

## Ta/NiFe/Pt 三層膜の界面垂直磁気異方性の評価

平山重之<sup>\*\*\*</sup>、葛西伸哉<sup>\*\*</sup>、三谷誠司<sup>\*\*\*</sup>

(\*筑波大学、\*\*物材機構)

Characterization of interface perpendicular magnetic anisotropy in Ta/NiFe/Pt trilayers

S. Hirayama<sup>\*\*\*</sup>, S. Kasai<sup>\*\*</sup>, S. Mitani<sup>\*\*\*</sup>

(\*Univ. of Tsukuba, \*\*NIMS)

## 背景

Pt のような非磁性重金属と NiFe を代表とする 3d 強磁性金属積層膜は、スピントロニクス効果による磁化ダイナミクスを誘起・検出できることから、スピントロニクスの分野で現在注目を集めているヘテロ接合系である。強磁性共鳴 (FMR) は磁化ダイナミクスの研究におけるポピュラーな測定技術の一つであり、実際に NiFe/Pt 積層膜の評価に有効である[1]。FMR の解析では磁気異方性が重要であるが、NiFe 系積層膜の界面磁気異方性の研究は必ずしも十分ではなく[2,3]、界面垂直磁気異方性の定量評価などの詳細な検討が必要であると考えられる。本研究では、Ta/NiFe/Pt 三層膜の磁化過程を詳しく調べ、界面垂直磁気異方性の定量化を試みた。

## 実験方法

RF マグネトロンスパッタを用いて、熱酸化シリコン基板上に Ta をバッファー層とした Ta/Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>/Pt 三層膜を作製した。NiFe 膜厚  $t$  は 1 nm から 5 nm、Ta 及び Pt 膜厚は 5 nm である。試料の磁気特性は振動試料型磁力計を用いて室温で測定した。垂直磁気異方性エネルギー  $K_u$  は、飽和磁化  $M_s$  と困難軸方向の飽和磁場  $H_k$  より、 $K_u = M_s \cdot H_k / 2$  で近似した。

## 実験結果

得られた試料の磁化測定の結果、試料は全て面内磁化を示した ( $K_u < 0$ )。Fig. 1 に、 $M_s \cdot t$  と  $K_u \cdot t$  の膜厚依存性を示す。Fig. 1(a)では、直線的な依存性が得られており、いわゆるデッドレイヤーが成り立っているように見える。デッドレイヤーを仮定した場合のその厚さ  $t_d$  は 0.58 nm と見積もられた。この場合の界面垂直磁気異方性は、 $t_d = 0.58$  nm での  $K_u \cdot t$  に相当すると考えられ、Fig. 1(b)より界面垂直磁気異方性エネルギー  $K_i$  は  $0.2 \text{ erg/cm}^2$  となる。一方、デッドレイヤーモデルの対極として、一様磁化を仮定したモデル場合には、概ね  $H_k \sim 4\pi M_s$  の関係も得られ、磁化測定の結果は  $K_i$  の存在の明確な証拠にはなっていないことも分かった。上記2つのモデルはある種の極限ケースであるため、実際の界面垂直磁気異方性の大きさは、0 と  $0.2 \text{ erg/cm}^2$  の間にあると考えられる。

## 参考文献

- [1] K. Kondou, H. Sukegawa, S. Mitani, K. Tsukagoshi and S. Kasai, Appl. Phys. Express **5** (2012) 073002.
- [2] F. J. A. den Broeder, W. Hoving and P. J. H. Bloemen, J. Magn. Mater. **93** (1991) 562.
- [3] M. S. Gabor, C. Tiusan, T. Petrisor, Jr. and T. Petrisor, IEEE Trans. Magn. **50** (2014) 2007404.

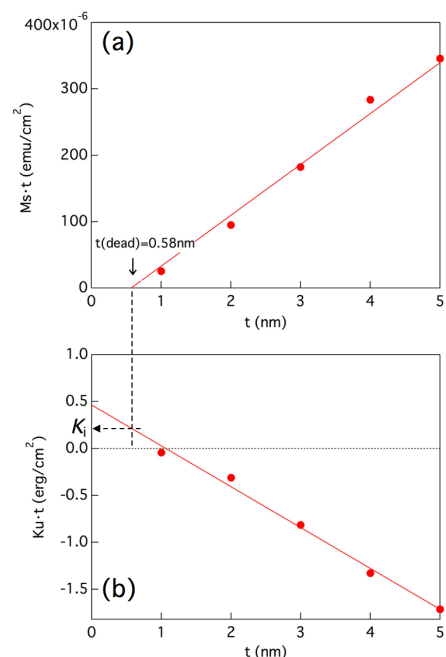


Fig. 1. (a)  $M_s t$  and (b)  $K_u t$  as a function of  $t$  for Ta/NiFe/Pt trilayers. From the linear dependence in (a), the dead-layer thickness was determined to be 0.58 nm. By assuming the 0.58 nm thick dead-layer in (b),  $K_i$  is evaluated to be  $\sim 0.2 \text{ erg/cm}^2$ .