

$L1_0$ 規則構造を持つFePt合金系エピタキシャル薄膜の成長機構

二本正昭・清水智貴・中村将大・大竹充

(中央大)

Growth Mechanism of $L1_0$ -ordered FePt Epitaxial Magnetic Thin Films

Masaaki Futamoto, Tomoki Shimizu, Masahiro Nakamura, and Mitsuru Ohtake

(Chuo University)

はじめに $L1_0$ 規則構造を持つ合金(FePt, FePd, CoPt)は 10^7 erg/cm³以上の大きな K_u を持つ磁性材料で、記録媒体やMRAMなどへの応用が検討されている。この材料はA1不規則構造から $L1_0$ 規則構造への変態を伴い、規則相とするためには高温での熱処理が必要となる。磁性デバイス応用では、(1) c 軸の垂直配向、(2)高い規則度、(3)平滑な表面、を実現することが求められる。 c 軸配向させるため、MgO(001)などの基板や下地層上に磁性膜をエピタキシャル成長させる技術が活用される。しかし、高基板温度で膜形成を行うと高規則度は得られるが結晶ファセット成長が起こって膜表面の起伏が増大し、さらには膜厚に依存して c 軸が膜面内を向いたバリエーション結晶が混在するという問題点も存在する。我々は、磁性膜形成する基板や下地材料との格子不整合、表面エネルギー (J)、膜形成および熱処理温度と変態現象に着目して、上記3項目を同時達成するための条件検討を行っている¹⁻³⁾。本研究では、RHEED, XRD, AFM, TEMを用いて薄膜の構造測定を行った結果を参照して、 $L1_0$ エピタキシャル薄膜の成長機構を検討した。

結果と考察 Fig.1 にMgO(001)($a = 0.4212$ nm, $J = 1.4$ J/m²)およびVN(001)($a = 0.4136$ nm, $J = 2.5$ J/m²)下地層上に形成した平均膜厚 2 nmの $L1_0$ -FePt膜($a = 0.3842$, $c = 0.3702$ nm, $J = 2.1$ J/m²)のAFM像を示す。FePt膜はいずれも c 軸が垂直配向しているが、MgO上では孤立粒子状、VN下地上では超平滑($R_a = 0.1$ nm)な連続膜が得られている。 $L1_0$ 結晶成長過程でファセット成長を抑制するには表面エネルギー大で $L1_0$ -FePt結晶格子定数より大きくてしかもエピタキシャル成長し得る下地層の活用が有効であることが確認された。Fig.2 はMgO(001)下地層上に形成した $L1_0$ -Fe(Pt,Pd)膜の高分解能TEM像例であり、下地界面付近にミスフィット転位やバリエーション境界などが観察されている。不規則A1構造から $L1_0$ 規則構造への変態では、下地との格子不整合で誘発された格子歪が $L1_0$ 結晶の核生成と成長に大きな影響を及ぼしていることが分かった。核生成密度は合金材料の融点が増大すると増大する傾向がある。 $L1_0$ 結晶の成長機構を考慮することにより、超平滑で規則化した極薄(< 10 nm)の c 軸垂直配向膜を得ることは十分可能であると思われる。

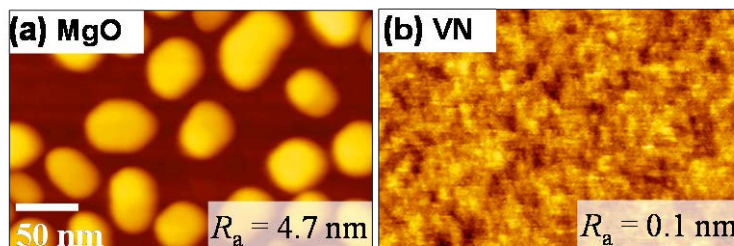


Fig. 1 AFM images of $L1_0$ -ordered FePt films of 2-nm average thickness formed on (a) MgO and (b) VN layers.

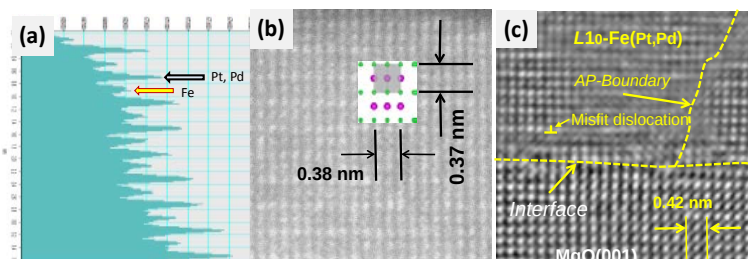


Fig. 2 TEM images of $L1_0$ -Fe(Pt,Pd) film grown on MgO(001). (a) Lattice line contrast, (b) TEM image corresponding to (a), and (c) atomic structure around the interface.

参考文献

- 1) M. Futamoto, M. Nakamura, M. Ohtake, N. Inaba, and T. Shimotsu, AIP Adv., **6**, 085302 (2016).
- 2) 中村, 落合, 大竹, 二本, 桐野, 稲葉, 信学技報 **116**, MR2016-14, pp. 13-18 (2016).
- 3) 清水, 中村, 落合, 大竹, 二本, 桐野, 稲葉, 信学技報 **116**, MR2016-40, pp. 63-67 (2016).