

強磁性体多層構造におけるマグノン間相互作用を介した マグノン-ポラリトンの群速度制御

Controle of group velocity of magnon-polariton by magnon-magnon coupling in magnetic layered system.

○ 加藤 健太¹, 横山 知大¹, 石原 一^{1,2}

(1. 阪大院基礎工, 2. 府大院工)

○ Kenta Kato¹, Tomohiro Yokoyama¹, Hajime Ishihara^{1,2}

(1. Osaka Univ., 2. Osaka Pref. Univ.)

E-mail: kato.k@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp

マイクロ波共振器中に強磁性体を配置すること、強磁性体中の素励起であるマグノンと電磁波が相互作用しマグノン-ポラリトンを形成される。マグノン-ポラリトンは印加静磁場強度やキャビティ構造を制御することで室温下において超強結合状態を示すなど、多彩な応答を示し、量子情報や量子通信への応用が期待されている [1]。しかし、強磁性体中に励起されるマグノンはマイクロ波領域なので、試料サイズと共振器サイズが共に mm オーダーとなる必要がある。これはマグノン-ポラリトンを用いたデバイスの集積化に課題がある。

我々は系の空間構造を微視的な視点からデザインすることで電磁波とマグノンの巨大な結合を実現し、集積化可能な μm スケールの磁性体薄膜での結合状態について議論する。マグノンのコヒーレンスが試料全体に広がっているとき、磁場応答は非局所的に試料全体に伝わる。その電磁応答をマグノンの波動関数を考慮することで、非局所感受率を用いてあらわす。また、電磁波の空間構造を Maxwell 方程式から取り込み Green 関数を用いて記述し、磁化と磁場を自己無撞着に取り扱う。本研究では、図 1 のように厚い磁性体 (1mm) と薄い磁性体 (1 μm) を組み合わせた系を考える。図 2 は、図 1 の場合のマグノンの固有エネルギーを示したものである。厚い磁性体では空間構造を反映した電磁波-マグノン相互作用によってマグノン-ポラリトンを形成する。一方で、薄い磁性体ではその膜厚のため電磁波とマグノンの結合は小さい。しかし、各磁性体中に励起されるマグノンの双極子場によって層間のマグノン-マグノン相互作用によって互いに結合する。その結果、薄い磁性体でも有効的に電磁波とマグノンが結合し、マグノン-ポラリトンが形成される。印加磁場を変調することで電磁波-マグノンの結合を動的に制御し、マグノンの群速度の制御性についての議論も行う。本結果は、比較的簡単な系で、通常電磁波と結合しないような薄膜で、電磁波とマグノンの大きな結合を示し、マグノン-ポラリトンを用いた集積化されたスピントロニクスデバイスへにつながるものである。

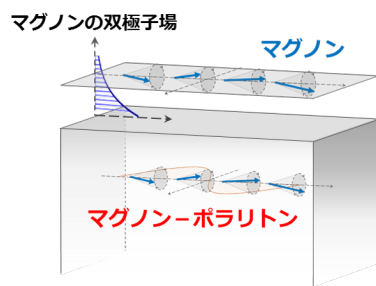


図 1: 厚い磁性体 (1mm) と薄い磁性体 (1 μm) を組み合わせた系。

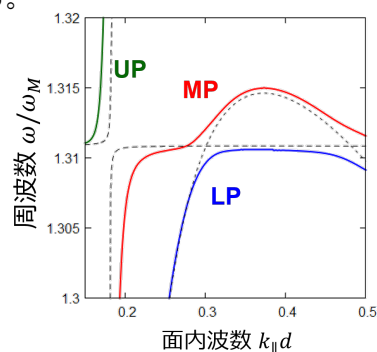


図 2: 図 1 のときのマグノンの分散関係。

[1] X. Zhang, and et al., Phys. Rev. Lett. 113, 156401 (2014).