

# $L1_0$ FePt-M(M=Mn,Rh)薄膜の磁気相転移温度に対する格子歪効果

木村詩織, 山田紘己, 長谷川崇, 荒川明, 石尾俊二  
(秋田大工資)

Effect of lattice distortion on magnetic phase transition on  $L1_0$  FePt-M(M=Mn,Rh) thin film  
S. Kimura, H. Yamada, T. Hasegawa, A. Arakawa, S. Ishio  
(Akita Univ.)

## はじめに

$L1_0$ 型 FePt 規則合金薄膜は, [001]方向 ( $c$  軸方向) に  $7.0 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$  の大きな  $K_u$  を有する. FePt の各サイトに Rh などの第三元素を置換すると, 室温において強磁性 (FM) -反強磁性 (AF) 相変化することが知られている<sup>1)</sup>.  $L1_0$ 型  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  薄膜の  $0 \leq x \leq 0.30$  の組成における各  $T_c$  の値が報告されているが<sup>2)</sup>,  $x > 0.30$  以降の詳細なデータが取られておらず, 各組成に対する詳細な相転移温度を求める系統的な実験は極めて少ない. また, 第一原理計算により  $L1_0$ 型 FePt 規則合金の  $c/a$  の減少に伴い,  $T_c$  も減少するという計算結果が報告されている<sup>3)</sup>. しかしながら,  $c/a$  と相転移温度の相関を実験的に研究した報告はまだなされていない. そこで本研究では, 異なる基板を用いて歪を導入し,  $L1_0$ 型  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  および  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  薄膜における磁化温度変化と磁気相転移温度を調査し,  $c/a$  と相転移温度との相関を考察する.

## 実験方法

熱酸化 Si 基板と MgO 基板の二つの異なる基板を用いて, 各試料に歪を導入した. 成膜はマグネトロンスパッタリング装置を用い, 室温で熱酸化 Si 基板上に膜厚 6.12 nm の  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  および  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  と  $\text{SiO}_2$  (10 vol.%) を同時成膜した.  $\text{SiO}_2$  (10 vol.%) は  $c$  軸の配向制御のための添加剤であり, これにより引張歪が導入されることが分かっている<sup>4)</sup>. また, MgO 基板には  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  および  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  を成膜した. 次いで各基板の試料を急速加熱処理装置を用いて, 昇温速度  $300 \text{ }^\circ\text{C/s}$ , 熱処理温度  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ , 保持時間 10 分間の熱処理を行った. 組成比 ( $x$ ) は Pt と Rh または Fe と Mn の膜厚比を変えることで制御した. 結晶構造の評価には X 線回折装置, 磁気特性の評価には振動試料型磁力計及び超電導量子干渉素子を用いた.

## 実験結果

Fig. 1 は, 熱処理後の  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  薄膜の Rh 置換濃度  $x$  に対する相転移温度を示している.  $\text{SiO}_2$  基板上に成膜した薄膜は MgO 基板上に成膜した薄膜よりも相転移温度が上昇する傾向を示している. Fig. 2 は, Fig. 1 のデータを  $c/a$  で整理したものである. 同組成で見た場合,  $T_c$  は  $c/a$  の減少に依存して上昇している. この傾向は, 先行研究<sup>3)</sup>の計算結果とは逆の傾向となっている. キュリー温度  $T_c$  に関しては, ここには示していないが,  $a$  軸のみが縮小した場合には, それに伴い  $T_c$  は低下した. これは  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  とは逆の傾向となった. 一方  $c$  軸の変化に対しては,  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  及び  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  のいずれも相関を示さなかった. また, AF-FM 相転移温度  $T_0$  に関しては, ここには示していないが,  $c$  軸の減少に対し,  $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  においては  $T_0$  は低下し, 反対に  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{50}\text{Pt}_{50}$  においては  $T_0$  は上昇した. これらの違いは歪導入に伴う電子構造の変化に起因するものと考えられるが, 現状では歪の差が僅かであるため, 今後は基板を工夫し歪量をさらに増加させた実験を行う.

1) T. Hasegawa *et al.*, *Acta Materialia* **56**, 1566 (2008). 2) D. B. Xu *et al.*, *J. Appl. Phys.* **109**, 07B747 (2011). 3) X. B. Liu *et al.*, *J. Appl. Phys.* **109**, 07B762 (2011). 4) T. Narisawa *et al.*, *J. Appl. Phys.* **109**, 033918 (2011)

本研究は NEDO 若手グラント(11B0700d)の助成を受けて行われた.

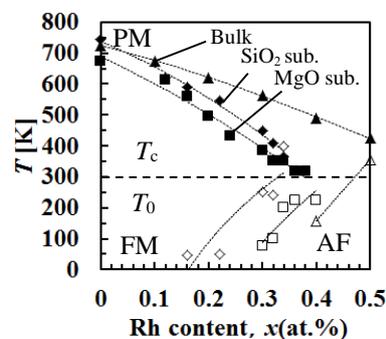


Fig.1 Rh composition ( $x$ ) dependence of phase transition temperatures of  $L1_0$   $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  films.

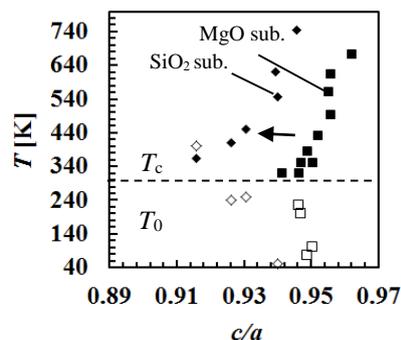


Fig.2  $c/a$  dependence of  $T_c$  of  $L1_0$   $\text{Fe}_{50}(\text{Pt}_{1-x}\text{Rh}_x)_{50}$  films.