

(Al,Ti)-N 障壁層を用いた強磁性トンネル接合膜の作製

酒井康貴, 小林宗平, 角田匡清
(東北大学)

Fabrication of magnetic tunnel junction with (Al,Ti)-N barrier layer

Yasutaka Sakai, Shuhei Kobayashi and Masakiyo Tsunoda

(Tohoku University)

はじめに 強磁性トンネル接合膜(MTJ)素子を高密度 HDD 用の読み取りヘッドに応用するためには, 低接合抵抗(RA), 高磁気抵抗(MR)比が要求される. 結晶質 MgO を障壁層材料として使用した MTJ の場合には, 成膜直後に真空中加熱を施すことによって MgO 膜厚 0.75 nm で $RA=1.6 \Omega\mu\text{m}^2$, MR 比=210% が得られることを我々のグループでは確認している¹⁾. しかし, MgO 膜厚 0.7 nm 以下では MR 比が急激に減少するため, 膜厚低減によるさらなる低 RA 化は難しく, MgO に代わる新たな障壁層材料の開発が求められている. Zn 添加により MgO のバンドギャップが低下することに着目し, (Mg,Zn)-O を障壁層とした MTJ の報告がされている²⁾が, MgO 障壁層 MTJ に比べて MR 比は低下している³⁾. この原因は Zn の添加により MgO の結晶性が低下し, その結果として Δ_1 電子のコヒーレントトンネルの効果が低減したためであると考えられる. そこで我々は, 第三元素添加によるトンネル障壁高さ低減効果を非晶質または微結晶障壁層によって確認することを考えた. 我々のグループでは非晶質 Al-N 障壁層 MTJ において MR 比=50%, $RA=10^4\sim 10^5 \Omega\mu\text{m}^2$ であることを報告している⁴⁾. また, Ti-N は岩塩型構造の良導体であり, (Al,Ti)-N の結晶構造は Ti 組成 30% 以下では Al-N の結晶構造であるウルツ鉱型構造を保つことが報告されている⁵⁾. そこで本研究では添加第三元素として Ti を選び(Al,Ti)-N 障壁層 MTJ を作製し, その TMR 特性を評価した.

実験方法 試料はマグネトロンスパッタ装置を使用し, 抵抗率測定用(Al,Ti)-N 薄膜, CoFeB/Al-N or (Al,Ti)-N/CoFeB-MTJ を作製した. 抵抗率測定用(Al,Ti)-N 薄膜の形成には Ar と N_2 の混合ガスを用いた反応性スパッタ法, MTJ の障壁層形成には反応性スパッタ法と Al or (Al,Ti)薄膜成膜後のプラズマ窒化法をそれぞれ用いた. MTJ の TMR 特性は CIPT, 結晶構造解析は XRD, 組成分析は XRF, 磁化過程は VSM をそれぞれ使用して評価を行った.

実験結果 Fig.1 に(Al_{1-x}Ti_x)-N 薄膜の抵抗率の Ti 濃度(x)依存性を示す. この結果から, (Al,Ti)-N の結晶構造がウルツ鉱型構造を保つ $x \leq 0.3$ の場合には, Al-N に比べて最大で 2 桁程度の減少が確認できる. また, $x=0.3$ 程度で抵抗率が大きく減少していることは, (Al,Ti)-N の結晶構造が $x=0.3$ を境にしてウルツ鉱型構造から岩塩型構造に変化したためである. Fig.2(a), (b)には MTJ の RA および MR 比の Ti 濃度依存性をそれぞれ示す. Fig.2(a)に示した Ti 濃度による RA の変化は Fig.1 と対応しており, より高 Ti 濃度では RA のさらなる減少が期待できる. 一方, Fig.2(b)からは Al-N に Ti がわずかに固溶することにより MR 比が激減することが分かる. これは窒化前の Al 薄膜に Ti が固溶することで金属結晶粒が微細化した結果, 粒界での窒化が促進され, 下部電極層まで窒化が進行したことが原因であると考えられる. また, 反応性スパッタ法によって作製した(Al,Ti)-N にプラズマ窒化法を施すことによって MR 比が向上した. これは窒化プロセスを変えることで MR 比が向上することを意味しており, MR 比を維持しつつ低 RA 化の実現が期待される.

参考文献 1) S. Isogami *et al.*, Appl. Phys. Lett, **93**, 192109 (2008). 2) Y. Uehara *et al.*, J. Magn. Soc. Jpn., **34**, 311 (2010). 3) Y. Kurosaki *et al.*, 35th MSJ Annual Meeting. (2011). 4) S. Yoshimura *et al.*, Appl. Phys. Lett, **97**, 10C920 (2005). 5) D. Holec *et al.*, Scripta Materialia, **62**, 349 (2010).

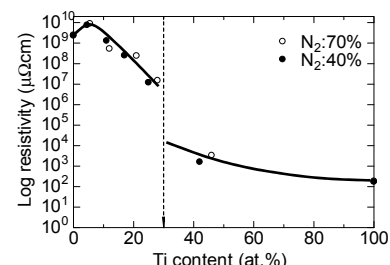


Fig.1 Resistivity of (Al,Ti)-N thin film.

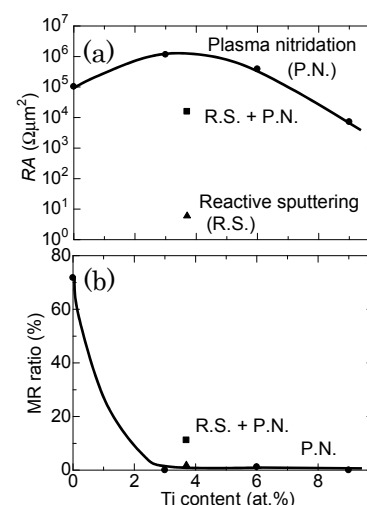


Fig. 2 (a) RA and (b) MR ratio (Al,Ti)-N barrier MTJs.