

氏 名	ひめの 野 敦 史
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3159 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	構造制御された強磁性細線における磁壁の動的挙動に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 小 野 輝 男 教授 吉 村 一 良 教授 島 川 祐 一

論 文 内 容 の 要 旨

サブミクロン磁性細線の磁化反転過程における磁壁の動的挙動について研究を行った。電子線リソグラフィーを用いた微細加工手法によって、試料構造を制御し、磁性細線の磁区構造や磁化反転過程を制御することを目的としている。以下に各実験の結果について記す。

細線幅 500nm の磁性細線における磁壁の伝搬速度を巨大磁気抵抗 (GMR) 効果を利用して測定した。磁化反転中の磁壁の伝搬速度は一定であった。外部磁場の増加とともに磁壁の伝搬速度は増加し、その速度の外部磁場依存性から磁壁の移動度を求めた。4.2~200K において、磁壁の移動度 (μ) は温度依存せず、 $\mu=2.2\text{m}/(\text{s} \cdot \text{Oe})$ であった。移動度に温度依存性がないことから、サブミクロン磁性細線中の磁壁伝搬は渦電流損失の影響を受けないことが明らかになった。本実験から得られた結果は、磁壁伝搬が受ける制動効果を理解するための1つの大きな糸口となる重要な結果である。

くびれをもつサブミクロン磁性細線における磁壁の動的挙動について GMR 効果を利用して調べた。くびれ幅とくびれにピニングされた磁壁がデピンングするために必要な外部磁場 (デピンング磁場) との関係について調べ、磁性細線中に挿入されたくびれが深くなるにつれて、デピンング磁場が増加することが分かった。また、デピンング磁場の温度依存性から、温度の上昇とともにデピンング磁場は減少し、磁壁のくびれからのデピンング過程は熱活性化することが分かった。本実験から、サブミクロン磁性細線に挿入したくびれは磁壁の伝搬をピニングするという目的において有効な手段であることが明らかになった。

非対称周期構造をもつサブミクロン磁性細線における磁壁の動的挙動について研究を行った。磁性細線中に付加された非対称構造からの磁壁のデピンング磁場が磁壁の伝搬方向によって大きく異なった。この結果から、磁性細線中の非対称構造が磁壁伝搬に対して非対称ポテンシャル障壁として働くことが明らかになった。これは「磁壁ラチェット」と呼ぶべき効果である。また、磁性細線中の非対称周期構造のひとつひとつがそれぞれ独立に単一の非対称ポテンシャル障壁として働き、非対称構造部分の細線幅を変化させることによって、デピンング磁場の大きさを制御することが可能であることも明らかになった。さらに、非対称周期構造をもつサブミクロン磁性細線におけるスピントランスファー効果による磁壁の電流駆動現象について調べた。この実験から、磁性細線中の非対称構造から磁壁が電流駆動によってデピンングするために必要なしきい電流密度が磁壁の伝搬方向によって異なることが明らかになった。また、電流駆動と磁場駆動を組み合わせることによっても、非対称構造によるピンニング・ポテンシャルの非対称性を示す実験結果を見出し、磁壁の電流駆動においても磁壁ラチェット効果が発現することを明らかにしている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

強磁性金属で構成されるナノ構造体は、スピントロニクス発展において中心的な役割を担うものとして重要視されている。その理由の1つとして、試料サイズを小さくすることで、出現し得る磁区構造の自由度を減少させて、さらに微小磁性

体の形状に微細構造を付加することで、磁区構造や磁化反転過程を制御することが可能になるからである。ナノ磁性体に関する研究は、強磁性体の磁氣的性質を知る上で非常に重要な基礎研究であるだけでなく、スピントロニクス・デバイスを設計するという応用分野においても非常に重要である。

学位申請者は、構造制御された強磁性細線における磁壁の動的挙動に関する研究を行い、サブミクロン磁性細線における磁壁の移動度が温度依存しないことを実験的に見出した。また、磁性細線中に導入したくびれが磁壁伝搬に対して単一ポテンシャル障壁として働くことを明らかにした。さらに、磁性細線中に非対称周期構造を付加することで、磁場駆動による磁壁伝搬に対して非対称ポテンシャルを生成することに成功した。スピントランスファー効果による磁壁の電流駆動においても、磁性細線中の非対称構造が磁壁の伝搬方向によって非対称ポテンシャル障壁として働くことを実験的に見出した。この非対称ポテンシャル中の磁壁の運動は、「磁壁ラチェット」と呼ぶべき効果で、本研究は強磁性体を用いたラチェット効果の初の検証という意義を持つ。

この研究の成功の鍵を握る要因の1つとして、良質な試料の作製技術と試料形状の設計が重要となる。上述のように試料形状によって微小磁性体の磁区構造や磁化反転過程を制御するため、欠陥なく形状制御された微小磁性体試料の作製が不可欠であり、かつ研究目的に合った試料形状を設計する必要がある。申請者は試行錯誤の結果、研究目的に合った試料形状を見出し、微小磁性体に磁壁ラチェットと呼ぶべき機能性を持たせることに成功した。

以上のことから、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと判定される。また、申請論文に報告されている研究業績とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。