

HM/Co-Fe-B/HM/MgO(HM = Ta,W)構造の磁化特性

Evaluation of magnetic properties in HM / Co-Fe-B / HM / MgO (HM = Ta, W) structures

阪大院工¹, アルバック未来技術協働研² ○(M1)村田 健祐¹, 石川 諒², 村上 裕彦²Osaka Univ. ¹, ULVAC, Inc.², [○]Kensuke Murata¹, Ryo Ishikawa², Hirohiko Murakami²

E-mail: murata-k20@mit.eng.osaka-u.ac.jp

トポロジカルに保護されたスキルミオンと呼ばれるナノ磁気構造[1]は次世代のメモリ素子や論理演算素子への応用が期待され、現在スピントロニクス分野などで精力的に研究が行われている。強磁性層として Co-Fe-B を用いた多層薄膜構造において、スキルミオンは強磁性層と絶縁層の接合により発生する界面磁気異方性に由来する垂直磁気異方性(PMA)と、Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用との競合によって特定の磁場-温度領域で出現する。スキルミオンを有する多層薄膜構造の先行研究では重金属(HM)には Ta が広く用いられてきたが、250°C以上のアニール温度で磁性が抑制される報告があり[2]、より高温のプロセスに耐える別材料の探索が必要である[3]。例えば W 上に Co-Fe-B を積層した先行研究では 400°C以上でのアニール処理後でも PMA を示すことが報告されており、W/Co-Fe-B 接合はよりデバイス化に適した材料として期待される[4]。

本研究では異なる重金属(HM = Ta, W) を用いた HM/Co-Fe-B/HM/MgO/SiO₂ 構造の結晶性と磁気特性の評価を行った。試料はスパッタリング法を用いて室温において熱酸化シリコン基板上に成膜し、一部の試料に対しては 250°Cで真空アニール処理を施した。スキルミオンの出現に必要な PMA を発現させるための成膜及び熱処理条件の探索を実施し、VSM により磁性、Kerr 効果顕微鏡によりスキルミオンの有無を評価した。

試料を X 線回折法で測定したところ、Ta バッファはアモルファスのような微結晶として存在し、W バッファは結晶化していた。Ta および W を HM として用いた試料の磁化曲線を Fig. 1 に示す。Ta を用いた試料ではアニール処理を施さずとも PMA が発現し、Kerr 効果顕微鏡によりスキルミオンの出現を確認できた。一方で W を用いたアニール前の試料では PMA が発現しなかった。この違いは Co-Fe-B 層の B の拡散がアモルファス状態の Ta と結晶化した W の場合で異なるためであると考えられる。Ta を用いた試料の場合、B はアモルファス状態の Ta 層へ室温で拡散し CoFe 結晶が生じることで PMA が発現するが、W の場合では室温での B の拡散が生じないために PMA が現れなかったと考えられる。W を用いたアニール後の試料は PMA が強く、スキルミオンの出現は確認できなかった。そこで Co-Fe-B と MgO 層の間の W 挿入層膜厚を変化させることにより、スキルミオンが出現する微弱な PMA を持つ膜の作製を試みた。W 挿入層膜厚を変化させた試料の磁化曲線を Fig.2 に示す。W 挿入層の膜厚が増加するに従って PMA が抑制される様子が確認された。それぞれの試料に対して Kerr 効果顕微鏡観察を行ったが、W 挿入層膜厚が薄い場合には PMA が強い場合、W 挿入層膜厚が厚い場合には PMA が弱い場合にスキルミオンの出現は確認できなかった。スキルミオンは微弱な PMA を有する多層膜で観測されるため、W 挿入層を 0.20nm から 0.30nm の間の膜厚とすることでスキルミオンの出現が期待される。熱処理に強い W を用いたスキルミオンを有する多層薄膜構造の実現に向けてさらなる検証が必要である。

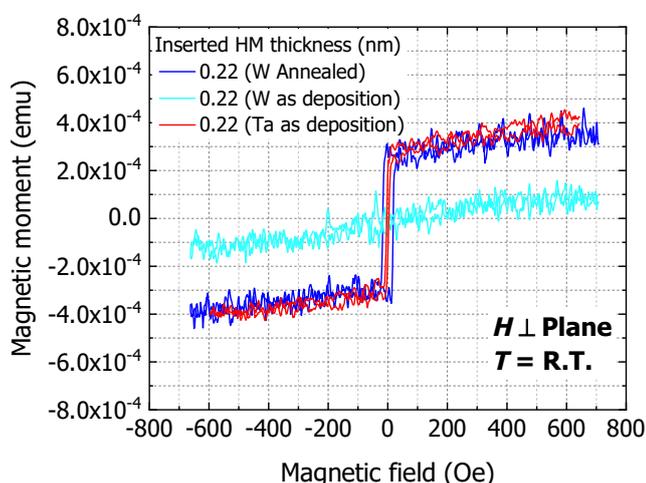
[References] [1] T. Skyrme, Nuclear Physics **31**, 556 (1962)[2] M. Yamanouchi *et al.*, J. Appl. Phys. **109**, 07C712 (2011)[3] X. D. Xu *et al.*, Acta Material **161**, 360 (2018)[4] G.-G. An *et al.*, Acta Materialia **87**, 259 (2015)

Fig. 1 Magnetization curves of films using W and Ta as buffer and insertion layer

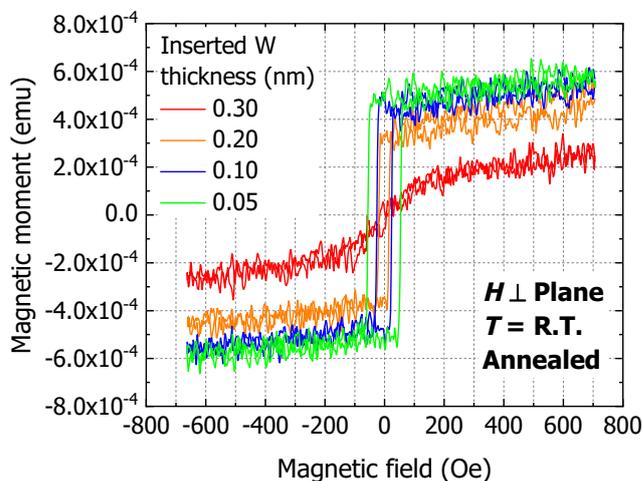


Fig. 2 Magnetization curves of films with different thickness of W insertion layer