリード (プローブ) との結合による自己エネルギーである。自己エネルギーはリード (プローブ) の幾何学配置に強く依存しており、それにより系の熱コンダクタンスが制御できる。

3. 結果

Fig.1 は 2 次元プローブを 1 次元調和格子に接触させた場合の熱コンダクタンスの計算結果である。プローブの幅 $W = Ma$ の増加とともに、低温での熱コンダクタンスが大きく低減されている。また、同様の計算結果が 1 次元格子に 2 次元リードを接続した場合でも確認

されている。

幅 W の 2 次元プローブと接触させた 1 次元格子の熱コンダクタンスは、再帰グリーン関数により解析的に求められる。結果は、低温領域において

$$G/G_0 = \frac{2}{M+2}$$

とまとめられる。 G_0 は熱コンダクタンス量子である。この解析解は数値計算結果と厳密に一致する。

当日には 2 次元および 3 次元系での数値計算結果を交え詳細を報告する。

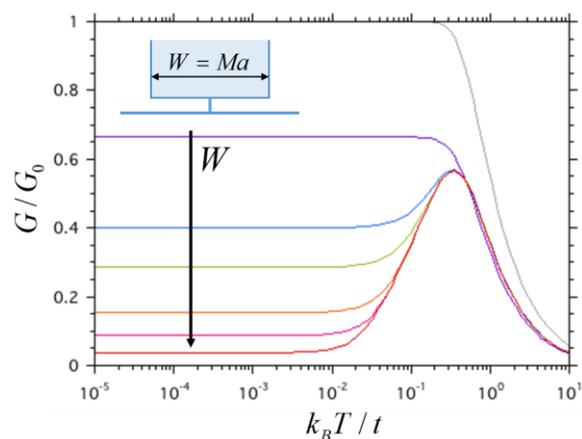


Fig1. Effects of 2D probe on 1D thermal transport. In the figure, M is varied as 1, 3, 5, 11, 21, 101. The gray line displays the result for a normal 1D wire without probe.

本研究は JSPS 科研費 JP18K03977 の助成を受けたものである。