

Ni₂MnAl/*X* (*X*: Fe, Co, Co₂MnSi) 積層膜における交換結合磁界の評価

土屋朋生, 杉山知子, 窪田崇秀, Teodor Huminiuc*, 廣畑貴文*, 高梨弘毅
(東北大学金属材料研究所, *ヨーク大学)

Exchange bias field of epitaxially grown Ni₂MnAl/*X* bilayers (*X*: Fe, Co, Co₂MnSi)

Tomoki Tsuchiya, Tomoko Sugiyama, Takahide Kubota, Teodor Huminiuc, Atsufumi Hirohata and Koki Takanashi
(Institute for Materials Research, Tohoku Univ., * The University of York)

緒言

ハードディスクドライブ (HDD) の磁気センサや磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) などのスピントロニクスデバイスにはスピンバルブ構造が用いられている。スピンバルブ中の反強磁性体は交換磁気異方性により隣接する強磁性層の磁化の固定する役割を担っている。Mn₃Ir は高交換結合磁界と高ブロッキング温度を両立する魅力的な材料であるため、スピンバルブ構造に広く用いられているが、Ir は希少金属であり、元素戦略的な観点から使用量の削減が望まれる。Mn₃Ir を代替する材料として反強磁性体のホイスラー合金に着目した。反強磁性ホイスラー合金は、Co-Fe 合金やハーフメタルホイスラー合金などのスピン偏極率が高い強磁性体材料と格子整合性が良く特性の向上が期待できる。他方、反強磁性ホイスラー合金を用いた交換バイアス効果の研究は少なく、系統的な実験による知見の蓄積が必要である。本研究では、反強磁性ホイスラー合金の中でも比較的ネール温度が高い *B2* 構造の反強磁性体ホイスラー合金 Ni₂MnAl [1]を用い、種々の強磁性材料 *X* (*X*: Fe, Co, Co₂MnSi) とのエピタキシャル積層薄膜を作製し、その結晶構造、磁気特性を系統的に調査することを目的とした。

実験方法

薄膜試料は MgO(100)単結晶基板上に DC マグネトロンスパッタ法を用いて作製した。Ni₂MnAl の膜厚は 100 nm とし、成膜温度を室温から 600°C の範囲で変化させた。Ni₂MnAl 薄膜上に強磁性体の *X* (*X*: Fe, Co, Co₂MnSi) とキャップ層の Al をそれぞれ 3 nm、室温で成膜した。Co₂MnSi を積層させた試料のみ、Ni₂MnAl 層の成膜温度は室温で固定し、キャップ層成膜後に真空中で 1 T の磁場を印加しながらポストアニールを行った。ポストアニールの温度は 300 °C、又は、400、500°C とした。Ni₂MnAl 薄膜の組成はコスパッタ法により化学量論組成に調整し、他の材料は単体又は合金のターゲットを用いて作製した。結晶構造は X 線構造回折法 (XRD)、磁気特性は超伝導量子干渉磁束計 (SQUID) により測定した。

結果

XRD の結果から、室温から 600°C の成膜温度で *B2* 構造の Ni₂MnAl が、MgO (100)単結晶基板上に(001)配向でエピタキシャル成長していることが確認された。全ての強磁性層との積層構造において、交換磁気異方性による磁化曲線のシフトが測定温度 10 K で観察された。作製した試料で最も大きい交換結合磁界 H_{ex} が確認された試料は、Co₂MnSi を積層させた後に 400°C でポストアニールを行った試料であり、その大きさは 163 Oe であった。一軸磁気異方性エネルギー J_k は強磁性層が Co₂MnSi の時に 0.04 erg/cm²、Fe の時に 0.03 erg/cm²、Co の時に 0.02 erg/cm² であった。 J_k の強磁性材料依存性について、強磁性層と Ni₂MnAl との間の格子不整合度の差が一つの要因となり得ると考えられる。

謝辞

本研究の一部は JST 国際科学技術共同研究推進事業 (SICORP-EU, HARFIR) および新素材共同研究開発センター共同利用研究 (課題番号: 15G0413) の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] X. Y. Dong, et al., J. Cryst. Growth 254, 384 (2003).