

課題番号 : F-20-HK-0005  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : フォノンニック結晶・フォノンニックメタマテリアルの作製  
 Program Title (English) : Fabrication of phononic crystals and phononic metamaterials  
 利用者名(日本語) : 松田理、上野翔平、相原真哉、友田基信  
 Username (English) : Osamu Matsuda, Shohei Ueno, Shinya Aihara, Motonobu Tomoda  
 所属名(日本語) : 北海道大学大学院工学研究院  
 Affiliation (English) : Faculty of Engineering, Hokkaido University  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、超音波、ピコ秒レーザー超音波法

## 1. 概要(Summary)

物質中の GHz~THz 周波数領域の音響波の伝播の知見は、基礎物性・応用的見地の双方から重要である。我々は、ピコ秒程度の時間幅を持つ光パルスを物質に照射して高周波数音響パルスを発生し、その伝播状況を遅延された光パルスを用いて観測するピコ秒レーザー超音波法を用いた GHz 音響波の生成検出の研究を進めている。この手法では、均一で等方的な半無限媒体表面で光が吸収される場合には、試料および励起の対称性から縦音響波のみが生成される。これに対して、試料表面に金属などによるグレーティング構造を形成し、これに光パルスを照射すると、せん断音響波の生成が期待される。本研究ではこれを実証する。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム描画装置 125kV、多元スパッタ装置

### 【実験方法】

熔融石英ガラス基板上に電子ビーム露光とリフトオフを用いて 390 nm 周期の Al グレーティングを形成し、モードロック Ti サファイアレーザーからの 100 fs 時間幅の光を用いてピコ秒レーザー音響法測定を行った。音響波の生成・検出には波長 830 nm, 415 nm の光を用いた。試料中の音響パルスによって散乱される検出光は、試料表面から反射・散乱される光と干渉し、その光強度は数 10 GHz 程度の振動数で変調される(ブリルアン振動)。この振動数は、音響波による光散乱過程を支配する波数保存則を用いて計算することができ、実験結果と計算値を比較することで物質の音速と光屈折率を評価することができる。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

せん断音響波を検出するためには、検出光を対称性の低い配置で入射する必要となる。Figure 1 a)-c) は

様々な検出光入射角度におけるブリルアン振動スペクトルである。図中+(x)印は、期待される縦(せん断)音響波によるブリルアン振動数で、実験とよく一致する。a)ではせん断波の検出が禁止、b),c)では一部許容となり、理論的に期待されるせん断波の生成・検出の選択則と一致する。測定結果から得られる音速、光屈折率も文献値と一致した。これらにより、グレーティング構造による GHz せん断波の光学的生成・検出を実証した。

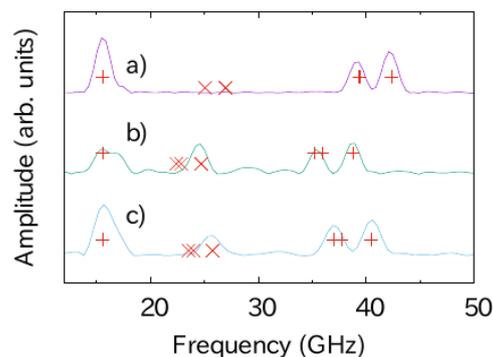


Fig. 1 Brillouin oscillation spectra of SiO<sub>2</sub>/grating sample at various probe incident angles. +(x): calculated frequencies of longitudinal (shear) acoustic waves. In a) the shear wave detection is forbidden, whereas in b) and c), partially allowed.

## 4. その他・特記事項(Others)

試料作製にあたり、北海道大学ナノテク連携推進室の皆様大変お世話になりました。ありがとうございます。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) O. Matsuda *et al.*, Phys. Rev. B 101 (2020) p.p. 224307-1-9.
- (2) 松田 理, 他 日本物理学会第 76 回年次大会, 2021 年 3 月 14 日(発表日).

## 6. 関連特許(Patent)

なし