

Title	Voltage modulation of interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction in artificial multilayer
Author(s)	縄岡, 孝平
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61818
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (縄岡 孝平)	
論文題名	Voltage modulation of <i>interfacial</i> Dzyaloshinskii-Moriya interaction in artificial multilayer (金属人工格子における界面ジャロシンスキー守谷相互作用の電圧変調)
論文内容の要旨	
<p>磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) は情報の保存に磁性を利用した不揮発メモリであり、スピントロニクス領域において特に注目を集めている新機能性デバイスである。他の不揮発メモリと比較した際、現在一部実用化されつつあるMRAMは高速動作と高信頼性が期待できる一方で、スピン偏極電流を用いた書き込みを行っているためその電力が大きいという問題を抱えている。電圧による磁性層制御はこの書き込み電力低減を期待できる手法として期待され、近年様々な電圧による磁性制御に関する研究が行われてきている。中でも電圧によるFe MgO界面の磁気異方性変調を応用した、パルス電圧による金属ナノ磁性体の磁化反転はこれまでのスピン偏極電流によるものに比べ書き込み電力低減が実現でき、動作速度かつ信頼性において優れる他、劣化も少ない理想的な磁化反転手法として注目を集めている。しかし、この技術はns以下の超短パルスが不可欠である他、効果が小さいため強磁性数原子層における磁化反転しか実現できないという課題を抱えている。そこで本研究では、パルス電圧を用いない磁化反転技術を実現するため、新規の磁性の電圧変調現象探索を行った(界面ジャロシンスキー守谷相互作用の電圧変調(DMI))。また、電圧誘起界面磁気異方性変調と界面DMIの電圧変調量を増大させるための薄膜構造の提案、評価を行った。</p> <p>新規の磁性の電圧変調現象として本研究では金属人工格子における界面ジャロシンスキー守谷相互作用(DMI)の電圧変調に注目した。界面ジャロシンスキー守谷相互作用は近年になり観測されるようになった、界面における空間反転対称性の破れとスピン軌道相互作用により発現する界面の効果である。バルク酸化物において観測されているバルクDMIは電圧制御可能な磁氣的相互作用として知られている。そのため界面DMIも同様に金属人工格子においても電圧制御可能であるはずであり、電圧変調が可能となれば金属人工格子においてもマルチフェロ的な磁性層の制御が可能となり、パルス電圧を必要としない磁化反転が実現可能となることを意味する。本研究では金属人工格子中に伝搬スピン波を励起し、スピン波の伝搬方向に依存したカイラリティを利用しこの界面DMIの電圧変調の評価を行った。</p> <p>結果としてAu Fe MgOをベースとした金属人工格子における界面DMIの電圧変調に世界に先駆けて成功した他、電場が印加されるFe MgO界面を制御することで、電圧誘起界面磁気異方性変調と界面DMIの電圧変調量を増大させることに成功した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (縄 岡 孝 平)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 鈴木 義茂
	副 査	教 授 木村 剛
	副 査	教 授 藤本 聡

論文審査の結果の要旨

提出された論文はスピントロニクスという新しい学問・技術分野に関するものである。スピントロニクスにおいて、磁化と磁区の制御が重要な課題となっている。これに対して、提出された論文では電圧の印加により強磁性金属薄膜内部の磁気的な相互作用が変調可能であることを見出した。この相互作用は反対称交換相互作用またはジャロシンスキー・モリヤ相互作用(DMI)と呼ばれる特殊な磁気相互作用であり、強磁性絶縁体においてはマルチフェロイックの出現の原因となっている。非対称な界面を持つ強磁性金属薄膜が反対称交換相互作用を示すことは既に見出されていたが、本論文は外部からの電圧の印加により強磁性金属薄膜が示す反対称交換相互作用を制御することが可能であることを示した初めての論文であり価値が高い。

申請者は高度なエピタキシャル成長技術を習得し、その技術によって鉄のエピタキシャル成長膜を作製した。この薄膜に同じくエピタキシャル成長した絶縁体を介して電圧を印加することにより内部の磁気的な相互作用を変調することを試みた。実際にはスピン波の伝搬特性を反対称交換相互作用の検出のために用いた。そのために申請者は上記の薄膜にさらに一対の高周波のアンテナを微細加工によって作製し、一方のアンテナから射出されたスピン波を他方のアンテナで検出した。その結果、電圧を印加するとスピン波の周波数とその進行方向に依存するようになることを発見した。この効果の膜厚依存性などの詳細かつ定量的な測定結果と理論との比較によりこの効果が電圧の印加により薄膜界面に発生した反対称交換相互作用に起因することを証明した。さらに、鉄層と絶縁体の間にプラチナを一原子層挿入することによりこの効果が3倍程度に大きくなることを見出し、この効果においてスピン軌道相互作用が重要な役割を演じていることを示した。また、プラチナを挿入した系に対して行われた数値シミュレーションから電圧効果によりスキルミオンを安定化できるなど、この効果が応用上も重要であることを示した。

発表は明解であり、質問にも的確に答えた。質疑応答から基礎物性に関して深い理解を持っているとともに学問の発展に寄与する強い意志と意欲を持っていることを確認した。以上より本論文は博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認める。