

20 nm Cr₂O₃ における垂直交換バイアスの格子歪による制御

下村直樹¹, S.P.Pati¹, 野崎友大¹, 柴田竜雄², 佐橋政司¹
(東北大学¹, TDK 株式会社²)

Controlling Perpendicular Exchange Bias in 20nm-Thickness Cr₂O₃ Thin-Film by Lattice Strain Control

N. Shimomura¹, S. P. Pati¹, T. Nozaki¹, T. Shibata² and M. Sahashi¹
(Tohoku University¹, TDK Corporation²)

はじめに

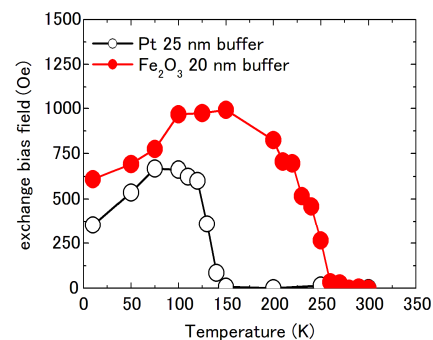
Cr₂O₃ は電気磁気効果を示す反強磁性体であることが知られており、Cr₂O₃/強磁性層界面における垂直交換バイアス磁界(H_{ex})を外部電界により反転可能であることが実験的に示されている。この Cr₂O₃ の交換バイアスの発現温度(ブロッキング温度:T_B)は Meiklejohn-Bean の交換磁気異方性モデルによく従い、界面交換結合エネルギーJ と反強磁性磁気異方性エネルギー(K_{AF}T_{AF})の競合によって決まる。つまり、Cr₂O₃ の膜厚が薄くなると T_B は減少してしまい、実際の応用において現実的な膜厚、例えば 50nm 以下では T_B は Cr₂O₃ のネール点(307K)付近から著しく低下してしまう。薄い膜厚で高い T_B を達成するためには、Cr₂O₃ の結晶磁気異方性エネルギーK_{AF}を増加させる必要がある。Cr₂O₃ 薄膜の K_{AF} は格子歪によって変化するという報告¹⁾があることから、今回は、格子定数の異なる種々のバッファ上に膜厚を 20nm まで低減させた Cr₂O₃ を製膜し、格子歪の影響による対する交換バイアスの T_B の変化を調べた。

実験方法

全ての試料は c-Al₂O₃ 基板上に RF-DC マグネトロンスパッタ装置によって作製した。膜構成は c-Al₂O₃ sub./Pt 25 or Fe₂O₃/Cr₂O₃ 20/metal spacer/Co 1/Pt 5 (nm) である。Cr₂O₃、Fe₂O₃ は基板温度 500°C で製膜した。構造評価には、X 線回折(XRD)と断面 TEM 測定を行い、磁気特性評価には、超電導量子干渉計(SQUID)を用いた。SQUID 測定は全て膜面垂直方向で、バルク Cr₂O₃ のネール温度(307K)より充分高温である 340K まで昇温した後、+1T での磁場中冷却を施し、10-340K の温度範囲で測定した。

実験結果

Cr₂O₃ の膜厚が 20nm の場合、Cr₂O₃/Co 界面の交換バイアスは全測定温度(10~340K)にわたって発現せず、Co の保磁力の増加のみ確認される(T_B < 10 K)。Pt といった金属スペーサー層を Cr₂O₃ 50/Co1 (nm) 界面に挿入し、界面交換結合エネルギーの強さを調整することで T_B を向上させる方法が報告されており²⁾、本研究においても同様の方法で、より膜厚の薄い Cr₂O₃ でも T_B を観測できるようにした。Fig.1 に c-Al₂O₃ sub./Pt 25 or Fe₂O₃/Cr₂O₃ 20/metal spacer/Co 1/Pt 5 (nm) における交換バイアス磁界の温度依存性を示す。Pt バッファと Fe₂O₃ バッファの交換バイアス磁界は同程度であるが、Pt バッファを使用した場合 T_B は高々 150K までであるのに対し、Fe₂O₃ バッファを使用した場合は Cr₂O₃ の T_B は室温付近の 260K まで交換バイアスが存在していた。この T_B の違いは、格子歪の導入による Cr₂O₃ の結晶磁気異方性の変化が原因であると考えられる。XRD および断面 TEM 像の FFT 解析像から算出した Cr₂O₃ の c/a 値は Fe₂O₃ バッファの方が小さくなっており、Cr₂O₃ の a 軸長が伸長される方向に格子歪が誘起されている。



[Fig.1] Temperature dependence of exchange bias field in c-Al₂O₃ sub./Pt 25 or Fe₂O₃ 20/Cr₂O₃ 20/metal spacer /Co 1/Pt 5 [nm] thin film system.

参考文献

- 1) J. O. Artman et al., Phys. Rev. 138, A912 (1965)
- 2) Y. Shiratsuchi et al., IEEE Trans. Mag., 47, 3909 (2011)