

導波路を介したフォノン結晶キャビティの励振とその振動特性評価

Study on resonant characteristics of a phononic-crystal cavity driven through a waveguide

NTT 物性基礎研 ○畑中 大樹、山口 浩司

NTT Basic Research Laboratories ○Daiki Hatanaka, and Hiroshi Yamaguchi

e-mail: daiki.hatanaka.hz@hco.ntt.co.jp

フォノンとは、音や熱といった物質の格子振動の素励起である。特に、GHz 近傍の高周波数の超音波は、電磁波と比較して、その短い波長や低いエネルギー損失のおかげで、長年、移動通信端末等の高周波信号処理デバイスに利用されていた [1]。さらに最近では、その異種エネルギーとの親和性の高さから、量子ドットや超伝導量子ビット、フォトニック結晶、スピン等の操作ツール、又は、これらを結ぶ変換メディエータとしての利用にも注目が集まりつつある [2]。それ故、フォノンの有用性の更なる向上のためには、高周波超音波 (又は、極超音波) の運動を、チップスケールで制御できる、いわゆる「フォノン回路」のような、プラットフォームの構築は必要になってくる。そこで、まず本研究では、回路の基本構成要素の一つである導波路-共振器 (キャビティ) 構造をフォノン結晶 (PnC) スラブから作製し、その結合構造における共振器の振動特性を調べた。

PnC は、スノーフレイク空孔の二次元周期構造から構成され、0.5 GHz 付近に完全バンドギャップを有する。これは中空のスラブ内に形成されているため、振動を三次元的に閉じ込めることが可能となる [3]。線欠陥や点欠陥を導入することで、導波路や共振器、そして、それらを組み合わせた結合構造を実現できる (図 a)。PnC 近くに設置した楕円電極 (IDT) から圧電的に振動を加え、点欠陥共振器の応答を大気中で評価したところ、特定のモード形状と、最大 $Q = 2300$ を有する共振を観測した (図 b)。そして、結合距離を狭め、その振動特性の変化を調べたところ、再隣接した構造において、 Q 値の急激な減少が確認された。それ故、当該構造では、共振器の導波路を介したエネルギー損失が支配的になっていることが解った。一方、それ以外の構造においては、 Q 値の有意な変化は観られず、内的な損失によって支配されていると思われる。本研究により、導波路-共振器構造の基本的な振動特性が明らかとなり、PnC をベースにしたフォノン回路の実現が期待される。

[1] D. Morgan, Surface Acoustic Wave Filters, 2nd ed. ACADEMIC PRESS (2010). [2] G. Kurizki et al., PNAS, 112, 3866 (2015). [3] A. H. Safavi-Naeini et al., PRL., 112, 15603 (2014)、畑中大樹 山口浩司 20a-C304-1 第 65 回春季応用物理学会

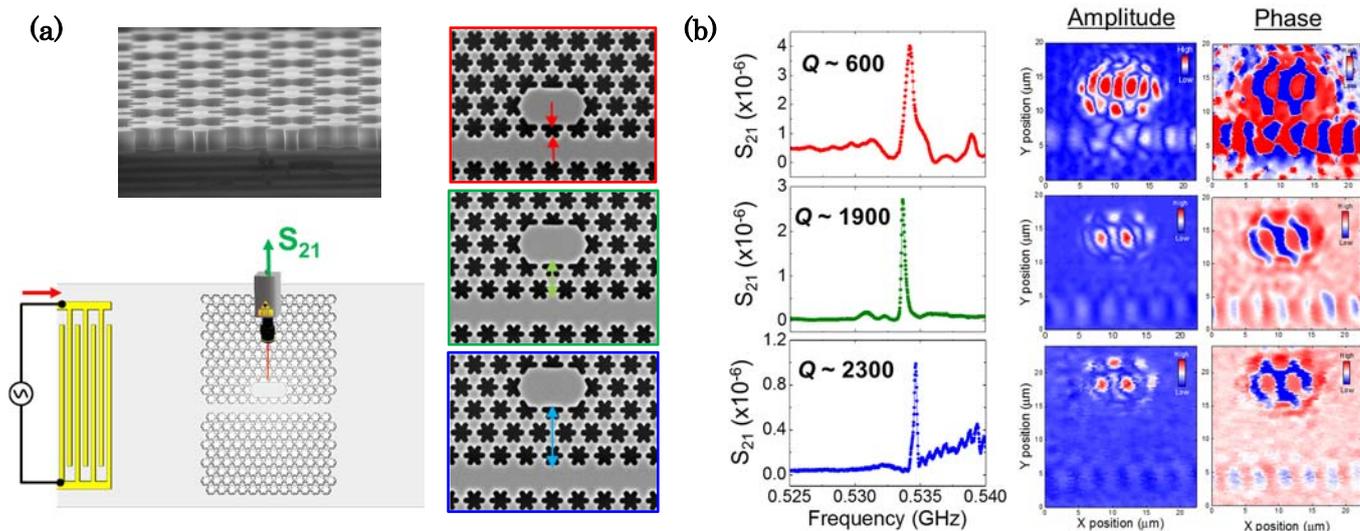


Fig. (a) A schematic of a PnC waveguide (WG)-cavity (lower left), which is formed in an air-bridge slab (upper left). The cavity is separated from the WG by 1 (top), 2 (middle) and 3 (bottom) rows of a PnC shield. **(b)** Left: The spectral response (S_{21}) of the cavity in 1 (top), 2 (middle) and 3 (bottom)-rows configurations (see (a)). Right: The mode profile of amplitude (left) and phase (right) at the resonant frequency in each coupling configuration respectively.