



学校法人福岡大学 *Press Release*

平成 31 年 4 月 22 日

ナノ周期構造の磁石で原子磁石の波を制御

～金属マグノンニック結晶中のスピン波を電気のみを用いた手法で観測～

福岡大学理学部物理科学科の笠原健司助教と眞砂卓史教授らの研究グループは、磁石の中を伝わる波(スピン波^{注1})が伝わる特性を、周期的なナノ構造を持った金属の磁石(金属マグノンニック結晶^{注2})により制御し、世界で初めてその特性を電気的な手法のみを用いて観測することに成功しました。スピン波は情報の伝達や処理の際にほとんど熱を発生しないため、低消費電力な情報伝達・処理技術の担い手として電子機器への応用が期待されています。これまで金属マグノンニック結晶の研究は、その微小な周期構造ため、光による検出手法しかその特性を観測する手段がなく、電子機器に用いられる回路素子への応用に障害となっていました。本研究では、金属マグノンニック結晶の周期構造と、スピン波を励起・検出するためのアンテナの構造を最適化することにより、電気のみを用いた検出方法であっても金属マグノンニック結晶中を伝わるスピン波の特性を観測可能であることを明らかにしました。この発見は、既存のシリコン集積回路技術^{注3}と整合性が高い超低消費電力スピン波デバイス^{注4}を実現する上で非常に重要な成果であり、今後、スピン波フィルターやスピン波ロジック回路などといった発熱がほとんどない超低消費電力な新規デバイスへの応用が期待されます。

< 研究経緯・研究内容および今後の展開 >

電子機器の中核を担っているシリコン集積回路は、近年の過度な高集積化によってリーク電流^{注5}が増加しており、それによる消費電力の急激な増大が大きな問題となっています。これを打開するために、エネルギー消費のほとんどないスピン波によって情報伝達や情報処理を行うスピン波デバイスの研究が盛んに行われています。このデバイスは、電流が流れないためにジュール熱による損失がなく、超低消費電力であるとして次世代の情報伝達・情報処理技術として期待されています。その中でも、既存のシリコン集積回路技術と整合性の高い材料である強磁性金属^{注6}に、ナノスケールの周期構造を導入することで、スピン波の特性を制御する研究(金属マグノンニック結晶)が、最近、注目を集めています。これまでの研究では光による検出手法が用いられており、純粋にスピン波の特性調査に主眼が置かれていました。しかし電子機器への応用を考えた場合、電気的な手法のみで金属マグノンニック結晶中にスピン波を発生させ、それを検出する必要がありました。

今回、福岡大学理学部物理科学科の量子電子物性研究室のグループは、パーマロイ^{注7}と呼ばれる強磁性金属の薄い膜(厚さ 50 nm)に深さが 25 nm の溝を等間隔で配置した構造の金

属マグノニック結晶を作製し、それに適した平面アンテナを用いることで、世界で初めて、マグノニック結晶のスピン波の特性(バンドギャップ)を電気的な手法のみで観測することに成功しました。この測定結果は、マイクロマグネティックシミュレーション^{注8}でよく再現できており、今後はこのシミュレーションを活用した効率の良いデバイス設計やその最適化も期待されます。

「金属マグノニック結晶の研究は光による測定が一般的でしたが、今日の情報化社会を支えている電子機器への応用には、電気のみによる手法でその特性を明らかにする必要があります。今回の成果により金属マグノニック結晶を用いた電子デバイスの実現が飛躍的に高まりました。」と笠原助教は述べています。

今後の展開としては、マグノニック結晶の周期構造とスピン波の伝搬特性についての関係をより詳細に調査するとともに、金属マグノニック結晶を用いた低消費電力なスピン波デバイスの開発を進めていく予定です。

