

(Fe,Co)₄N 薄膜を用いた強磁性トンネル接合の作製

鹿原 和樹, 角田 匡清
(東北大学)

Fabrication of magnetic tunnel junctions with (Fe,Co)₄N films

Kazuki Kabara and Masakiyo Tsunoda

(Tohoku Univ.)

はじめに

γ -Fe₄N/MgO/CoFeB の積層構造を有する強磁性トンネル接合(MTJ)において、Fe₄N の負のスピンの分極[1]を反映したインバーストンネル磁気抵抗効果が報告されている[2]。また、Takahashi らの理論計算[3]によれば、Fe₄N の面心位置の Fe を Co に置換した FeCo₃N はフェルミ面で多数スピンの状態密度(DOS)が無く、ハーフメタリックであると報告している。さらに、我々は異方性磁気抵抗効果の測定から(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 薄膜がハーフメタルである可能性を既に報告している[4]。そこで本研究では同薄膜を強磁性層に用いた MTJ の形成を試みた。

実験方法

Bare Si 基板上に Cu(5nm)/Fe-N(10)/Cu(50)/下部強磁性層/MgO(1.5)/Co_{0.75}Fe_{0.25}(4)/MnIr(5)/Ru(7)の MTJ を作製した。下部強磁性層は(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N および Fe₄N/(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N とし、Ar+30%N₂ の混合ガスを用いた反応性 DC マグネトロンスパッタ法で作製し、堆積直後に赤外線(IR)加熱処理を施した。作製した薄膜の結晶構造解析には X 線回折法(XRD)を、また TMR 特性評価には CIPT を用いた。

実験結果

MTJ の作製に先立ち(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 薄膜の加熱耐性について検討した。Fig.1 に MgO 基板上、Cu 下地層上、Fe₄N 強磁性層上それぞれに作製し、300°C で IR 加熱処理を施した 10nm 厚の(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 薄膜の in-plane XRD プロファイルを示す。MgO 基板上の試料では、bcc CoFe の回折線が確認できることから(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 相が熱分解してしまっていることがわかる。別途行った実験から MgO 基板上の(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 薄膜の IR 加熱耐性温度は 120°C であることが判った。一方で Cu 下地層上および Fe₄N 強磁性層上の試料では、Cu と(Fe,Co)₄N の回折線のみが確認できることから、(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 相が保たれていることが確認される。このことは、下地との格子ミスフィットを小さくすることにより(Fe,Co)₄N 薄膜の加熱耐性温度が向上することを意味している。

Fig.2 は(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N および Fe₄N/(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 下部強磁性層を用いた MTJ の後加熱処理温度に対する TMR 比をプロットしたものである。両 MTJ で Fe₄N 基 MTJ と同様にインバース TMR 効果が得られた。(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 基 MTJ と比較して、Fe₄N/(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 基 MTJ では高い TMR 比が得られている。また、(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 基 MTJ では 320°C 以上で TMR 比が急激に低下しているが、Fe₄N/(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 基 MTJ では 370°C でも -30% 以上の TMR 比を維持できている。このことは格子ミスフィットが Cu 下地層よりさらに小さい Fe₄N 下地層を用いることで(Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N 層の加熱耐性温度が向上したことによるものと考えられる。

参考文献

- 1) S.Kokado *et al.*, Phys. Rev. B **73** (2006) 172410
- 2) Y.Komasaki, *et al.*, J. Appl. Phys. **105** (2009) 07C928
- 3) Y.Takahashi, *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **323** (2011) 2941
- 4) 角田 匡清 他, 第 37 回日本磁気学会講演概要集, 5aC-10 (2013)

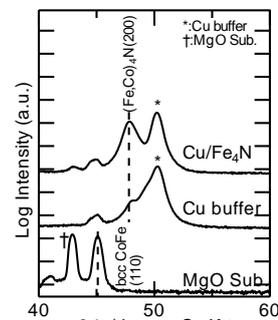


Fig.1 In-plane XRD profile for (Fe_{0.25}Co_{0.75})₄N layer.

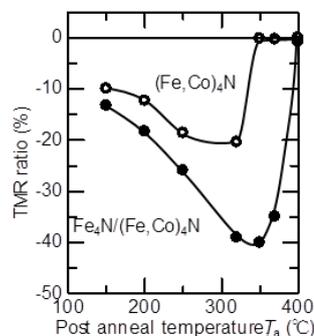


Fig.2 Dependence of TMR ratio against post anneal temperature.