

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL
EVALUATION METHOD FOR STATIC AND DYNAMIC
PROPERTIES OF MAGNETIC VORTEX SYSTEMS IN
PATTERNED FERROMAGNETIC DOTS

崔, 暁敏

<https://doi.org/10.15017/1544002>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 崔 暁敏

論 文 名 : RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL EVALUATION METHOD FOR STATIC AND DYNAMIC PROPERTIES OF MAGNETIC VORTEX SYSTEMS IN PATTERNED FERROMAGNETIC DOTS

(微細強磁性体ドットにおける磁気渦構造の静的・動的特性の電氣的評価法の開発に関する研究)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

ミクロンからサブミクロンサイズに加工された微小強磁性体では、微細化に伴う静磁エネルギーの増大により、試料形状を反映した磁区構造が形成される。中でも、円盤や正多角形などでは、渦状にスピンの配列した磁気渦と呼ばれる特異な磁区構造が安定化する。この磁気渦構造は、高い熱安定性や優れた共鳴特性などの特徴を有するため、次世代型スピンドバイスにおける記憶セルへの応用が期待されている。磁気渦構造の特性は、磁化の旋回方向を示すカイラリティと吹き出し磁化を表すポラリティの二つの自由度で特徴づけられる。しかし、スピン配列の空間対称性の高さから、これらの自由度を検出するには、磁気力顕微鏡や放射光を用いる等、特殊な実験を行う必要があった。本論文は、強磁性体ドットの伝導特性から、極めて簡便に磁気渦特性を評価する手法を開発したものである。得られた成果の要約を以下に示す。

まず、円盤形状の Permalloy (Py) 磁気ドットに対して非対称な配置で Cu 電極を取り付け、電気抵抗の磁場依存性を測定することで、磁気渦のカイラリティを精度良く、かつ簡便に検出する手法を開発した。更に、そのカイラリティの磁場強度に対する安定性を評価した。その結果、磁気渦のカイラリティは、Cu 電極と元のカイラリティの影響を受け、一度形成されたカイラリティの情報を完全に消し去るには、消滅磁場に対して、2 倍程度の磁場を印加する必要があることが分かった。

次に、同様の非対称配置電極を配置した素子に、高周波磁場印加用の電極を取り付けることで、磁気渦の共鳴特性を高感度に評価する手法を開発した。本手法は、これまで主流であったネットワークアナライザーを用いた評価法に比べ非常に高感度で、また、共鳴励起回路と検出回路を分離した回路構成であるため、ホモダイン検波法などに比べて検出電流の影響を最小化できるなどの特徴を有することを示した。更に、本手法を発展させることで、静磁結合した磁気渦配列の共鳴特性の研究にも展開できることを示した。その後、磁気円盤における磁気渦構造が引き起こす磁気抵抗効果が 2 回対称であることを用いて、磁気渦共鳴により電気抵抗が励起周波数の二倍周波数で変化することを見出した。第二高調波を用いた本手法は、非対称電極不要で、かつ極めて高感度であり、単一の磁性円盤の評価も可能であることを示した。また、スペクトルの励起電力依存性から、共鳴周波数が励起電力と共に増大することと、共鳴振幅が非線形に振る舞い領域が存在することを示した。

最後に、同様の手法を、正三角形、二等辺三角形、及び正方形などの多角形状の微細磁性体に適用し、同手法の有効性を示し、これらの多角形状磁性体では、磁気渦の安定位置に対応して共鳴周波数が大きく変化することを実証した。また、二等辺三角形の単一磁性ドット内に 2 つの磁気渦を形成する技術を開発し、それらの相互作用によって引き起こされる特徴的な共鳴特性を観測することに成功した。これら一連の磁気渦の静・動的特性の評価技術の開発、及び特性評価に関する上記の成果は、スピン情報伝送を用いたデバイスの実現につながると期待される。