

薄膜フォノンニック構造による トポロジカル弾性波導波路の設計・計測

Design and measurement of topological waveguide
based on phononic crystal on elastic membrane

岡山大院自然[○](M1)片岡源樹, 三澤賢明, 鶴田健二

Okayama Univ. [○]Motoki Kataoka, Masaaki Misawa and Kenji Tsuruta

E-mail: tsuruta@okayama-u.ac.jp

近年、トポロジカル絶縁体・超伝導体のアナロジーとして、バンドトポロジーの概念を音響分散に適用するトポロジカル音響が注目されている[1]。我々は、フォノンニック結晶を用いたトポロジカル弾性波伝搬機構を用いた超低消費電力の情報伝送デバイスの開発を目指している。これまで、 C_{3v} 対称性を持つ単位胞からなる2次元フォノンニック構造がバンドトポロジカル相転移を示すこと[2]、バレートロニクス型フォノンニック構造中のトポロジーに保護されたエッジ状態を用いた弾性波導波路が高いロバスト性を持つことを、計算機シミュレーションによって示してきた[3]。今回、樹脂製のバレエ型フォノンニック構造中のZ型界面を伝搬するエッジモードを用いた導波路を作製し、kHz帯弾性波の伝搬特性を評価することで、所望の経路でトポロジカルエッジ状態が得られることを実証する。

樹脂製の単位胞構造とその周期構造によるZ型のバレエトポロジカル弾性波導波路に84.2kHzの弾性波を入射するシミュレーションにおける面外変位分布をFig. 1(a)に示す。このフォノンニック構造は、 C_{6v} 対称性をもつスノーフレイク型の穴の周期構造から成り、スノーフレイクの6本の枝の長さを変えて C_{3v} 対称性を持つように変形した単位胞構造を持つ。その単位胞の向きを反転させた2種類の構造の界面によるZ型導波路をモデリング、それを3Dプリンタを用いて作製した(Fig.1(b))。

次に、作製した導波路の入出力部分に圧電トランスデューサーを配置し、伝搬特性(透過損失スペクトル)を測定した結果をFig. 2に示す。ここでは、単一フォノンニック弾性波導波路とZ型トポロジカル弾性波導波路の出力電圧の比から、相対透過損失として損失を算出した。Fig. 2に示すように入力周波数85kHz付近で透過損失のシャープなディップが現れ、設計通りの周波数でエッジモード弾性波が伝搬している事を確認できた。このことから、 C_{3v} 対称性に変形したスノーフレイク型フォノンニック構造中にトポロジカル界面の局所構造を導入することで、所望の経路で薄膜トポロジカル弾性波導波路の実現できることが実証された。講演では、本解析に基づき設計・試作したトポロジカル弾性波導波路の伝搬効率の測定結果から、ロバスト性とエッジモード特性との関係について議論する。

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号21H05020ならびに21K18877)の支援のもとで実施された。

参考文献

- [1] X. Zhang *et al.*, *Commun. Phys.* **1**, 97 (2018).
- [2] K. Okuno and K. Tsuruta, *JJAP* **59**, SKKA05(2020).
- [3] 片岡源樹, 三澤賢明, 鶴田健二, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, 12p-N106-2 (2021).

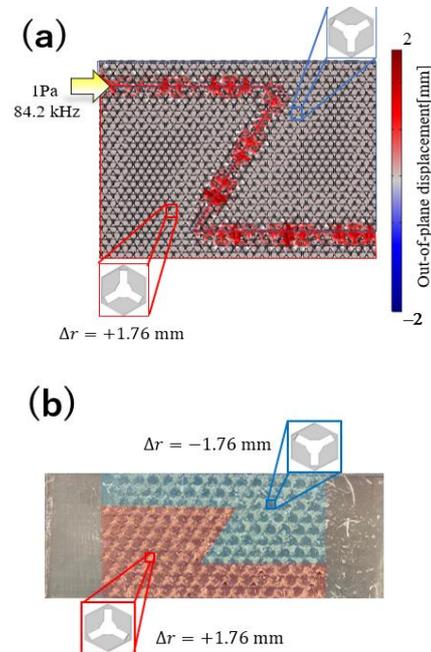


Fig. 1 (a) Sound-pressure distribution (out-of-plane displacement) in Z-shaped (b) fabricated Z-shaped valley topological acoustic waveguide.

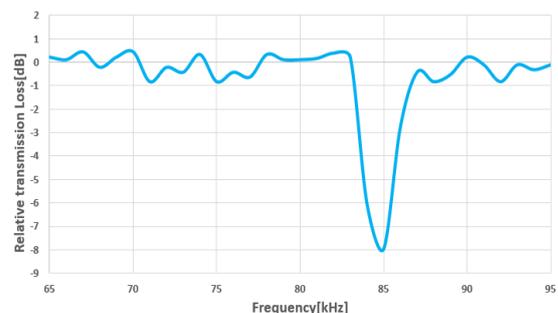


Fig. 2 Experimental measurement of relative transmission loss (rTL) of the waveguide in Fig 1(b).