

単層 Fe-MgF₂ グラニューラー膜の微細構造と磁気特性

本庄周作¹、横野示寛¹、有田正志¹、福地厚¹、海住英生²、西井準治²、高橋庸夫¹
(北大情報¹、北大電子研²)

Microstructure and magnetic characteristics of single-layered Fe-MgF₂ granular films
S. Honjo¹, T. Yokono¹, M. Arita¹, A. Tsurumaki-Fukuchi¹, H. Kaiju², J. Nishii², Y. Takahashi¹
(Hokkaido Univ. IST¹, Hokkaido Univ. RIES²)

はじめに 強磁性体を単電子島とするトンネル接合において、クーロンブロッケードによる TMR の増大や単電子スピン伝導が極低温において報告されている¹⁾。この動作温度を 10 K 程度に上昇させることができれば TMR のゲート変調など種々の測定を容易に行うことができ、興味深い。これを念頭において、本研究においては自己組織化 Fe ナノ粒子からなる Fe-MgF₂ 単層グラニューラー膜に注目した。これまでに、同時蒸着膜や多層膜において、磁気特性・TMR 特性へのナノ粒子系の微細組織の影響が調べられているが²⁾、単層グラニューラー膜の場合にはその影響が顕著になると考えられる。ここではデバイス微細化の前段階として、この点について詳細に調べ、ナノ粒子系単電子トランジスタの作製条件を検討した。

実験方法 SiO₂/Si 基板上に数十 μm ギャップを持つ Au/Cr 電極を作製し、EB 蒸着 (~1×10⁻⁷ Pa) により MgF₂(50 nm)/Fe(*t* = 2.4-5.7 nm)/MgF₂(1 nm) を蒸着した。これらに対し、磁気光学 Kerr 効果(MOKE)を用いた磁化曲線、および磁気抵抗(MR)効果の測定(15 kOe)を行った。膜微細組織の分析には FEI 製 STEM (Titan3 G2) を用いた。

実験結果 Fe ナノ粒子が明るいコントラストとなる HAADF-STEM 像を Fig.1 に示す。*t* = 1.8 nm の試料では直径が 2-3 nm 程度の Fe 粒子が良好に分散している[Fig.1(a)]。また *t* = 2.8 nm では分散状態を保ちながら 4-5 nm への粒成長が確認できる[Fig.1(b)]。*t* = 4.0 nm では、粒成長と共に Fe 粒子の結合した二次粒子が見られるが、膜全体としては電流パスが分断された状態にあることが分かる[Fig.1(c)]。更に膜厚が増加した *t* = 5.4 nm では、迷路状の電流パスからなる連続膜の形成が確認された[Fig.1(d)]。Fig.2 に、対応する MOKE 磁化曲線から得られた保磁力の Fe 膜厚依存性を示す。不連続膜である *t* < 5 nm では膜厚の増加に伴い保磁力が上昇した、これは膜厚の増加に伴って Fe 粒子が粗大化したためであると理解できる。一方、*t* > 5 nm の試料では膜厚増加に伴い、保磁力が減少した。これは連続膜の形成により多磁区構造となったことによると考えられる。Fig.3 に TMR 比の膜厚依存性を示す。Fe 粒子のパーコレーション閾膜厚(~5 nm)を境として MR 比が激変している。また、二次粒子形成の閾膜厚(~3.5 nm)よりも薄い膜では TMR 比が増加した。*t* ~ 3.5 nm 付近においては 5 nm 程度の分散 Fe 粒子が形成されていると考えられ、超常磁性の影響を軽減した薄層グラニューラー系の研究に使用可能であると期待できる。

謝辞 本研究は科研費(25420279, 26630141)、および三菱財団による援助を受けて遂行された。また、結果の一部はナノテクノロジープラットフォーム事業(微細構造解析&微細加工、北海道大学)の下で得られたものである。

参考文献

1) K. Ono *et al.* J. Phys. Soc. Jpn. 66, 1261(1997), 2) K. Ono *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. 41, 97 (2002).

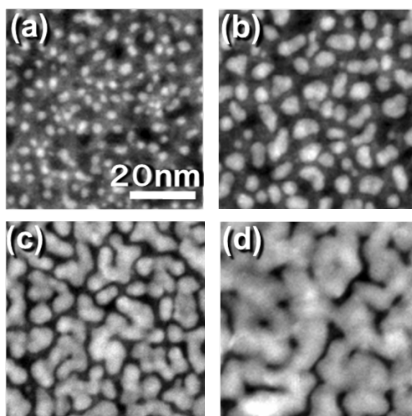


Fig.1 HAADF-STEM images of samples with *t* = (a) 1.8, (b) 2.8, (c) 4.0, and (d) 5.4 nm. The bright part corresponds to Fe.

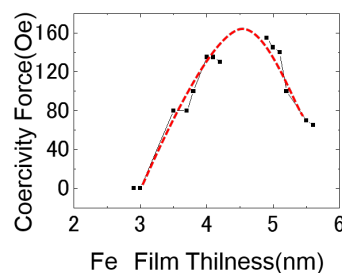


Fig.2 Fe film thickness dependence of Coercive force (at RT).

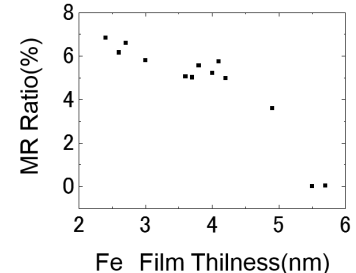


Fig.3 Fe film thickness dependence of MR ratio (at RT and 15 kOe).