

Ultra-low and ultra-broad-band nonlinear acoustic metamaterials

Xin Fang, Hong Wen, Bernard Bonello, Jianfei Yin & Dianlong Yu

Nature Communications, **8**, 1288-1-11 (2017)

音響メタマテリアルは音響波の波長よりも小さな共振構造を持ち、自然物ではありえないような音響波の現象を発現する人工物質を指す。入射波の振幅に依存しない線形応答を示す音響メタマテリアルでは広帯域の音響波を抑制することは難しい。そのため、線形応答を示す音響メタマテリアルの研究が主流な現状では低周波数・広帯域の音響波を抑制出来る音響メタマテリアルは実現されていない。しかし、2016 年に Xin Fang らは入射波の振幅が大きくなると非線形効果により生成されるカオティックバンドを利用することで低周波数・広帯域の音響波を抑制できることを理論的に明らかにした[1]。

本研究の目的は 1 次元および 2 次元の非線形音響メタマテリアルを作製し、非線形音響メタマテリアル特有の性質であるカオティックバンドによる低周波数・広帯域の音響波の制御を実証することである。メタマテリアルの単位構造は図 1 のように板の上に固定された柱と 3 つの磁石からなる。この単位構造を 1 次元及び 2 次元に並べることで音響メタマテリアルを作製する。それらの透過損失を調べた結果、40Hz、200Hz 付近や 400Hz 以上の周波数帯では構造の共振や周期性による線形応答の結果、波の伝播が抑制された。また、40Hz-180Hz、220Hz-400Hz の周波数帯では非線形な波の応答により、非線形性が現れていないときに比べて音響波が 20dB 以上抑制された(図 2 参照)。本研究で実証された非線形な音響メタマテリアルの振動抑制メカニズムを利用することで、従来よりも低周波で広帯域な制振機構や音響デバイスの開発が期待できる。

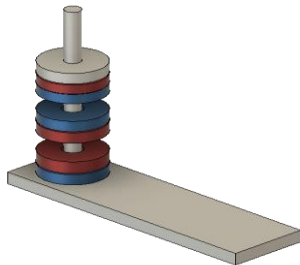


図 1 音響メタマテリアルの単位構造。金属板の上にある支柱に磁石が取り付けられている。

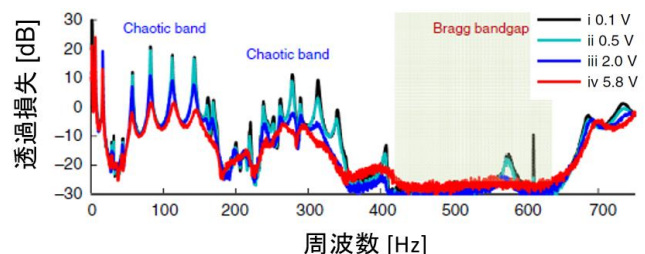


図 2 一次元非線形音響メタマテリアルの実験結果。黒、水色、青線は線形の応答を、赤線は非線形性が強く発生したときの応答を示している。

Accoustic phonon modes of rectangular quantum wires

N Nishiguchi, Y Ando and M N Wybourne
J.Phys.:Condens.Matter 9 (1997) 5751-5764

多くの理論的および実験的研究は、音響フォノンが次元の減少した挙動を示すと予想される温度でのナノメートルスケールのワイヤの輸送現象を調査しました。この長さスケールでは、フォノンの閉じ込めにより音響サブバンドが生じます。

これまでの理論的アプローチは、弾性的等方性材料の円形または非常に平らな長方形のワイヤなど、特定の形状に限定され、実現可能な量子ワイヤのフォノン分散の定性的な説明のみを提供していました。最近、不均質物体の自由振動モードを導出するための正確な方法が共鳴超音波分光法で開発されました。

