

反応性スパッタ法で作製した Mn_4N 薄膜の磁気特性 ~窒素量依存性~

鹿原 和樹, 角田 匡清
(東北大学)

Magnetic properties of Mn_4N films fabricated by reactive sputtering method ~dependence of N content~

Kazuki Kabara and Masakiyo Tsunoda
(Tohoku Univ.)

はじめに

垂直磁気異方性(PMA)を有する磁性薄膜の用途は数多く挙げられる。その中で低飽和磁化を有する材料は、低反転磁界分布を有する HDD 用垂直磁気記録媒体材料[1]、低磁化反転電流密度のスピ注入書込型ランダムアクセスメモリ素子材料として期待されている。フェリ磁性で低飽和磁化を有する Mn_4N 薄膜が PMA を示すことが知られ [2][3]、分子線エピタキシー法により作製した試料では $2.2 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ の PMA が近年報告されている[4]。 Mn_4N は fcc Mn の体心位置に窒素が侵入した構造を持つことから、窒素が Mn_4N 薄膜の磁気特性に果たす影響を明らかにすることを目的に、 Mn_4N 薄膜の作製時窒素流量比依存性について検討を行った。

実験方法

MgO 単結晶基板上に 100 nm の Mn-N を作製した。Mn-N 薄膜は、Mn ターゲットを用いて Ar+0-14% N_2 の混合ガスによる反応性マグネトロンスパッタ法で形成し、堆積直後に成膜装置内で赤外線加熱処理を施した。また、試料冷却後、酸化防止層として Ta 薄膜を 2 nm 堆積させた。作製した薄膜の結晶構造を X 線回折法(XRD)で、磁気特性を振動試料型磁力計および磁気トルク計を用いて測定した。

実験結果

Fig.1 に窒素流量比を変化させた Mn_4N 薄膜の in-plane XRD プロファイルを示す。全ての窒素流量比において Mn_4N の(200),(220)の回折線が観測された。また、MgO 基板と Mn_4N 薄膜の間に Mg O[200](002) \parallel Mn_4N [200](002)のエピタキシャル関係があることが確認できる。さらに Mn_4N の規則線である(100),(110)回折線が確認できることから良質な Mn_4N 薄膜ができています。しかしながら、窒素流量比 2%において α, β -Mn、14%において Mn_3N_2 の回折線が観測されたことから、 Mn_4N 単相を得るためには窒素流量比の制御が重要であることが分かった。

Fig.2 に磁気特性の窒素流量比依存性を示す。上部には構造解析から得られた薄膜中の結晶相に関する情報を付記している。窒素流量比 8%において飽和磁化(110 emu/cc)、垂直磁気異方性エネルギー($9 \times 10^5 \text{ erg/cc}$)共に最大値を示している。窒素流量比を 8% \rightarrow 5%へと小さくすると、 Mn_4N 単相に関わらず飽和磁化、垂直磁気異方性エネルギーどちらも急激に減少している。XRD による構造解析の結果からは、窒素流量比の低下に伴って体心位置の窒素が欠損していることが示唆された。すなわち窒素が欠損した単位胞近傍では、フェリ磁性配列した Mn の磁気モーメントが反強磁性配列に変化したために飽和磁化および PMA が減少したものと考えられる。

参考文献

- 1) H.Nemoto, *et al.*, J. Magn. Mag. Mater. **320** (2008) 3144-3150.
- 2) K. Ching *et al.*, Appl. Surf. Sci. **92** (1996) 471.
- 3) S. Nakagawa *et al.*, J. Magn. Mag. Mater. **140-144** (1995) 715-716.
- 4) Y. Yasutomi *et al.*, J. Appl. Phys. **115** (2014) 17A935

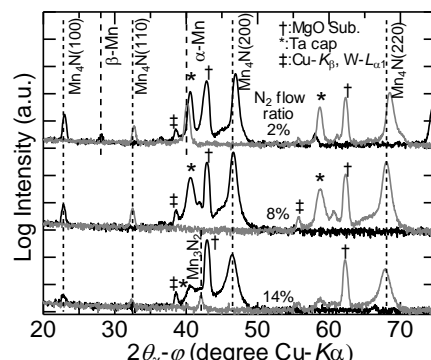


Fig.1. In-plane XRD profile of Mn_4N films. The scattering factor (Q) was set along MgO[200](black line) and MgO[220](gray line).

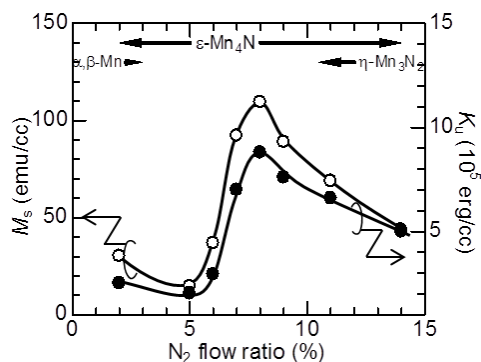


Fig.2. Magnetic property of Mn_4N films as a function of N_2 flow ratio.