点欠陥型フォノニック結晶共振器による音響強磁性共鳴励起の有限要素法を用いた評価 Finite-element method simulation of an acoustically-driven ferromagnetic resonance in a point-defect phononic crystal cavity

NTT 物性科学基礎研究所 ^O畑中 大樹、国橋要司、眞田治樹、岡本創、山口 浩司

NTT Basic Research Laboratories ^ODaiki Hatanaka, Yoji Kunihashi, Haruki Sanada,

Hajime Okamoto, and Hiroshi Yamaguchi

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

スピンゼーベック効果を始めとする、熱や格子振動とスピンやマグノンの相関ダイナミクスの理解や、それを 利用した複合素子の研究に注目が集まっている [1]。特に、表面弾性波 (SAW)素子を用いた音響強磁性共鳴 (AD-FMR) や磁気スキルミオン生成、非相反伝搬の観測等のスピンメカニカル現象に関する報告が近年立て続けにな されている [2,3]。しかしながら一方で、既存の研究では空間的に一様な SAW 平面波が主に扱われていたため、 磁気弾性効果や素子の機能性、設計自由度は限定的であった。本研究では、フォノニック結晶 (PnC) をスピン メカニカル構造に導入することで [4]、この限界の打破を試みる。まず本講演では、PnC の母材となる GaAs 基 板を用いた Ni 薄膜の AD-FMR 予備実験の結果と、我々のグループで扱っている点欠陥型 PnC 共振器構造をモ デルにした同現象の有限要素法 (FEM) による評価結果について述べる。

図 a に計算で使用した点欠陥型 PnC 共振器の模式図を示す。PnC 格子は、0.6 GHz 近傍において完全バンド ギャップをもつため、欠陥中の特定周波数の振動は閉じ込められ共振を起こす。円形の強磁性体 Ni 薄膜が欠陥 表面に配置されており、面内静磁場 ($\mu_0 H_{ex}$) 印可により一様に磁化していると仮定する。GaAs-SAW による予 備実験から得られた GaAs / Ni 界面の磁気弾性定数を用いて、AD-FMR によって吸収される共振パワーの磁場 と印加方向 (ϕ) 依存性を FEM で解析した結果を図 c に示す。0.588 GHz と 0.613 GHz の共振モード (A と B) において (図 b)、それぞれ 1.9 mT、2.0 mT において共振パワーの吸収が観られる。これはそれぞれの磁場によ って決まる FMR 周波数が各モードの共振周波数と一致し、振動パワーの一部が磁化の歳差運動へ移ったためで ある。モード B では SAW 平面波の場合と同じように、 $\phi = \pm 45^\circ$ 近傍において当該現象が強く発生する一方で、 モード A では ϕ にほぼ依存することなく起こる。これは、両共振モード形状の相違によって起こるものと推測さ れる。このように、PnC 構造を活用することで、局所的な FMR 励起やモード形状によるその多様な変調が可能 となり、スピンメカニカル素子の高性能、多機能化が期待される。

[1] K. Harii *et al.*, Nat. Commun., **10**, 2616 (2019).
[2] T. Yokouchi *et al.*, Nat. Nanotechnol., **15**, 361–366 (2020).
[3] A. Hernandez-Minguez *et al.*, Phys. Rev. Appl., **13**, 044018 (2020).
[4] D. Hatanaka and H. Yamaguchi, Phys. Rev. Appl., **13**, 024005 (2020).



Fig. (a) Schematic of a point-defect cavity in a phononic crystal on which a Ni film (50 nm) is formed (yellow). The scale bar is 4 μ m. (b) A modal shape of a cavity resonance with Mode A (left) and B (right). (c) Normalized power-absorption of the resonant vibration of Mode A (left) and B (right) via AD-FMR.