

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 コヒーレント磁気弾性強結合状態に基づく高効率 スピン流生成手法の開拓

理化学研究所・創発性科学研究センター・チームリーダー

おおたに よしちか
大谷 義近

研究課題番号： 19H05629 研究者番号： 60245610

キーワード： 磁気弾性結合、スピン流、エデルシュタイン効果、強結合

【研究の背景・目的】

磁性体に磁場を印加すると歪が生じる磁歪現象や逆に歪を加えることで磁化が変化する磁気弾性効果は、今から 150 年以上前に発見され、よく知られた物理現象である。近年、この磁気弾性効果によるスピン流生成やマイクロ波の非相反性が実験的に観測され、再度注目を集めている。本研究では、ブラッグミラーで構成されたキャビティ構造にマグノンとフォノンを閉じ込め、それらの強結合状態を誘起する。マグノン・フォノン結合状態の物性の詳細を明らかにするとともに、既存技術よりも効率的なスピン流の生成を実現する。

【研究の方法】

すだれ状電極 (IDT) に交流電圧を印加すると、IDT の双方向に表面弾性波が発生する。本研究では、より効率的にフォノンを閉じ込めるため、図 1 のようなキャビティ構造を作製する。このキャビティ構造は、金ナノ細線を平行に並べた金属細線列からなる一対のブラッグ反射鏡で構成されている。これらの微細構造を、電子線描画・真空蒸着およびリフトオフ法を用いて、圧電基板上に作り込む。二つの反射鏡に挟まれた空間は、表面弾性波 (フォノン) の閉じ込め空間となる。この空間に IDT を配置し、発生させた表面弾性波の減衰過程を実験と数値計算の両面から性能指数を算出し、フィードバックをかけながらキャビティ構造の最適化を図る。

最適化されたキャビティ構造の閉じ込め空間に、強磁性体薄膜微細構造を形成することで、マグノン・フォノンの結合強度を測定するための素子を作製する。素子の特性評価には、ベクトルネットワークアナライザやブリルアン光散乱測定を用いたマグノンとフォノンの分散関係の決定を行い、結合強度の評価を行う。

また、マグノン・フォノン結合を用いて、スピン流を効率的に生成するためには、上述したキャビティ構造の最適化に加え、励起するフォノンの周波数を強磁性体の共鳴周波数である GHz 帯域に合わせる必要がある。そのため、ナノメートルサイズの IDT を用意し、効率的なスピン流生成の検証実験を行う。生成されたスピン流は、非磁性体における逆スピンホール効果や、物質界面における逆エデルシュタイン効果を利用して電流へ変換し定量評価を行う。

さらに、最適化を行ったキャビティ構造を有する試料を、室温から数 K 程度の低温にすることで、コヒーレントなマグノン・フォノンの強結合状態の検証実験をめざす。

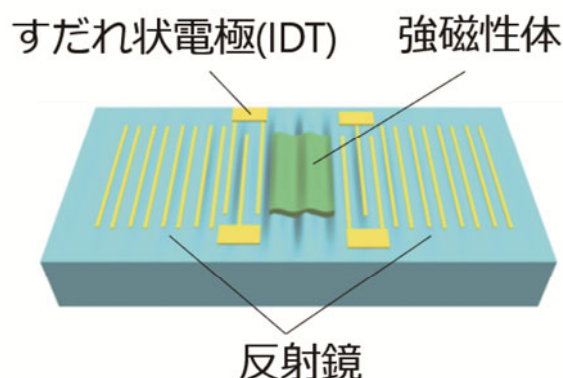


図 1 マグノンとフォノンを閉じ込める
キャビティ構造

【期待される成果と意義】

本研究では、キャビティ構造を用いることで、エネルギー損失を抑制し、マグノン・フォノン結合状態の最大化を行う。それにより、既存技術よりも高効率なスピン流の生成が期待される。

さらに、これらの試料を、低温測定システムに持ち込むことで、コヒーレントな強結合状態の実現や位相情報の転送・マグノン-フォノン準粒子の量子性を検証するための理想的なテストプラットフォームを提供する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- M. Xu, J. Puebla, F. Auvray, B. Rana, K. Kondou, and Y. Otani, Inverse Edelstein effect induced by magnon-phonon coupling, *Phys. Rev. B* **97**, 180301(R) (2018).
- Y. Otani, M. Shiraiishi, A. Oiwa, E. Saitoh, and S. Murakami, Spin conversion on the nanoscale, *Nat. Phys.* **13**, 829 (2017)

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和 5 年度
137,200 千円

【ホームページ等】

<http://www2.riken.jp/lab-www/nanomag/>