MgO 単結晶膜中に成長した α -Fe および γ -Fe クラスターの構造と磁性

名古屋大学大学院工学研究科 田 中 信 夫 吉崎布貴男 勝田湖納美 美 濱 和 弘

Fig. 1 MgO 蒸着単結晶膜中に埋め込まれた α -Fe(a), γ -Fe(b) クラスターの高分解能電子顕微鏡像.

近年, クラスター集合体材料や複合積層材料に多くの注目が集まっている. その理由は単一組成材料では実現できない強度性能や機能物性を, 原子種の複合化(ミキシングによるバンド改良)と結晶粒径の nm-化(量子サイズ効果, 粒界効果)で生みだそうとするものである. 我々が80年代後半に開発した金属-セラミックス単結晶複合膜⁽¹⁾は, この種のナノ複合材料の構造と物性を研究する基礎的試料として用いることができる. 複合材料の代表としては, 70年代から研究されているサーメット膜がある. しかしこの試料は埋め込まれた金属クラスターの方向がランダムのため, nm-スケールでの構造と物性の関連の研究が十分進まなかった. 我々はこの複合膜に単結晶性とサイズ制御性を導入することによって新しい研究用試料を作製し, 原子レベルの構造を高分解能電子顕微鏡で研究すると同時に各種の物性(電気伝導, 磁性, 光吸収, 触媒特性)を測定し, その関連を詳しく調べた⁽¹⁾. **Fig. 1(a), (b)**に示した試料は, そのうち磁性研究に用いた Fe-MgO 単結晶複合膜である. **Fig. 1(a)**は bcc 構造の Fe クラスターが, **Fig. 1(b)**は fcc 構造のクラスター⁽²⁾が埋め込まれている. この試料の熱磁化(M-T)曲線と磁化(M-H)曲線(**Fig. 2**)の測定から, この磁性体クラスターの集合体は, (1) T_g (30~80 K) 以下では超常磁性がブロックされ, ゼロ磁場冷却と磁場中冷却で磁化曲線が別れる. (2)外部磁場が 5 T 以上でも M-H 曲線は飽和せず, かつこの磁化値は強い温度依存性をもつ. (3) 5 K 以下の温度での抗磁力は

Fig. 2 Fe-MgO 単結晶複合膜の磁化(M-H)曲線.

47.7~79.6 kA/m に達する. (4)鉄一原子あたりの磁気モーメントはバルクの値の数10%大きい, などの特徴ある磁性が観察されている⁽³⁾. 近年この種の磁気クラスターは巨大磁気抵抗効果(GMR)の研究試料として, また応用面ではスピバルブ素子として興味をもたれており, 上記の試料を用いた GMR の研究も現在進行中である. 本研究の一部は名大情報文化学部の松尾教授との共同研究でありここに感謝の意を表します.

文 献

- (1) N. Tanaka *et al.*: Ultramicrosc., **225**(1988), 241.
- (2) F. Yoshizaki *et al.*: J. Electron Microsc., **39**(1990), 255.
- (3) N. Tanaka *et al.*: Materials Science and Engineering, **A217/218**(1996), 311.

(1998年8月20日受理)

Atomic Structures and Magnetic Properties of α -Fe and γ -Fe Clusters Grown in MgO Single Crystal Films; Nobuo Tanaka, Fukio Yoshizaki, Konami Katuda, Kazuhiro Mihama (Graduate School of Engineering, Nagoya University, Nagoya)

Keywords: composite films, iron-clusters, super-paramagnetism, strong coercive-energy

TEM specimen preparation: vacuum-deposition TEM utilized: H-1250ST, JEM-4000EX