

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：

高性能電気磁気効果薄膜材料の開発

研究開発機関名：

国立大学法人名古屋工業大学

研究開発責任者

壬 生 攻

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

東北大学で作製された反強磁性薄膜の磁気物性の評価を、国内有数のメスバウアー分光拠点である名古屋工業大学にて、メスバウアー分光測定により推進していく。平成 27 年度は、平成 26 年度に引き続き、 α - Fe_2O_3 薄膜や他元素ドーパ α - Fe_2O_3 薄膜に対し、磁気転移温度や磁気異方性や局所磁化などの磁気物性の膜厚依存性およびドーパ元素依存性・ドーパ量依存性を探っていく。得られた磁気転移温度や磁気異方性の情報を試料作製にフィードバックし、薄膜材料特性の改善に貢献する。一方、東北大学とは異なる薄膜作製手法であるパルスレーザー堆積法を用いて α - Fe_2O_3 などの反強磁性薄膜を作製し、新たな磁気特性制御法の開発を試みる。ここでも、磁気物性評価にメスバウアー分光法を有効利用する。

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

東北大学で作製された α - Fe_2O_3 反強磁性薄膜および Ir ドープ α - Fe_2O_3 反強磁性薄膜の磁気物性（磁気転移温度や磁気異方性や局所磁化など）を、 ^{57}Fe メスバウアー分光測定により探った。得られた情報を東北大学での試料作製にフィードバックすることにより、薄膜材料特性の改善に貢献した。

一方、名古屋工業大学にて、東北大学とは異なる薄膜作製手法であるパルスレーザー堆積法を用いて α - Fe_2O_3 薄膜および他元素ドーパ α - Fe_2O_3 薄膜を作製し、メスバウアー分光法を利用して磁気特性を探った。

2-2 成果

交差相関電圧書込みの実現に向けて鍵となる反強磁性物質 Cr_2O_3 は、室温付近で反強磁性から常磁性に相転移するため、実用に向けて、より高温まで反強磁性秩序を安定化させる必要がある。そのため的手段として、高い反強磁性転移温度をもつ α - Fe_2O_3 の薄膜との積層化が有望である。通常の α - Fe_2O_3 では室温付近で反強磁性磁気モーメントが六方晶の c 面方向にあるため、反強磁性磁気モーメントが六方晶の c 軸方向にある Cr_2O_3 の特性を活かすためには、 α - Fe_2O_3 の反強磁性磁気モーメントを c 軸方向に制御する必要がある。そこで、東北大学を中心に、他元素置換による α - Fe_2O_3 薄膜の磁気異方性制御が検討されている。しかるに、実用レベルの薄い反強磁性体薄膜の磁気モーメントの方向を直接実験的に調べるのは容易ではない。そこで名古屋工業大学では、平成 26 年度に引き続き、原子核による γ 線吸収スペクトルより原子核を取り巻く電子の磁気モーメントの大きさと方向を調べることができるメスバウアー分光法を用いて、東北大学で作製された α - Fe_2O_3 反強磁性薄膜および Ir ドープ α - Fe_2O_3 反強磁性薄膜の磁気物性を探った。

平成 26 年度に、Ir を 1 at% ドープした比較的厚い 250 nm 厚の α - Fe_2O_3 (0001) 薄膜に対して室温付近で磁気モーメントが垂直に向いていることを明確に示すデータが得られ、さらに、実用レベルの 20 nm 厚の試料に対しても同様のデータが得られたが、平成 27 年度には、さらに定量的な評価を進

め、Ir をわずが 0.1 at% だけドーピングした場合にも室温で垂直磁気異方性が発現することが再現性よく示された。さらに Ir ドーピング後も Fe は 3 価のまま維持されていることが明確になり、Ir の価数状態を考慮に入れると α -Fe₂O₃ に酸素欠陥が存在することが明らかになった。この情報は、交差相関電圧書込み磁気記録プロジェクトで理論研究を受け持つ産業技術総合研究所のグループにフィードバックされ、謎の多い Ir ドーピングによる α -Fe₂O₃ 磁気異方性変化の機構モデルの構築に取り入れられた。これら一連の研究成果は、東北大学との共同で、3 件の国際会議発表および 1 件の国内会議発表を通じて公表されている。一方、放射光メスbauer分光法を用いて、Ir ドーピング反強磁性 α -Fe₂O₃ 超薄膜において垂直磁気異方性が維持される上限温度の同定に成功した。この研究成果は、1 件の国内会議発表および 1 報の査読付き国際学術誌論文を通じて公表されている。

以上の試料評価と並行し、名古屋工業大学にてパルスレーザー堆積法を用いて他元素ドーピング α -Fe₂O₃ 薄膜を作製し、メスbauer分光法を利用して磁気特性を探った。その結果、ドーピング元素として Ir あるいは Ru を用いた場合には室温での垂直磁気異方性の安定化がみられるのに対し、Sn、Cr、W を用いた場合には垂直磁気異方性の安定化がみられないことが明らかになった。これらの研究成果は、2 件の国内会議発表を通じて公表されている。

2-3 新たな課題など

室温付近での α -Fe₂O₃ 系薄膜の挙動に関しては、これまでの測定で傾向がほぼ掴めつつある。一方、実用上重要になる 100°C あたりまでの挙動の探査には、さらに放射光メスbauer分光測定を重ねて行く必要がある。また、電圧印加による α -Fe₂O₃ 薄膜の磁気異方性の変化の可能性についても、今後放射光メスbauer分光法を有効に用いて調べて行く必要がある。

一方、プログラムマネージャーの要請により、交差相関電圧書込みの主役となる Cr₂O₃ の反強磁性秩序の直接評価手法の開発が必要となっている。Cr にはメスbauer分光測定が適用できないので、Fe と並んでメスbauer分光法の適用が比較的容易な Sn をドーピングし、間接的に Cr₂O₃ 薄膜の磁性をみる方法を試みつつある。産業技術総合研究所の理論評価によれば、Sn は α -Fe₂O₃ や Cr₂O₃ の磁気異方性にほとんど影響をおよぼさないという結果が得られているので、冷静な磁性探査プローブとして働くことが期待される。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし