

学位論文の審査結果の要旨

審査結果の要旨

高密度・大容量・高速・低消費電力の情報ストレージ・論理計算デバイスは、ユビキタスIT化社会では重要な役割を果たしており、将来もその役割は変わることが無い。

磁気スキルミオンは、ナノスケール薄膜中の原子スピンの特殊な渦巻き状態であり、整数のトポロジカル量子数によってその振舞が説明される。その安定性及びそのダイナミックスはトポロジカル特性に依存する。また磁気スキルミオンは数ナノメートルと極めて小さく、しかも不揮発特性を持つ。磁気スキルミオンは、駆動・生成・消滅が可能で、情報分野の“0”と“1”の物理表現として書込み、読み出す性能を持つ、論理演算素子・超低消費電力超高密度メモリ素子として期待されている。

次世代高密度メモリの一つの有力な候補として、レーストラック型メモリを提案されている。しかしながら、スピントランスポーターと呼ばれる物理現象に基づく、電子のスピンの輸送利用した電流駆動磁壁移動を基本としている。駆動電流密度は非常に高いため、電流によるジュール熱損失を無視できない。本論文では、電圧による磁気スキルミオン駆動手法を提案し、電圧により磁気スキルミオンの制御に着手している。電圧駆動の場合は、ジュール熱損失を限界まで低減でき、極めて低消費電力な駆動方法と考えられる。

MA CHUANG氏は厚さ3ナノメートル以下の垂直磁化膜の電界による磁気特性のチューニング効果に着目し、垂直磁化膜の膜厚傾斜構造を提案した。そして、このような構造を電極間に挟むことによって、磁気スキルミオンの生成、直線的な駆動を実現している。論文では、膜厚傾斜構造の作製方法、傾斜面の磁気特性を詳細に報告している。

更に、磁気スキルミオントラジスタと呼ばれる論理素子の基礎デバイスを提案し、その駆動手法、電流、電界に加えることによる磁気スキルミオンの振舞を明らかにした。電界駆動型スピン3端子の試作、動作を確認された。

膜厚3ナノメートル以下の磁性薄膜の磁気特性の測定、磁区構造の観察は極めて難しい。MA CHUANG氏は高感度なマイクロカー効果測定装置の開発に携わった。測定用アンプの自作を繰り返すによって、カー効果に適した測定アンプの開発を成功した。これによって、本研究の極めて薄い磁性薄膜の評価を実現した。

以上より、本論文はスピントロニクス分野において独創的な知見を与えており、学位論文審査委員会全員一致で、MA CHUANG氏の論文は学位論文として認められる内容であり、学位論文審査合格と判定した。

公表主要論文名

論文発表 (1) (レフェリー制のある学術雑誌)

1. Chuang Ma, Xichao Zhang, Jing Xia, Motohiko Ezawa, Wanjun Jiang, Teruo Ono, S. N. Piramanayagam, Akimitsu Morisako, Yan Zhou, Xiaoxi Liu
Electric Field-Induced Creation and Directional Motion of Domain Walls and Skyrmion Bubbles

NANO LETTERS, Vol. 19, No. 1, pp. 353-361 (2019)

2. Chuang Ma, Tianli Jin, Xiaoxi Liu, S. N. Piramanayagam

Switching domain wall motion on and off using a gate voltage for domain wall transistor applications

Applied Physics Letters, Vol. 113, Article No. 232401, pp.1-4 (2018)