

構造異方性による選択的導波-局在モード間整合を利用した 非相反フォノン音響導波路

Non-Reciprocal Phononic Acoustic Waveguide based on Adaptive Guided Mode-Localized Mode Matching by Structural Anisotropy

岡山大院自然,¹ 関西大システム理工,² ○(M2)星加 光童,¹ 真鍋 健輔,¹ 奥野兼至,¹ 鶴田 健二,¹ 山本 健²
Okayama Univ.,¹ Kansai Univ.,²

Midou Hoshika,¹ Kensuke Manabe,¹ Kenshi Okuno,¹ Kenji Tsuruta,¹ and Ken Yamamoto²

音響波等のフォノンを用いた情報伝達・エネルギー伝送の実現に向け、音波の伝播方向の正負によって異なる現象を誘発させる非相反音響効果¹への関心が高まっている。本研究では、フォノン結晶²とそこに埋め込む導波路と共振体との選択的モード間整合を利用することで音響波の単方向伝送を実現する、新規非相反音響導波路を提案する。

Fig. 1 に、本研究で設計した直線非相反音響導波路の模式図を示す。フォノン結晶中の2つの線欠陥部（導波路）の間に形状の異方性を持つ空洞共振部を導入することにより、波数方向に対して非対称なバンド構造が形成されることを利用して、音響波の一方方向伝播が発現することを狙った。Figs. 2(a), 2(b) は、数値シミュレーションを用いて導出した空洞共振部のバンド構造とそれぞれのモードの音場分布である。448 kHz の k_x 方向の音波は偶モード、455 kHz の k_y 方向の音波は奇モードが励起するため、伝播方向による音響波分離が期待される。順・逆方向平面波入射に対する透過損失を Fig. 2(c)に示す。バンド構造から予測された上記の各周波数において、順・逆方向伝播損失差 15 dB 以上の高い音響波分離が確認できた。さらに、451 kHz 前後の周波数帯を境に偶モードと奇モードの透過損失が逆転し、従って伝播可能な方向が 448 kHz と 455 kHz で反転する。448 kHz と 455 kHz の周波数での順・逆方向入射における構造中の音場分布を Fig. 3 に示す。448 kHz では、逆方向入射された音波は導波路 2 を伝播し、 k_x 方向の音波が共振モードを励起させ、導波路 1 へ音波を伝播させる。一方、455 kHz では、順方向入射された音波は導波路 1 の端部で散乱し、 k_y 方向の音波が局在共振部で励振し、導波路 2 へ音波を伝播させる。この様に、局在共振部の異方性による k_x , k_y のバンド構造の違いによって、2つの周波数で順・逆方向入射時の音響波分離が実現することが確認できた。

講演では、構造作製法やフレネル法に基づく光学的可視実験の詳細についても報告する。

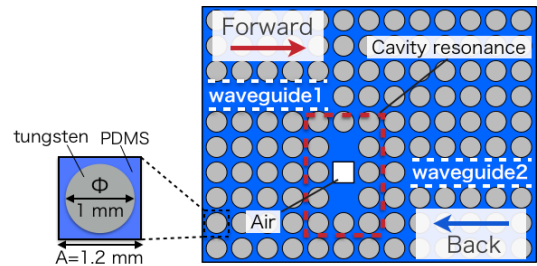


Fig. 1 Proposed non-reciprocal acoustic waveguide

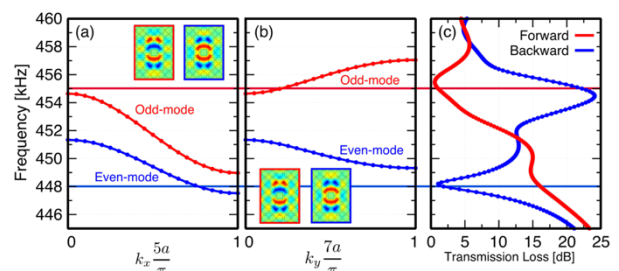


Fig. 2 (a) (b) Band structures of localized resonance part and (c) transmission loss analysis for forward (red line) and backward (blue line) propagations.

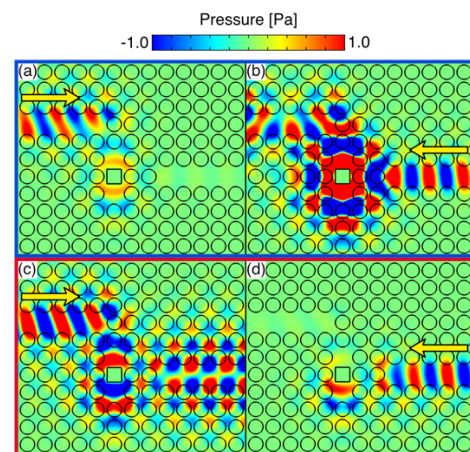


Fig. 3 Numerically simulated acoustic wave for forward [(a), (c)] and backward propagation [(b), (d)] at 448kHz [(a), (b)] and 455kHz [(c), (d)].

参考文献：

- [1] R. Fleury et al., *Acoustics Today* **11**, 14 (2015).
- [2] M. S. Kushwaha et al., *Phys Rev Lett.* **71**, 2022 (1993).