

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ボトムアップ型溶液プロセスで作製した フェライト 2 次元ナノ構造体の微細構造と磁気特性
Title(English)	Microstructures and Magnetic Properties of Bottom-Up Solution-Processed Two-Dimensional Ferrite Nanostructures
著者(和文)	亀井雄樹
Author(English)	Yuuki Kamei
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10827号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松下 伸広,川路 均,富田 育義,矢野 哲司,林 智広
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10827号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	亀井 雄樹
論文審査 審査員		氏 名	職 名	
	主査	松下 伸広	准教授	審査員
	審査員	川路 均	教授	
		富田 育義	教授	
		林 智広	准教授	
		氏 名	職 名	
		矢野 哲司	教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Microstructures and Magnetic Properties of Bottom-Up Solution-Processed Two-Dimensional Ferrite Nanostructures”(ボトムアップ型溶液プロセスで作製したフェライト 2 次元ナノ構造体の微細構造と磁気特性)というタイトルで英文にて記述され、Chapter 1～6 の 6 章から構成されている。

Chapter 1 “Background and objective of this study”では、スピネルフェライトの結晶構造、磁気特性ならびにその応用について概説した後に、その殆どがナノ粒子(0 次元)、針状粒子(1 次元)ならびにバルク体(3 次元)によるものであり、シート状の 2 次元構造フェライトは例が少ないことを述べている。磁気異方性の観点から興味深い 2 次元フェライトを作製可能にする溶液プロセスの開拓と作製したフェライト微細構造と磁気特性の評価・測定が本論文の目的となることを述べた上で、その章構成を示している。

Chapter 2 “Magnetic iron oxide ($\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$) nanoplates synthesized by hydrothermal treatment of iron-oleate precursor”では、鉄-オレート錯体を水熱処理することで、厚さが 7.0～9.5 nm、直径が 50～500 nm 程度の(111)配向した $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートの作製に成功している。厚みに対する面方向サイズのアスペクト比が 50 を越える Fe_3O_4 ナノプレートあるいは $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ナノプレートの報告は前例がないこと、飽和磁化が 50 emu/g とバルクの約 6 割程度と十分大きいことを報告している。

Chapter 3 “Synthesis of Fe_3O_4 nanoplates by hydrothermal method utilizing liquid-liquid interface”では、水とシクロヘキサンからなる液-液界面に配向した前駆体の Fe-オレート錯体を水熱処理することで作製した $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートの微細構造や磁気特性の調査を行っている。TEM 像の詳細な観察より、反応初期段階に液-液界面の親水基側に存在する $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノ粒子を成長の核として、それらが二次元方向に配向吸着を繰り返すことでナノシートが形成されるモデルを提案している。このプロセスによって、面方向サイズが $\sim 2\ \mu\text{m}$ の大きな $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートが作製できたこと、層状の結晶構造を持たない物質も形状異方性の高いプレートに作製しうる可能性があることを述べている。

Chapter 4 “Nanometer-thick spinel cobalt-iron oxide nanosheets at water-air interface”では、嫌気性条件下で Fe^{2+} 、 Co^{2+} ならびにヘキサメチレンテトラミン(HMT)を含む常温の水溶液の気-液界面に配向したオレイル硫酸イオンの単分子層をソフトテンプレートとして用いた合成手法により $\text{CoFe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノシートを作製している。80°C の加熱で HMT が分解して水溶液の pH が上昇して硫酸イオンが負電荷を帯びると、静電相互作用で Fe^{2+} と Co^{2+} が吸着して水酸化物が生成し、さらに溶液の pH に応じて Co-Fe 酸化物ナノシートを形成するメカニズムを提案している。同プロセスでは厚みが 0.8～2.0 nm と薄く、平面サイズが $10\ \mu\text{m}$ を越えるナノシートが形成可能であること、 Fe^{2+} と Co^{2+} の両イオン濃度を 12.5 mM に高めれば Fe を多く含む Co-Fe 酸化物ナノシートが作製可能であると述べている。

Chapter 5 “Study toward magnetic domain configuration and reversal mechanism in isolated two-dimensional single crystalline $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ nanoplates”では、Chapter 2 で作製した $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートの磁区構造と磁化反転機構を磁気力顕微鏡(MFM)により調べている。 $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートの初期磁化状態は放射状ボルテックスであるものの、単磁区の残留磁化状態となること、孤立したナノプレートはコヒーレントな磁化反転を示すこと、 $\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ナノプレートが通常のナノ粒子と比べて非常に大きな形状磁気異方性をもつことに加えて、それらの結果が LLG 方程式に基づいたシミュレーション結果と良い一致を示すことを明らかにしている。

Chapter 6 “Conclusion”では、本研究で得られた結果と議論を総括している。

以上を要するに本論文は、磁性酸化物鉄の二次元構造を作製可能とする溶液プロセスを開拓し、その微細構造と磁気特性を調べるとともに、特異な構造に起因した磁区構造・磁化反転機構について実験とシミュレーションの両方で明らかにするなど、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。