

平成 27 年 3 月 31 日

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：交差相関電圧書き込み磁気記録プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 2 6 年 度

研究開発課題名：

高性能電気磁気効果薄膜材料の開発

研究開発機関名：

国立大学法人 大阪大学 大学院工学研究科

研究開発責任者

白土 優

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

Cr₂O₃ 薄膜の電気磁気効果を用いた電圧による磁化反転素子の開発に向けて、磁化反転に必要なエネルギー閾値の定量化手法の開発ならびに、磁化反転過程を可視化することによる磁化反転の低エネルギー化への指針を得ることを目的とする。平成 26 年度は、具体的な検討項目として、(A) 電圧による磁化反転条件の定量化指標、(B) 電圧による磁化反転の律速過程の解明に関する検討を行った。

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

(A) 電圧による磁化反転条件の定量化指標の開発

電気磁気効果による反強磁性スピン反転を基本原理とした、静磁場・直流電圧印加による交換磁気異方性の極性反転エネルギーの定量化指標の開発を目指した。平成 26 年度は、第一段階として、全薄膜素子に対する(1) 交換磁気異方性の等温反転の実証、(2) 交換磁気異方性の極性反転エネルギーの温度依存性に関する研究を行った。結果の詳細は 2-2 に記すが、電圧による磁化反転条件の定量化に向けた段階として、交換磁気異方性の極性反転を支配しているエネルギー閾値が、電圧誘起磁化の反転磁場によって決定されている可能性を見出した。最終目標に向けた次の段階として、電圧誘起磁化の反転磁場の温度依存性、電圧誘起磁化を定量評価できる指標である交差相関係数の定量測定が必要である。

(B) 電圧による磁化反転の律速過程の解明

電圧による反強磁性スピン反転および交換磁気異方性の極性反転の律速過程の解明に向けて、静磁場・パルス電圧による交換磁気異方性の反転挙動について検討した。交換磁気異方性の極性反転に必要な電圧パルス幅を基に、交換磁気異方性の反転過程が電圧誘起磁化の磁壁移動によって律速されている可能性を見出した。この可能性を、より定量的かつ直接的に評価することが次の段階にある。電圧誘起磁化による磁区の直接的な可視化に向けて、SPring-8 と連携することで(パートナーユーザー課題 課題番号 2014B0079)、界面非補償界面スピンを直接イメージングできる軟 X 線ナノビームによるドメイン観察手法の開発を進めている。軟 X 線ナノビームを用いた磁区観察については、2015 年中の成果導出を目指して、準備を進めている。

2-2 成果

(A) 電圧による磁化反転条件の定量化指標の開発

研究代表者のシーズ技術である、全薄膜素子(図 1(a))に対する交換磁気異方性の電界反転(K. Toyoki, Y. Shiratsuchi et al., Appl. Phys. Express, 7, 114201 (2014)., J. Appl. Phys. 117, 17D902 (2015).)に基づいて、交換磁気異方性の等温反転を達成した。また、交換磁気異方性の極性反転に必要なエネルギー積の定量評価に向けて、これまで検討されていなかった交換磁気異方性反転に必要なエネルギー積(EH 積)の温度依存性と交換バイアス磁場との関係を明確にした。(図 1(b))これらの結果を基に、交

交換磁気異方性の極性反転は、電圧誘起磁化の磁化反転磁場によって支配されている可能性を提唱することに至っている。

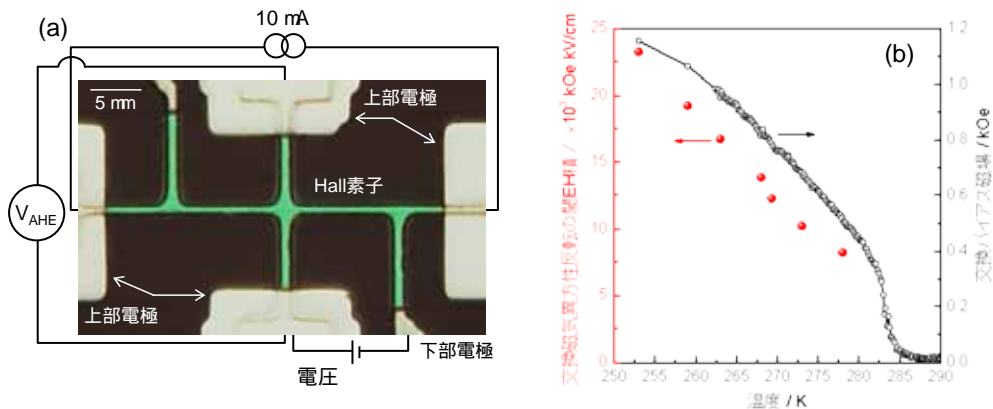


図1 (a)電気磁気効果測定に使用した全薄膜素子の測定セットアップと(b)交換磁気異方性反転の関EH積と交換バイアス磁場の温度依存性。(K. Toyoki, Y. Shiratsuchi et al., Appl. Phys. Lett. accepted.)

(B) 電圧による磁化反転の律速過程の解明

電圧印加による交換磁気異方性反転過程の解明に向けて、反強磁性スピンドYNAMICS研究の第一段階として、パルス電圧による交換磁気異方性の反転挙動について検討した。図2に示すように、パルス電圧幅の増加と共に交換バイアス磁場は連続的に変化し、1マイクロ秒以上のパルス幅のパルス電圧を印加した際に、交換バイアス磁場がほぼ一定値となる。これは、交換磁気異方性の反転、すなわち、電圧誘起磁化の磁化反転には、マイクロ秒オーダーが必要であることを示しており、この結果から、交換磁気異方性の極性反転が、反強磁性ドメインの磁壁移動によって律速されていることを示唆した。本成果と上記(A)の結果を合わせて、Applied Physics Lettersに論文採録が決定している。(平成27年4月13日付採録決定。)

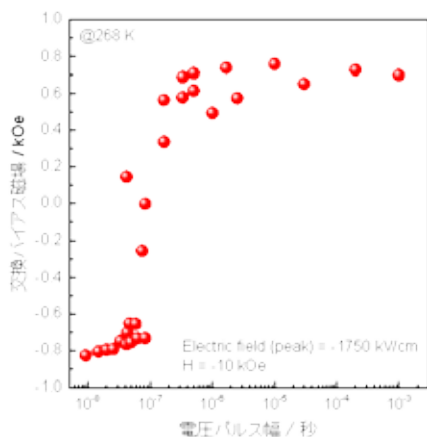


図2 パルス電圧印加による交換バイアス磁場反転。(K. Toyoki, Y. Shiratsuchi et al., Appl. Phys. Lett. accepted.)

2-3 新たな課題など

交換磁気異方性の極性反転に必要なエネルギー積の定量評価には、電圧誘起磁化を定量的に評価することが必要である。Cr₂O₃層に印可した電圧と電圧誘起磁化の間には、交差相関係数を比例定数とする比例関係が成り立つため、上述した成果をより定量的に評価することを目指して、交差相関係数の定量

評価に取り組んでいる。交差相関係数の定量評価には、磁場印加による電荷量計測が直接的な評価方法であるが、本測定には、浮遊電荷の抑制、渦電流の抑制等、電気計測の高度化が必須であることが新たな課題として明らかとなっている。本課題に対して、プロジェクトメンバーとの連携を図りつつ、平成27年度内の達成を目指す。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし