

中空 Fe₃O₄ サブミクロン粒子における スピボルテックス形成の粒子サイズ効果

野口和樹、千葉桃子、小林悟、村上武、亘理沢海、J.Manjanna¹、Jerzy A.Szpunar²
(岩手大理工、¹ラニ・チャンナマ大学、²サスカチュワン大学)

Effect of particle size on spin vortex formation for Fe₃O₄ sub-micron particles

K. Noguchi, M. Chiba, S. Kobayashi, T. Murakami, T. Watari, J. Manjanna¹, Jerzy A.Szpunar²
(Iwate Univ, ¹Rani Channamma Univ, ²Saskatchewan Univ)

はじめに

Fe₃O₄ の高い軟磁性と生体適合性、並びに中空構造が融合した中空 Fe₃O₄ 粒子は磁気 DDS などへの応用が期待されている。最近の中空 Fe₃O₄ サブミクロン粒子における 1 次反転曲線(FORC)測定から、磁化反転過程においてスピボルテックス(SV)が形成することが見出されたが、中空構造における SV 構造の詳細と粒子形態(粒子サイズ、表面状態など)との相関は明らかになっていない[1]。本研究では粒子サイズなどの形態を系統的に制御した中空 Fe₃O₄ サブミクロン粒子について FORC 測定し、SV の形成機構を調査したので報告する。

実験方法

FeCl₃・6H₂O、CH₃COONH₄、EG を用い、粒子サイズ 300~700nm の中空 Fe₃O₄ サブミクロン粒子を溶媒熱合成法で作成した[2]。X 線回折による結晶構造解析、FE-SEM 及び TEM による形態評価、SQUID 磁束計による FORC 測定(T=10~300K)を実施した。

実験結果

Fig.1 に例として粒子サイズ 318nm, 690nm 試料の T=10K 及び 300K における FORC 図を示す(縦軸は反転磁場 Hr、横軸は印加磁場 H)。両試料とも 10K では FORC 分布は 2 ピークを示し、温度上昇とともに 2 つのピークが原点側にシフトし、1 ピークとなるような振る舞いを見せた。Fig.1(a)中の①、②の FORC 分布ピークが現れる反転磁場 Hr をそれぞれ SV の発生磁場 Hn、消滅磁場 Ha と定義する。

Fig.2 に SV の Hn 及び Ha の温度依存性を示す。318nm 試料では 690nm 試料と比較し Hn, Ha とともに常に高い値を示した。温度の上昇とともに、318nm 試料では Hn, Ha とともに急激に増加し、30K 以降ではほぼ一定となる一方、690nm 試料では 300K まで緩やかに増加することが分かった。この結果は粒子サイズが小さい中空粒子ほど SV が発生しやすく消滅しやすいこと、Verwey 転移温度(~120K)以下で特に SV の安定性が変化していることを示している。

参考文献

- [1] M. Chiba, S. Kobayashi, T. Murakami, J. Manjanna, J. Szpunar, AIP Advances, Vol.9. (2019) 035235.
[2] Peng Hu, Lingjie Yu, Ahui Zuo, Chenyi Guo, Fangli Yuan, J. Phys. Chem. C, vol. 7 (2008) 900.

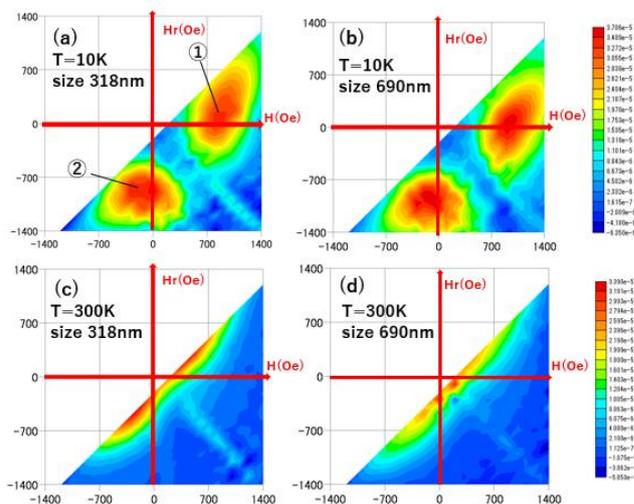


Fig.1 FORC diagrams at T=10K and 300K for 318nm [(a), (c)] and 690nm [(b),(d)] samples

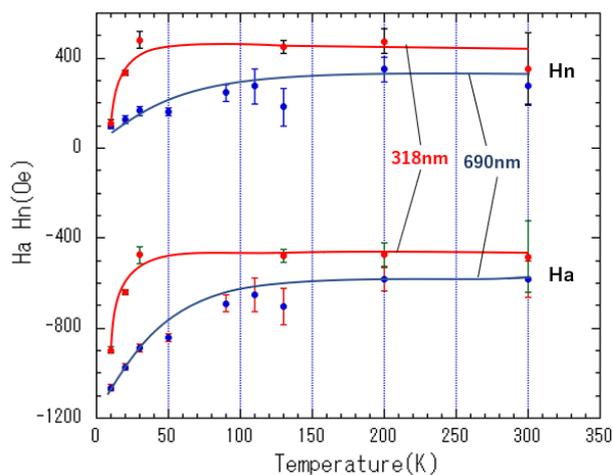


Fig.2 SV nucleation field (Hn) and annihilation field (Ha) as a function of temperature for 318nm and 690nm samples