

【助成 39-22】

電界による局所カイラル磁気構造誘起を利用した磁壁伝送に関する研究

代表研究者 大阪大学産業科学研究所 准教授 小山 知弘

〔研究の概要〕

本研究ではスピンのカイラリティを利用した可逆的な磁区の反転伝送の実現を目指して、局所的に磁気異方性を変調させた Pt/Co 構造におけるカイラル磁気構造の観測を行った。試料表面のエッチングにより Pt/Co 細線の異方性を部分的に変調し、一つの磁性体の中に面直と面内磁化が共存した異方性変調構造を作製した。磁気抵抗測定から、この系では界面においてジャロシンスキー・守谷相互作用に由来するカイラル有効磁場が存在し、それにより面直磁化の方向に依存して面内磁化の方向が一意に定まることを見出した。このことは、異方性を局所的に変調させることでカイラル磁気構造を誘起できることを示唆している。

〔研究経過および成果〕

強磁性細線中の磁区に情報を担わせ、その境界である磁壁を電流でシフトさせて動作する磁壁移動メモリは、次世代のストレージメモリへの応用の観点などから盛んに研究されている。一方で現状の磁壁デバイスは、一度入力されたビット情報の書き換えや消去技術が確立されていないという課題がある。実用化のためには上記の動作を高速かつ省エネルギーで実行するための技術の開発が必須である。我々は、近年スピントロニクス分野で注目されている「電圧印加による局所的な磁性制御」と「カイラル磁気構造」を組み合わせることで問題を解決できると考えている。具体的には、スピンの旋回性が一意に決められたカイラル磁気構造を局所的に電圧により誘起し、可逆的な磁区の反転動作を行うための技術の確立を目的とする。本研究ではその準備として、電圧を印加せずに局所的に磁気異方性を変調した白金(Pt)/コバルト(Co)積層構造を作製し、カイラルな構造が誘起されるための条件を調べた。

Pt/Co/酸化マグネシウム(MgO)構造をスパッタによ

り製膜し、電子線リソグラフィとイオンミリングを用いて細線形状(線幅 1 μm)に微細加工した試料を作製した。製膜した状態での試料の磁化容易方向は面内である。この試料に対し、最表面の MgO の表面をエッチングすることで面直磁化容易になることがわかった。これは Co 層の表面がわずかに酸化されたためであると考えられる。細線の一部が部分的にレジストで覆われた状態を作製し MgO 表面のエッチングを行うことで、部分的に面直磁化領域を作りだすことができる、すなわち磁気異方性変調構造を実現できる。本研究では、面内領域の幅を変えた数種類の変調構

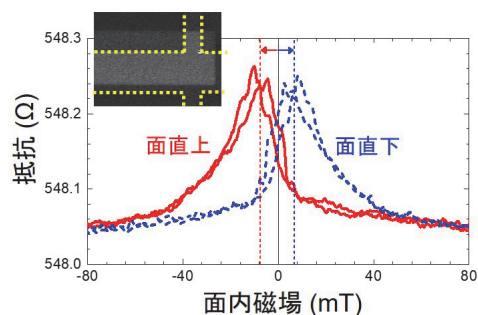


図 1：素子構造(左上)と面内磁場下での磁気抵抗測定結果

造を作製し実験を行った。

本研究では面内磁場で試料の磁気抵抗(MR)の測定を行い、面内領域の磁化方向について調べた。細線と直交する方向(y 軸方向)に磁場を印加した際の結果を図に示す。あらかじめ面直領域を上向きにした試料では、MR 曲線が中心から左すなわち-y 方向にシフトしていることが確認された。重要なことに、面直磁化を下向きに反転させると、シフトの符号が反転することがわかった。MR 曲線のシフトは、面内磁化に対してアディショナルな有効磁場が作用していることを意味している。すなわち面直磁化が上(下)向きの時、+y(-y)方向の有効磁場が働いていることになる。面直磁化の方向と有効磁場の向きについて考察したところ、ジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)により形成されるカイラル磁壁に作用する有効磁場と同方向であることがわかった。観測された有効磁場の大きさから大まかに見積もったDMIの大きさがPt/Co系で過去に報告されている値と近いことから、有効磁場の起源がDMIであることの証拠の一つである。この結果は、面内磁化と面直磁化を共存させた異方性変調構造においては、DMIによりカイラルな磁気構造が形成されることを意味している。

さらに本研究では、面内領域幅と有効磁場の関係を調べた(図 2)。有効磁場の大きさは面内領域幅が

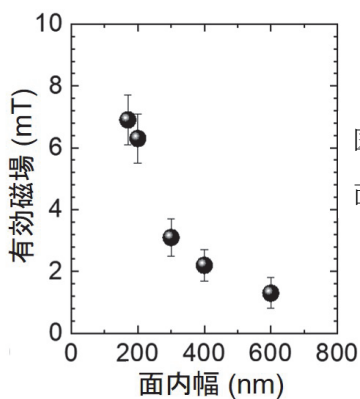


図 2 : 有効磁場の面内領域幅依存性

大きくなるほど減少することがわかった。これは、有効磁場の起源が面内/面直界面に起因するためである。これにより、異方性変調により効果的にカイラル構造を誘起するためには、面内領域幅を細くすることが有効であることが示唆される。

本研究により、DMI を有する系において、面内磁化と面直磁化が界面を形成するような構造では、カイラル磁気構造が誘起されることが明らかになった。今回は表面エッチングによる異方性変調を用いたが、電圧効果による局所的な磁気異方性変調によってもカイラル構造を可逆的に誘起することは可能であると考えられる。今後の展望としては、実際にゲート電圧印加構造を作製して検証するとともに、磁区の反転動作の観察へと進んでいく予定である。

[発表論文]

1. T. Koyama, Y. Nakatani and D. Chiba, "Chirality-induced effective field in Pt/Co/MgO system with spatial anisotropy-modulation", *Applied Physics Letters* **120**, 172402 (2022).
2. T. Koyama, "Unidirectional effective field observed in Pt/Co structure with spatial anisotropy modulation", 第 69 回応用物理学会春季学術講演会(青学大), 口頭発表
3. K. Yoneda, T. Koyama et al., "Observation of chirality-induced effective field on in-plane magnetization in Pt/Co system with spatial anisotropy modulation", ICMFS2022 (OIST), ポスター発表
4. K. Yoneda, T. Koyama et al., "二重磁気異方性変調界面を有する Pt/Co 系におけるカイラリティ誘起磁化制御", 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会(東北大), 口頭発表