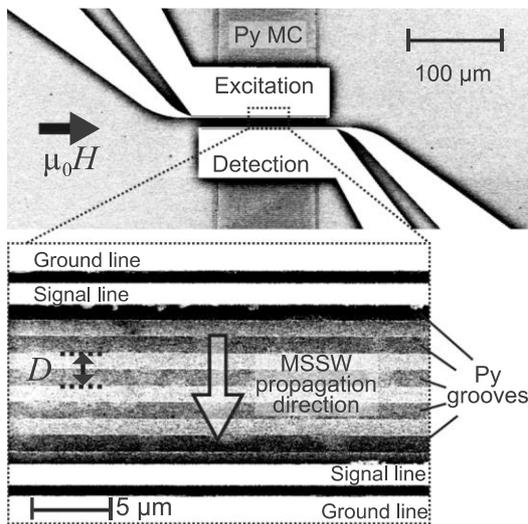


図1:実際に作製したパーマロイマグノニック結晶(Py MC)の電子顕微鏡写真。ナノサイズの溝(下図の暗い部分)が等間隔で並んでいる。

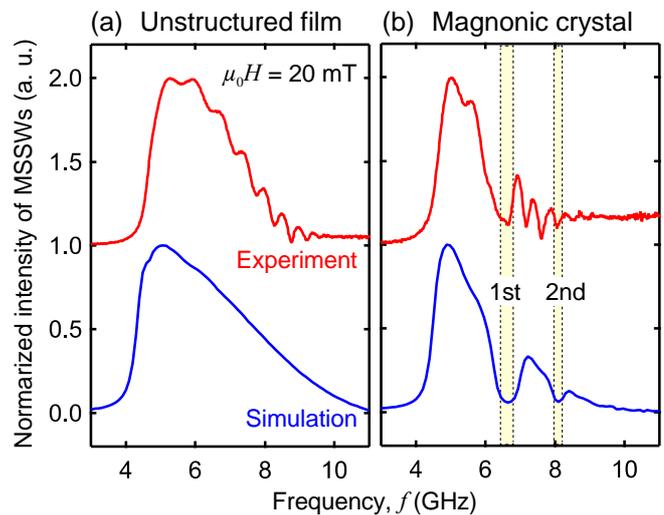


図2:(a)周期構造のないパーマロイ(Py)薄膜と、(b) Py マグノニック結晶におけるスピン波強度の周波数依存性。赤と青はそれぞれ、実験結果とシミュレーション結果である。Py マグノニック結晶では、黄色い帯の部分でスピン波強度が減少していることがわかる(バンドギャップ)。

<用語解説>

注1 スピン波

磁石中の原子磁石(スピン)がコマの首振り運動(歳差運動)を行う際に、それが空間的にずれて波のように磁石の中を伝わっていく現象。

注2 金属マグノニック結晶

電気を通す磁石(強磁性金属^{注6})に微小な構造を周期的に作りこむことで、その中を伝わるスピン波の特性を制御することができるようにした物質。

注3 シリコン集積回路技術

集積回路は、電子機器の中で情報処理や演算を行う素子。主にシリコンと呼ばれる半導体材料でできており、この集積回路を作る技術のこと。

注4 スピン波デバイス

スピン波を情報伝達や情報処理に用いる電子部品。低消費電力な次世代電子部品として期待されている。

注5 リーク電流

トランジスタなどの電子部品が、動作してなくても電源が入っているだけで流れてしまう電流。

注6 強磁性金属

磁石の性質を持っている金属。

注7 パーマロイ

鉄とニッケルの合金。強磁性金属の一種。

注8 マイクロマグネティックシミュレーション

磁石中の原子磁石(スピン)の運動をシミュレーションするソフトウェア。

< 論文情報 >

Koji Shibata, Kenji Kasahara, and Takashi Manago, “*Electrical detection of magnonic band gaps for metallic one-dimensional magnetic crystals*”, *Applied Physics Express* **12**, 053002 (2019).

<https://doi.org/10.7567/1882-0786/ab1449>

本件に関するお問い合わせ先

担当:理学部物理科学科・助教 笠原健司

TEL: 092-871-6631(代) (内線 6193)

E-mail: kasaharakenji  fukuoka-u.ac.jp

(メールを送る際には、「」を「@」に置き換えてください。)