

産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 28 年度中間評価結果

1. 研究課題名：電子論に基づいたフェライト磁石の高磁気異方性化指針の確立

2. 研究代表者：柳原 英人（筑波大学 数理物質系 准教授）

3. 研究概要

本研究課題は、スピネル型フェライトに対し対称性に基づいた構造最適化（格子歪の導入）により結晶場制御を行い、さらに最適なイオン種導入によりスピン軌道相互作用の最大化をはかることで、巨大な一軸性磁気異方性を発現させるとともに、酸化物などの化合物磁石において一般性を有する高保磁力化の指針を確立することを目的としている。

これを実現するために、本課題では基板との格子不整合などの格子歪制御が容易に可能な薄膜構造を用いてスピネル型フェライトを作製し、高磁気異方性を実現している。さらに、微粒子において正方歪を導入するべく Mn、Cu などの添加を行ない、ヤーン・テラー (JT) 効果によって正方歪みを導入し、高磁気異方性を実現している。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

薄膜材料においては、新たにスピネル構造をもつ緩衝層を開発して CoFe_2O_4 薄膜を作成した結果、 $I_s=530$ mT の磁化、 $K_u = 2.4$ MJ/m³ の磁気異方性を確認している。この異方性は、六方晶 Sr フェライトの異方性の数倍の値である。また、共沈法とフラックス法を用いて CuFe_2O_4 および $(\text{Cu, Co, Fe})_3\text{O}_4$ 微粒子を作製し、大気中で熱処理後に除冷することで最大 5 % 程度の歪を有する正方晶になることを確認すると共に、0.2 MJ/m³ 程度の K_u を得ている。この結果は、薄膜で得られた高い異方性を粉末でも実現できる可能性を示した結果として評価される。

さらに、Ru 添加スピネルフェライト微粒子の還元温度が低下することに着想を得て、それぞれ共沈法で作製した FeCo 水和物と CoNi フェライトの混合物をフラックス処理し還元することで、FeCo 合金中に CoNi フェライト粒子が分散したナノコンポジット型の物質を作製している。この成果は、当初の計画にはなかった成果であるが、コンポジット微粒子の新しい作製方法であり、今後様々な材料作製に展開可能である。産業競争力の強化に繋がる可能性のある成果と評価できる。

4-2. 今後の研究に向けて

現在までの研究において、課題提案時の考え方が実証された。しかしながら、バルク磁石に繋がる粉末で実現されている異方性は、薄膜に比べて一桁小さい。また、Cu を加えたことにより磁化も減少している。今後、更なる異方性増加と磁化増加を目指して、解析の専門

家も加えて研究を加速して頂きたい。また、本技術テーマの趣旨を考慮の上、研究計画が練られることを期待したい。

ナノコンポジット磁石に関する成果は副次的成果ではあるが、産業競争力の強化に繋がる可能性も秘めている。知的財産の確保も含めて研究の進展を期待したい。

4-3. 総合評価

総合評価 A、研究継続 可

スピネル型フェライトである CoFe_2O_4 薄膜に対して格子歪を導入することにより、 $I_s = 530 \text{ mT}$ の磁化、 $K_u = 2.4 \text{ MJ/m}^3$ の磁気異方性を得ている。この値は、六方晶Srフェライトの異方性の数倍の値である。また、 CuFe_2O_4 および $(\text{Cu, Co, Fe})_3\text{O}_4$ 微粒子にヤーン・テラー効果によって正方歪みを導入し、 $K_u = 0.2 \text{ MJ/m}^3$ の磁気異方性を実現し、薄膜で得られた高異方性を粉末でも実現できる可能性を示している。さらに、副次的な成果として新しいナノコンポジット磁石の作製法を発明している。これらの成果から、格子歪みを利用して高磁気異方性を有するフェライト材料を得る材料設計指針や新しいフェライト系ナノコンポジット磁石の設計指針が得られる可能性大である。したがって、研究継続可とする。

以上