

二次元フォノン結晶内で励起された表面弾性波の負屈折の時間分解イメージング
 Time-resolved imaging of negative refraction of surface acoustic waves with
 two-dimensional phononic crystals

北大工¹, RECENDT² ^{○(M1)}西田 浩紀¹, 古賀 裕章¹, 友田 基信¹, 松田 理¹,
 Paul H. Otsuka¹, Istvan A. Veres², Oliver B. Wright¹

Hokkaido Univ.¹, RECENDT² ^{○(M1)}H. Nishita¹, H. Koga¹, M. Tomoda¹, O. Matsuda¹,
 P. H. Otsuka¹, I. A. Veres², O. B. Wright¹

E-mail: s25100146v@ec.hokudai.ac.jp

フォノン結晶とは弾性的性質の異なる物質を周期的に配列した物質で、その周期程度の波長をもつ音響波の伝搬を構造によって制御することができる。フォノン結晶は、例えば、特定の周波数の音響波の伝搬を阻止するフォノンバンドギャップの形成やフォノン結晶と通常物質界面での音響波の負屈折などの物理現象を示す。ここでは、負屈折現象に注目する。フォノン結晶構造では、その内部を伝播する弾性波の位相速度が群速度と逆方向となることがある。この時、フォノン結晶内外を伝搬する波は波の伝搬の境界条件を満たすために負の屈折角をとる。

フォノン結晶の負屈折現象の詳細を理解するために、フォノン結晶中を伝搬する表面弾性波のイメージングを行った。試料はSi(100)基板表面に間隔5.66 μmで周期的に半径1.43 μm、深さ1.3 μmの空気穴を開けたSi/空気の二次元フォノン結晶を用いた。光ポンププローブ法に基づく時間分解表面音響波イメージング法を用いて、周波数1 GHzまでの表面弾性波を対象に時間分解イメージングを行った^{1,2}。図1に表面の反射率変化の結果の一例を示す。図1中の三角形はフォノン結晶の範囲を表しており、三角形内左側の線状のパターンで示される領域付近に光パルスを照射することで音響波を生成する。励起された音響波は図1の右下の方向に伝搬している。しかし、この図からは負屈折の弾性波は確認できない。そこで、フォノン結晶内外で時空間フーリエ解析を行う。図1の結晶内四角形領域でフーリエ解析を行い、そのフーリエ振幅を波数空間にプロットしたものを図2、結晶外四角形領域でフーリエ解析したものを図3に示す。図2、3の k_x 、 k_y 軸は図1中の x 、 y 軸と対応している。これらの図から前述したように、フォノン結晶内部では群速度と逆方向の位相速度が存在し($k_x=-0.4\mu\text{m}^{-1}$ 、 $k_y=0.4\mu\text{m}^{-1}$ 付近)、結晶外部では負屈折の波が生じていることが分かる($k_x=-0.4\mu\text{m}^{-1}$ 、 $k_y=-0.4\mu\text{m}^{-1}$ 付近)。我々はフォノン結晶構造外部にて励起された表面弾性波がフォノン結晶構造を通過する際の負屈折を既に確認しているが、この測定では、フォノン結晶への弾性波の透過率が低く、観測された弾性波の強度の不足のために十分な解析が行えなかった。これに対し、結晶構造内部で励起を行うことでより強い負屈折が観測された。このことから結晶内から結晶外に伝播する負屈折の弾性波を観測する方法として結晶内部による励起が有用であることが示された。

1. D. M. Profunser, O. B. Wright, and O. Matsuda, Phys. Rev. Lett. **97**, 055502 (2006)

2. P. H. Otsuka, O. Matsuda, M. Tomoda, and O. B. Wright, J. Appl. Phys. **108**, 123508 (2010)

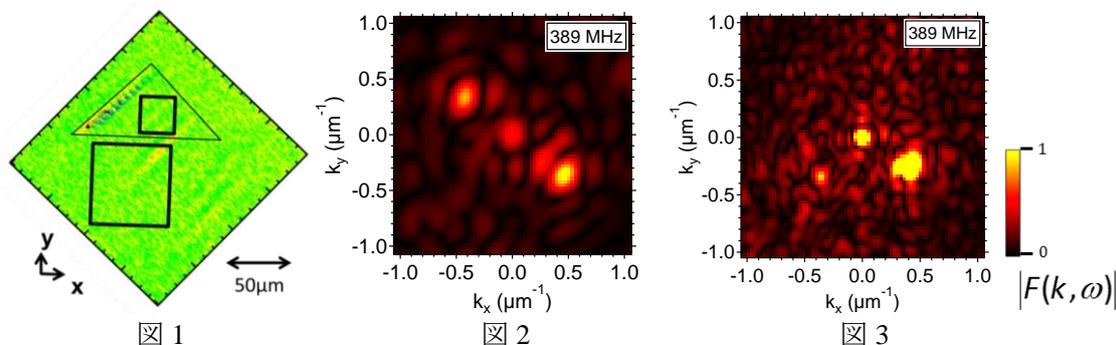


図 1

図 2

図 3