

プログラム名： 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

PM名： 佐橋 政司

プロジェクト名： 電圧トルクMRAMプロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

電圧効果ダイナミクス の 解明 と 高性能化②

研究開発機関名：

東北大学 原子分子材料科学高等研究機構

研究開発責任者

齊藤 英治

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究開発課題では、電圧による磁化ダイナミクス制御に向けた新原理の開拓と新原理に基づくデバイス構造の提案を目標とし、強磁性絶縁体中のバルク磁化ダイナミクスと電場の新たな結合の探索を行った。強磁性絶縁体では伝導電子による電場遮蔽効果がないことから、印加電圧の効率的な利用が可能であると見込まれる一方で、強磁性絶縁体の磁化ダイナミクスと電場の結合に未開拓な点が多くある。本研究では研究代表者の有する強磁性絶縁体と隣接する伝導体とのスピンの輸送を始めとする磁化ダイナミクスの高度な制御・検出技術を駆使することで、磁化ダイナミクスと電場の結合を詳らかにし、電圧磁化ダイナミクス制御の新原理を見出すことを目指す。平成 27 年度は、平成 26 年度に構築した実験系を用いて、磁化ダイナミクスが本質的に有する電場との結合を実証することを目指した。また、電場変調された磁化ダイナミクスを高感度に検出する手法も開発することで、磁化ダイナミクスと電場間の結合を双方向から明らかにすることを目指した。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

平成 27 年度の主たる目標の一つは、磁化ダイナミクスによる電場生成の実証にある。これまでに、スピン角運動量を輸送する磁化ダイナミクスの励起による電場効果が相対論的電磁気学より予言できることを見出し、実験系の構築を行った。実験による実証に向けては、磁化ダイナミクスの励起と電気分極の検出を組み合わせた系における測定の高精度化の実現が不可欠であり、周波数ドメインでの測定手法の導入と系の改良を行って高精度化は達成し、系統的なデータの取得を完了した。定量評価が可能なモデルを構築して解析することで実証ができると期待され、目標は概ね達成されたといえる。また、双方向の実証に向けては、逆効果である電場による磁化ダイナミクス変調の検出が欠かせない。このための磁化ダイナミクスの高感度な検出手法の開発を狙い、その一つとして磁化ダイナミクスが生じるスピン蓄積を通して高感度に測定可能な原理を見出すに至った。

本現象実証のための実験系は、強磁性絶縁体中でスピン角運動量を輸送する進行波を励起するための高周波アンテナと、その上に設置された磁性絶縁体を含むキャパシタ構造における電気分極生成に伴う分極電流の検出系からなる。測定精度の改良に向けて、浮遊電極が存在しないアンテナの導入とロックイン手法の導入による周波数ドメイン測定法の開発を行ってサブ fA レベルの信号の検出が可能になった。本手法を用いることで、磁化ダイナミクスに付随する分極電流信号の測定に成功し、入射マイクロ波の周波数および強度依存性について詳細に測定を行って系統的なデータの取得を完了した。また、単結晶および多結晶についても測定を行い、比較を行った。これらにより、平成 27 年度で磁化ダイナミクスが生じる電気効果の実証に必要なデータの取得を終えることができた。

磁化ダイナミクスの高感度な検出手法に向けて、磁化ダイナミクスが磁性体/金属接合において生じるスピン蓄積を電流印加時のホール電圧として検出する原理の探求を行った。ホール電圧による検出手法の利点として、印加電流量を上げることで信号強度を大きく出来る点が挙げられる。従来のスピン蓄積の検出手法では、信号強度の増大を外部から制御することは難しかったが、ホール検出が可能になれば、容易に高感度な検出が可能になる。磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネットにおける磁化ダイナミク

スを検出すべく、磁性絶縁体上に金属層を設置し、電流を印加した際の金属中のホール電圧をマイクロ波および熱による磁化ダイナミクスの励起手法と様々な金属層を用いて測定した。これらの結果より、金属中のスピン蓄積をホール電圧として検出する手法を確立し、高感度な磁化ダイナミクスの検出手法を実現することができた。

2-2 成果

磁化ダイナミクス-電場結合の探索を目標として、磁化ダイナミクスと同時に現れる分極電流の系統的なデータの取得を終了した。交流応答モデルの構築を行って、定量的評価を可能にすることで本結合について明らかにすることが出来る。また、磁化ダイナミクスをスピン蓄積を通して検出するため、高感度スピン検出手法を開発した(Nature Communication 受理済み)。本効果は、磁化ダイナミクスのみならず、スピン蓄積の高感度検出が可能であり、デバイス中のスピン検出による特性評価等にも展開できることを期待している。

2-3 新たな課題など

磁化ダイナミクスによる電気分極生成の探索においては、測定試料を含めた交流応答モデルの構築が、実証に向けて不可欠であることがわかった。入射マイクロ波起電力の変調周波数依存性は予想とは異なるものとなっており、一定以上の周波数領域では予想される周波数と比例関係の信号が得られなかった。このため、平成 26 年度に問題となった熱が完全排除されているとは言い難く、十分に検討する必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

なし。