

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048021

研究課題名（和文）

スピン偏極電流磁化反転の解明とデバイス設計

研究課題名（英文）

Computer simulation of magnetic vortex core switching by spin current

研究代表者 仲谷 栄伸(Yoshinobu Nakatani)

電気通信大学・電気通信学部・教授)

研究者番号：20207814

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性Ⅱ

キーワード：スピン流、磁化反転

### 1. 研究計画の概要

近年スピン電流による磁化操作対象として、円盤状のディスク（磁性ドット）内に現れる vortex 構造の運動に関する研究報告が行われ始めている。本研究の代表者はこれまでに計算機シミュレーションを用いて、スピン電流によるドット内の vortex コアの螺旋運動や共振運動、さらに vortex core の反転の研究を行い、これらの現象を用いた新たなデバイスの可能性を示した。しかしながら、シミュレーション結果は実験結果と定性的には一致するが、定量的には一致せず、スピン電流による vortex の運動が完全に解明されているとは言いがたい。本研究では、vortex の運動や磁化反転を精度よく再現できるシミュレーションモデルの作成をとおしてスピン電流による vortex の挙動を解明する。

### 2. 研究の進捗状況

研究進捗状況を以下にまとめる。

#### ① 電流磁界効果

シミュレーションと実験との結果の不一致の一つの原因として、スピン電流による電流磁界の効果が考えられる。しかしながら、電流磁界の効果を調べるためには、磁気ドット及び電極内部の電流密度分布を求め、それらが磁気ドット内部に作る電流磁界を計算し、これを考慮したシミュレーションを行う必要がある。しかしながらこれを実現するには膨大な計算時間が必要となり、計算時間の高速化が必要となる。たとえば共振運動の1回のシミュレーションには約8ヶ月の計算時間が必要である。このためにGPUを用いて計

算の高速化を試みたところ、シミュレーション時間を約2週間にまで短縮することができた。この成果を用いて電流磁界の効果についての検討を行うことができるようになった。

#### ② パルス電流磁化反転

これまで磁気 vortex core の反転は AC 電流などで行われていたが、本現象をデバイスに応用する観点から、パルス電流により反転できることが望ましい。京都大学の小野グループとの共同研究により、パルス電流による磁化反転の実験結果が示された。しかしながら、反転に必要な電流値はスピントルクのみを考慮したシミュレーションの半分以下であり、実験結果を説明することが出来なかった。そこで電流磁界の効果を考慮してシミュレーションを行ったところ、電流磁界によりコアの反転メカニズムが変化し、実験で得られた程度の電流により、コアが反転することを示すことが出来た。

#### ③ スピン分極率の測定

交流のスピン電流による vortex の共振運動半径は、スピントルクによって決定される。したがって、電流値と回転半径がわかれば、スピン分極率を求めることが可能となる。ここでは京都大学の小野グループとの共同研究により、vortex の回転半径を実験的に求め、その結果をシミュレーションと比較することにより、スピン分極率の測定を行うことができた。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

シミュレーションの大幅な高速化が実現で

き、研究効率を向上することができた。この結果を用いて、実験グループとの共同研究により、新たなコアの反転メカニズムを求めることが出来、さらにスピン分極率の測定も行うことができた。

#### 4. 今後の研究の推進方策

スピン電流を用いた現象では、常に電流磁界の効果が議論となっている。たとえば、vortex の運動についてはドイツのグループにより電流磁界の効果については非常に大きいとの指摘が行われているが、逆に小さいとの指摘もある。今後も、スピントルクと電流磁界の関係についての研究を行い、両者の関係を明らかにする。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

1. K. Yamada, S. Kasai, Y. Nakatani, K. Kobayashi, and T. Ono “Current-Induced Switching of Magnetic Vortex Core in Ferromagnetic Elliptical Disks”, accepted in APL (2010). 査読有

2. S. Kasai, P. Fischer, Mi-Y. Im, K. Yamada, Y. Nakatani, K. Kobayashi, H. Kohno, and T. Ono, “Probing the spin polarization of current by soft X-ray imaging of current-induced magnetic vortex dynamics”, . Phys. Rev. Lett. 101, 237203 (2008). 査読有

3. K. Yamada. S. Kasai, Y. Nakatani, K. Kobayashi, and T. Ono, “Switching magnetic vortex core by a single nanosecond current pulse”, Appl. Phys. Lett, 93, 152502 (2008). 査読有

[学会発表] (計 10 件)

1. Tomonori Sato, Yoshinobu Nakatani, K. Yamada, T., Ono, “Velocity of vortex core switching in elliptic dot”, 11<sup>th</sup> Joint MMM-Intermag Conference, 2010 年 1 月 23 日, Marriott Washington Wardman Park (米国、ワシントン DC)

2. Tomonori Sato, Yoshinobu Nakatani, “Effect of the thermal fluctuation on the current induced vortex core switching time”, International Conference on Magnetism 2009, 2009 年 7 月 28 日, Congress Center Karlsruhe (ド

イツ、カールスルーエ)

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]