この方法は、xyz と呼ばれるデカルト座標の累乗の積である基底関数のセットに関して変位ベクトルを拡張することにより、任意の形状および任意の質量密度変動を持つ一般的な異方性物体の自由振動を処理できます。したがって、xyz アルゴリズムは、変位ベクトルの基底関数を適切に選択することで、任意形状の断面を持つ異方性材料の自立ワイヤの通常モードに役立つことがわかりました。本稿では、Q1D ワイヤの音響フォノンモードが xyz アルゴリズムによって正確に取得できることを示します。立方体の長方形のワイヤに適用しますが、通常フォノンモードは、モードの対称性に応じて、膨張モード、曲げモード、ねじれモード、およびせん断モードに分類されます。その後 4 つのモードでの分散曲線を得ました。また以前のアプローチ(近似ハイブリッドモード)と比較することで、その妥当性を調べ、最も低いサブバンドのみを適切に記述できることを発見しました。

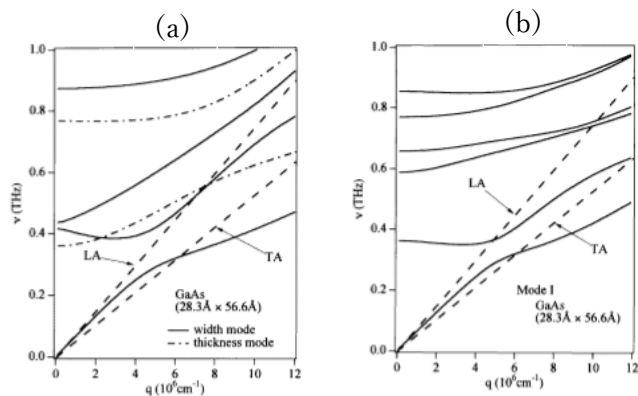


図 近似ハイブリッドモード(a)と膨張モード(b)の分散関係の比較

Vector vortex coronagraphy for exoplanet detection with spatially variant diffractive waveplates

EUGENE SERABYN,^{1,*}CAMILO MEJIA PRADA,¹ PIN CHEN,¹ AND DIMITRI MAWET^{1,2}

¹Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Dr., Pasadena, California 91109, USA

²California Institute of Technology, Division of Physics, Mathematics and Astronomy, 1120 California Blvd., Pasadena, California 91125, USA

*Corresponding author: gene.serabyn@jpl.nasa.gov

Vol. 36, No. 5 / May 2019 / Journal of the Optical Society of America B

系外惑星探査は、近年急速に発展している天文学の一分野である。系外惑星探査の究極の目標の一つは、地球と似た惑星(地球型惑星)のを発見し、大気組成の分析を行うことで、生命の痕跡を探ることである。惑星は恒星の周りを周回しているので恒星光が惑星光観測の妨げとなってしまう。さらに、地球型惑星は恒星の近くを周回している場合が多いことや、小さいため惑星光が微量であることが原因で、観測はさらに困難となる。そこで、地球型惑星観測のためのデバイスの候補として挙げられているのが Optical Vortex Coronagraph である。しかし、このデバイスは液晶によって製作されているため、装置自体に波長依存性が存在する。大気組成の分析を行うためにはあらゆる波長において、恒星光除去を高精度で行うことが必要とされる。

筆者らは Optical Vortex Coronagraph を Diffractive Waveplate によって作成し、波長幅 10%の光源に対する除去率を測定した。図 1 は、10%の波長幅を 3.33%ずつ 3 つの領域に分け、波長帯ごとに除去率を測定したものである。結果としては、 1.3×10^{-8} のコントラスト(恒星光の明るさを 1 としたときの領域の平均の明るさ)が達成された。

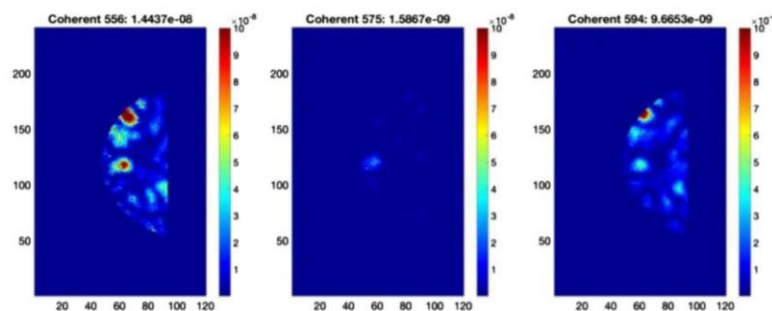


図 1 各波長帯における恒星光の除去率