

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 26 年度

研究開発課題名：

交差相関係数増大法の開発

研究開発機関名：

独立行政法人産業技術総合研究所

研究開発責任者

今村 裕志

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

本プロジェクトの目標である「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」を達成すべく、「交差相関電圧書き込み磁気記録プロジェクト」に参加し、交差相関電圧書き込みを用いた超低消費電力磁気記録の研究開発を行う。交差相関電圧書き込み磁気記録を実現するためには、大きな交差相関を示す薄膜材料の開発が必須である。そこで我々のグループでは「交差相関係数増大法の開発」という研究課題を設定し、2つの研究項目「交差相関メカニズムの理論研究」と「交差相関スピンドYNAMIKSの理論研究」について研究を行う。

1番目の研究項目は、第一原理計算とモンテカルロシミュレーションを組み合わせた数値シミュレーション研究であり、格子ひずみや原子置換による交差相関係数増大の可能性を探るものである。現在我々が使用しているシミュレーションプログラムでは、ネール温度の評価は可能であるが、交差相関係数の評価を行うことができない。H26年度はシミュレーションプログラムの開発を行い、ネール温度と交差相関係数の両方の評価が可能な技術を確認する。

2番目の研究項目は、ハイゼンベルグモデルや連続体モデルに基づいたスピンドYNAMIKS数値シミュレーション研究であり、磁区や磁壁などのミクロな磁気構造が交差相関電圧書き込みにおよぼす影響を探るものである。現在我々が使用している技術では、ハイゼンベルグモデルに基づいたシミュレーションは可能であるが、より効率的に研究を進めるためには連続体モデルにもとづいたシミュレーションプログラムの開発が必要である。H26年度は、反強磁性薄膜および反強磁性/強磁性積層薄膜のスピンドYNAMIKSを連続体モデルに基づいてシミュレートする技術を確認する。このシミュレーション技術の開発は、研究代表者の今村と共同研究者の山路、松本が担当する。

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

上記1番目の研究項目、2番目の研究項目ともに計画通りおおむね順調に進んでおり、シミュレーションプログラムの開発、およびシミュレーションによるネール温度、交差相関係数、磁気構造の評価技術の確立に成功した。

2-2 成果

本年度は開発したモンテカルロシミュレーションプログラムを使用して、交換相互作用定数の変化によって誘起されるCr₂O₃の磁化について計算を行った。図1(左)にCr₂O₃の原子配置を示す。大きな灰色の球がCrイオンを表し、小さな赤い球が酸素イオンを表している。Cr₂O₃に電界を印加するとCrイオンと酸素イオンとの相対的な位置がずれ、それによってCrイオン間の酸素を介した超交換相互作用の大きさが変化する。電気磁気効果で重要となるの副格子内の超交換相互作用の変化である。この超交換相互作用の大きさはJ₄とよばれる交換相互作用定数であらわれ、その大きさはおよそ温度換算で1.5Kである。これは第一近接Crイオン間の交換相互作用定数の大きさ(654K)に比べるとかなり小さな値である。このJ₄の大きさがどの程度ずれることでCr₂O₃の電気磁気効果が引き起こされているのかを見積もった。

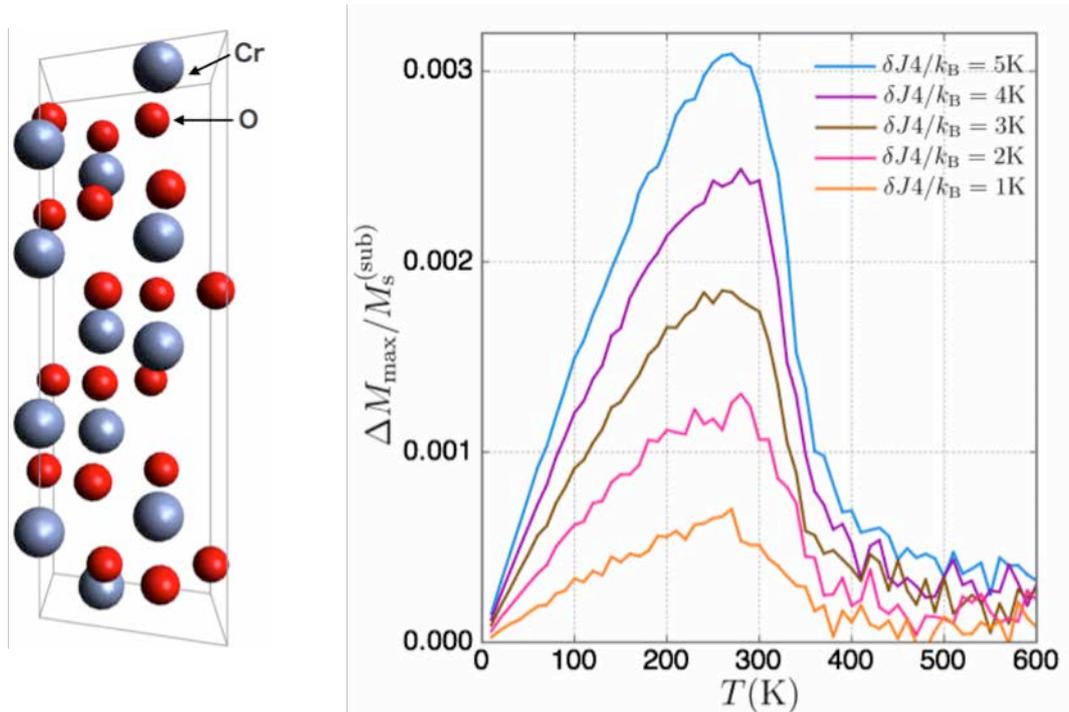


図 1 : (左) Cr₂O₃ の原子配置を示す。大きな灰色の球が Cr イオンを表し、小さな赤い球が酸素イオンを表している。(右) 副格子内の超交換相互作用のずれによって誘起されたスピン反転の割合。

図 1 (右) にモンテカルロシミュレーションによって計算した J_4 のずれによるスピン反転割合を温度の関数としてプロットした。 J_4 のずれの大きさはしたがって温度換算で 1, 2, 3, 4, 5K である。 J_4 のずれが大きくなるにつれてスピン反転の割合も大きくなる事が分かる。

東北大学・佐橋研究室の実験結果から通常知られている Cr₂O₃ の電気磁気係数の値を使って電界によって誘起されたスピン反転の割合を見積もると 0.001 程度となる。この値をモンテカルロシミュレーションの結果と比較すると、おおそ 2K 程度の J_4 のずれに対応することが分かる。このずれの値は元々の J_4 の値と同程度で有り、 J_4 のずれによって電気磁気効果が引き起こされているという平均場的な描像の正しさを示唆する結果である。

2-3 新たな課題など

なし。

3 . アウトリーチ活動報告

なし。