

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 2 7 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：

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

研究開発責任者

今村 裕志

# 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

H27年度は前年度に開発したシミュレーション技術を用いて、交差相関係数に対する格子ひずみの影響を明らかにする。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ は格子ひずみによるネール温度の上昇が我々によって理論的に予測されている系であり、この系での交差相関係数に対する格子ひずみの効果を精査し、格子ひずみによる交差相関係数増大が実現可能かどうか明らかにする。また、格子ひずみによって交差相関電圧書き込み速度および磁壁幅がどの程度変化するのかについても定量的な評価を行い、格子ひずみを持つ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ を用いた交差相関電圧書き込み磁気記録の実現可能性について総合的に判断することを目標とする。

## 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

研究は当初の計画通り順調に進んでおり、格子ひずみが交差相関係数および磁壁幅に与える影響を理論的に明らかにすることができた。さらに佐橋グループ・壬生グループの実験で観測されたIrドーピングによる $\text{Fe}_2\text{O}_3$ のモーリン温度上昇についても研究を行い、モーリン温度上昇がIrドーピングによる電子状態の変化で説明できることを明らかにした。

### 2-2 成果

図1(a)-(c)にa軸を伸ばす方向に格子ひずみを加えた場合の交換結合定数、磁気異方性定数、磁壁幅の計算結果を示す。H26年度の研究成果から、交差相関係数の大きさを決める交換結合定数は $J_4$ であることが分かっている。図1(a)を見るとa軸方向に結晶が伸ばされるにつれ $J_4$ の大きさ（絶対値）が増加することが分かる。したがって、a軸を伸ばす方向に結晶をひずませると交差相関係数が増大すると予想される。さらに図1(b)に示すようにa軸を伸ばす格子ひずみを加えることで結晶磁気異方性定数を増加させることが可能であることが分かった。一般に磁壁幅は磁気異方性定数の平方根に反比例するので、a軸を伸ばす方向に結晶をひずませると磁壁幅が減少すると予想される。実際にはひずみによる交換結合定数の変化も磁壁幅の増減に寄与する。これらの効果すべてを考慮して計算を行った結果、図1(c)に示すようにa軸を伸ばすひずみを加えることで磁壁幅が減少することが分かった。これらの結果からa軸を伸ばす方向のひずみが交差相関電圧書き込み磁気記録には有効であることが分かる。

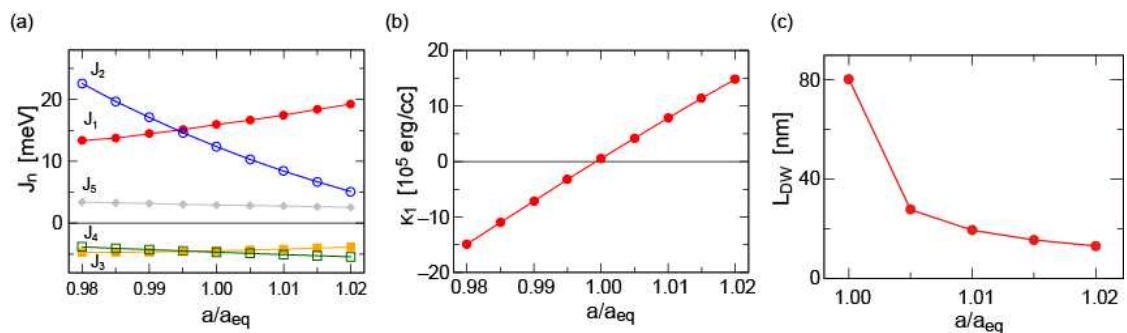


図1： ひずみによる(a)交換結合定数、(b)磁気異方性定数、(c)磁壁幅の変化

また、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  と  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  との接合による交差相関電圧書き込み磁気記録の動作温度向上を目指し、佐橋グループ・壬生グループの実験で観測された Ir ドープによる  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のモーリン温度上昇(図 2(a))について第一原理計算を用いた解析を行った。不純物ドープによるモーリン温度の変化を Ir 以外の元素 (Al, Ru, Sn, V) についても系統的に調べた結果、図 2(b)に示すように Ir をドープした場合のみ磁気異方性エネルギーが大きく増大することが分かった。これらの結果を詳細に解析することで、実験で観測された Ir ドープによるモーリン温度上昇が Ir ドープによる電子状態の変化に起因することを確認することができた。

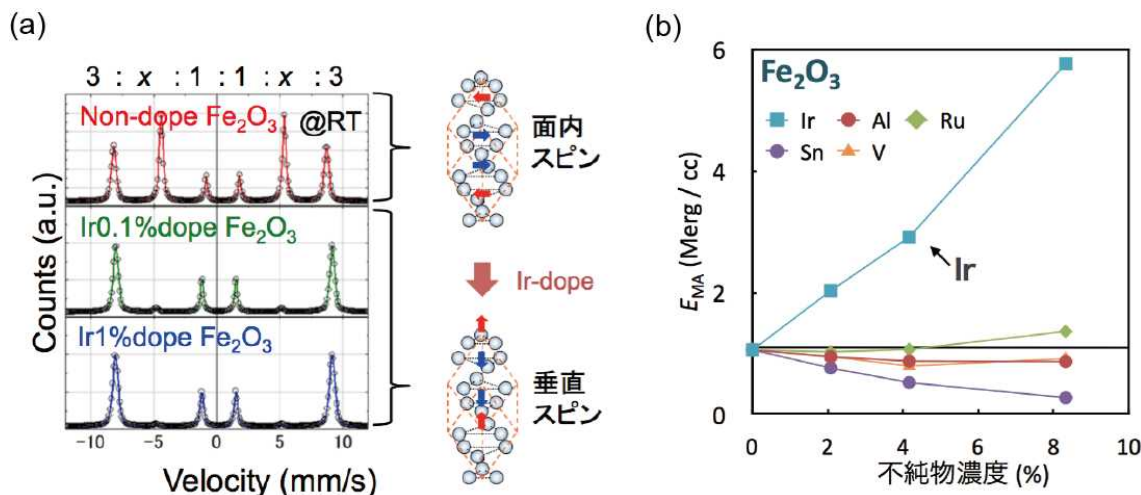


図 1: Ir ドープによるモーリン温度上昇の (a) 実験結果 (b) 計算結果

### 2-3 新たな課題など

ImPACT 全体の研究計画の見直しにより、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  を用いた交差相関電圧書き込み磁気記録の研究は H27 年度で終了し、H28 年度からは電圧駆動 MRAM における界面効果とスピンドYNAMIX について研究を行うこととした。

### 3. アウトリーチ活動報

該当なし。