

矩形断面ワイヤーを用いた音響波の整流

Non-reciprocal Transmission of Acoustic Waves using a Stepped Rectangular Wire

北大院工 河野大地, ○田中之博, 西口規彦

Graduate School of Engineering, Hokkaido University D. Kono, ○Y. Tanaka, N. Nishiguchi

E-mail: yuki@eng.hokudai.ac.jp

熱伝導や音響波の伝播を制御することは、電子デバイスの熱暴走を防ぐだけではなく、MEMS や NEMS など動力的な構成要素からなるデバイスの動作環境を維持するにも有効である。これまで整流機構として、固体の弾性的な非調和性によるフォノンのモード変換を利用した機構や、系を構成する原子の質量分布を連続的に変化させ、音響フォノンモードのスペクトルが空間に依存し変化することを利用したもの、フォノンの非等方的な散乱を利用した機構が提案されてきた。これらの系は、材質の選択、デバイスの大きさ、そして非現実的な原子質量など、コンパクトで有効なデバイスの実現には困難な課題がある。一方実験的には、CNT を用いた熱整流が示されているが、その機構は十分に理解されているとは言えず、またその効率は著しく小さい。

今回、我々はコンパクトで効率の高い音響波整流デバイスの実現に向けて、矩形断面のワイヤーを音響波の整流器として提案し、その効果を数値シミュレーションにより確かめたので報告する。系は図 1(a) に見られるように、矩形断面を持つ 2 つのワイヤーを結合した構造を持つ。薄い断面を持つワイヤーでは、外力が加わった場合、面に垂直な変位をもつ反対称ラム波が容易に励起される。数値シミュレーション (FDTD 法) により反対称ラム波の透過係数の周波数依存性を、幅の狭いワイヤーから広いワイヤーへ波動が伝播する場合とその反対方向の伝播の場合に分けて明らかにした。(図 1(b) 参照) 幅の狭いワイヤーから広いワイヤーへ波動が伝播する場合、透過率は 1 近傍の値を持ち、入射波はほとんど透過しているが、その反対方向の伝播の場合において、透過率は著しく低下し、

振動数の増加と共にさらに減少することが認められる。

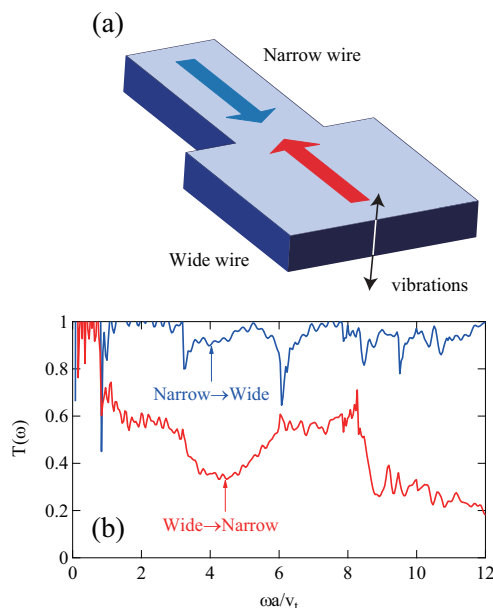


図 1: (a) 矩形断面からなる音響波整流器 (b) 数値シミュレーションによる透過率の周波数依存性

この整流機構は矩形断面のワイヤーにおける音響波モードの特性に因るものである。断面が一樣な矩形断面を持つワイヤーはワイヤー表面 (特に角に) に局在するエッジモードをもち、その群速度はバルク波より早いため、波動エネルギーの大部分がワイヤーのエッジに局在している。幅の異なるワイヤーを接合することにより、幅の広いワイヤーから狭いワイヤーへのエッジモードの透過を妨げることが出来る。その反対方向では波動の伝播を妨げないため、透過率は 1 となる。