

β 相および α 相 W-Ta 合金/CoFeB 積層系のスピントール磁気抵抗効果

斉藤好昭¹、手束展規^{2,4}、池田正二^{1,3,4,5}、佐藤英夫^{1,3,4,5}、遠藤哲郎¹⁻⁵
 (東北大¹CIES、²工学研究科、³CSIS、⁴CSRN、⁵RIEC)

Spin Hall magnetoresistance in β - and α -phase W-Ta alloy/CoFeB stack systems

Y. Saito¹, N. Tezuka^{2,4}, S. Ikeda^{1,3-5}, H. Sato^{1,3-5} and T. Endo¹⁻⁵

(Tohoku Univ. ¹CIES, ²Graduate School of Engineering, ³CSIS, ⁴CSRN, ⁵RIEC)

はじめに

スピントールトルク(SOT)-MRAM, skyrmion, domain wall デバイスの実現を目指し、重金属/強磁性接合系のスピントールトルクの研究開発が盛んに行われている。特に、磁化反転の効率、つまり、ある電流(J_C)を流したときのスピントール流(J_S)の生成効率であるスピントール角($|\theta_{SH}|=|J_S/J_C|$)を増加させるため、多くの重金属材料や重金属/強磁性界面の研究が行われ、 $|\theta_{SH}|$ が日に日に増加している。しかし、 $|\theta_{SH}|$ が大きくなると多くの重金属材料は、比抵抗が大きいのが現状である。LSI などの大規模回路中で大きな比抵抗材料を配線として用いると、消費エネルギーの増大、スピードの遅延、大きな電圧降下をもたらす好ましくない。これらの課題を解決するためには、比抵抗の増大に起因する $|\theta_{SH}|$ の増大に頼らず、本質的なスピントール効果(intrinsic SHE)を増大することが重要である。今回、第一原理計算¹⁾で intrinsic SHE の増大が予想されている β 相 $W_{100-x}Ta_x$ および α 相 $W_{100-x}Ta_x$ において、スピントール角の Ta 組成依存性を調べたので報告する²⁾。

実験方法

超高真空スパッタを用いて、その成膜条件を変えることにより、様々な Ta 濃度(x)を有する β 相 $W_{100-x}Ta_x$ および α 相 $W_{100-x}Ta_x$ /CoFeB/MgO/Ta 積層薄膜を作製した。それらを微細加工しホールバー形状に加工し、スピントール磁気抵抗効果(SMR)を測定した。測定は 305 K、-4 Tesla ~ +4 Tesla で行った。得られた結果から、拡散方程式を用いて $|\theta_{SH}|$ 、スピントール拡散長を求め、それらの Ta 濃度依存性を調べた。

実験結果

Fig. 1 に様々な Ta 濃度を有する β 相 $W_{100-x}Ta_x$ /CoFeB 系の SMR ($\Delta R_{XX}/R_{XX}^{H=0}$) の結果を示した。図に示すように、SMR の絶対値はある Ta 濃度で増大し最大値をとることがわかる。最大値をとる $W_{100-x}Ta_x$ 膜厚も変化している。また、ここでは示さないが、Ta 濃度を増大すると α 相 $W_{100-x}Ta_x$ /CoFeB 系の場合も同様の SMR の絶対値の増加が観測された。

β 相および α 相 $W_{100-x}Ta_x$ /CoFeB 系の SMR の結果を、拡散方程式を用いて解析した。Fig.2 に、解析結果であるスピントール角の絶対値($|\theta_{SH}|$)の Ta 濃度依存性を示す。 β 相、 α 相ともある Ta 濃度で $|\theta_{SH}|$ は最大値を示すことが明らかとなった。 β 相に関しては、Ta 濃度を増大すると $W_{100-x}Ta_x$ の比抵抗の絶対値は単調減少するため、観測された $|\theta_{SH}|$ の最大値は、第一原理計算で予想された intrinsic SHE の増大に起因していると考えられる。本研究は JST-OPERA、科研費(15H05699, 19H00844)の支援のもとで行われた。

参考文献

- 1) X. Sui et al., Phys. Rev. B **96**, 241105(R) (2017).
- 2) Y. Saito et al., Appl. Phys. Exp. **12**, 053008 (2019).

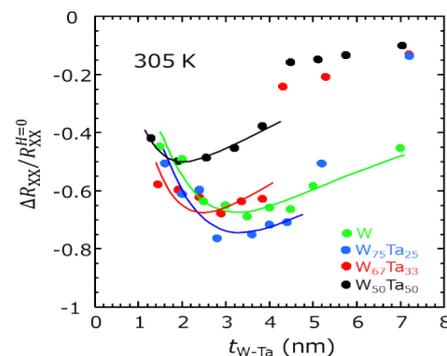


Fig. 1 SMR plotted against the heavy metal (HM) layer thickness t_{W-Ta} for the devices with β -phase W-Ta HM.

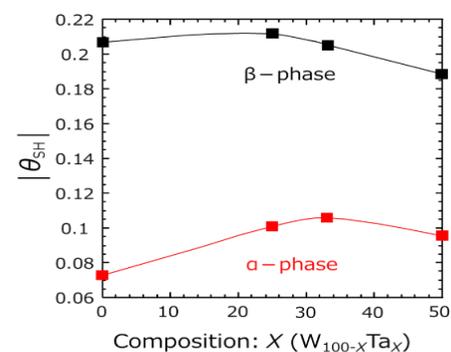


Fig. 2 Estimated magnitude of the $|\theta_{SH}|$ as a function of Ta concentration x in the $W_{100-x}Ta_x$ alloy HMs.