

負の有効密度および負の有効体積弾性率をもつ 板の曲げ振動波の音響メタマテリアル

Flexural acoustic metamaterial with negative density and bulk modulus

北大工¹, メーヌ大², (M1)稲垣敬介¹, 友田基信¹, Vitalyi E. Gusev², 松田理¹, Oliver B. Wright¹
Hokkaido univ.¹, Universite du Maine², (M1)Keisuke Inagaki¹, Motonobu Tomoda¹, Vitalyi E. Gusev²,
Osamu Matsuda¹, Oliver B. Wright¹
E-mail: i.keikeikei1027@gmail.com

音響メタマテリアルとは物質を伝搬する音響波の波長以下の周期構造を持ち、特定の周波数の音響波に対して特殊な性質を示す人工物質である。本研究にて提案する音響メタマテリアルの持つ特殊な性質は負の屈折の現象を起こすことである。ユニットセルの有効密度及び有効体積弾性率が同時に負になるときに負の屈折の現象を起こすことが知られており、スーパーレンズやクロッキングに応用されている。有効密度が負になるという概念は振動する力を加えた際に、その力の方向に対してユニットセルの質量の大部分を占める構造の加速度が逆方向に向く現象である。また有効体積弾性率が負になるという概念は与えた力の方向に対して共振の影響により構造が回転し、復元力が働かず同じ方向に構造が変位するという現象である。2014年に板の曲げ振動波に対して有効質量および有効体積弾性率が同時に負になる理論モデルが提案された^[1]。本研究の目的はそのモデルを基にして、実際に作製可能な音響メタマテリアルの新たな構造の提案をすることである。Fig.1は提案する音響メタマテリアルのユニットセルである。333 nmの金膜の間に666 nmのアルミニウム層を挟み、穴を貫通させるだけで作製可能な設計にした。また有効密度及び有効体積弾性率が負になる周波数では、共振の影響により板を伝搬する波の位相に対して構造が逆位相で振動し、さらに上面と下面が逆位相で回転できるような構造を考えた。Fig.1のようなユニットセルに対して、周波数領域シミュレーションを用いて ΓK 方向の分散関係を求めたところ、512 MHz~530 MHzにおいて位相速度と群速度が逆方向を向いていることが分かった。さらに Fig.1 で示したユニットセルを敷き詰めて、周波数領域シミュレーションにより負の屈折を起こすと考えられる525 MHzの波の伝搬の様子を計算した結果が Fig.2 である。下部の直角二等辺三角形の部分にメタマテリアルであり、その左側から平面波を励起している。矢印は波の進行方向を示している。Fig.2 から Lamb 波の A_0 モードが525 MHzで負の屈折を起こすことが分かった。今後は実際に試料を作成し、レーザーを用いたポンプ・プローブ法により、時間領域で板の曲げ振動波の伝搬を測定することで負の屈折の現象を確認する予定である。

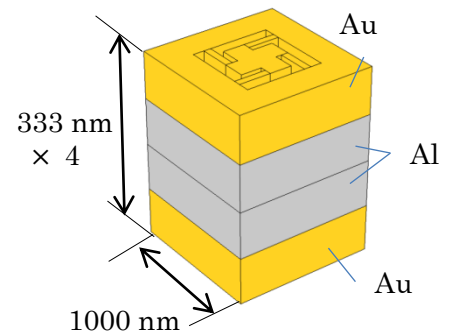


Fig.1 Unit cell of the metamaterial

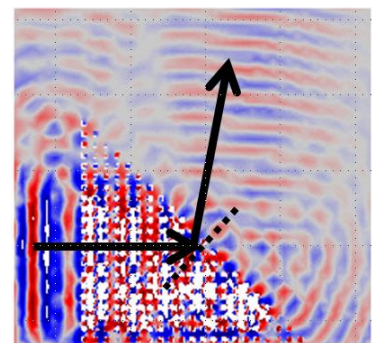


Fig.2 Displacement of the out-plane at $f = 525$ MHz.

[1] Vitalyi E. Gusev and Oliver B. Wright, New J. Phys., **16**, 123053, (2014)