

課題番号 : F-16-NM-0056  
 利用形態 : 技術補助  
 利用課題名(日本語) : Co/Ni 多層膜のスパッタ成膜と垂直磁気異方性の解析  
 Program Title (English) : Analysis of perpendicular magnetic anisotropy in sputtered Co / Ni multilayers  
 利用者名(日本語) : 能崎 幸雄  
 Username (English) : Y. Nozaki  
 所属名(日本語) : 慶應義塾大学理工学部物理学科  
 Affiliation (English) : Department of Physics, KeioUniversity

## 1. 概要(Summary)

本研究課題は、スピンプンピング由来の交流純スピンの流を極 Kerr 効果により検出するための垂直磁気異方性薄膜を作製することを目的とする。交流スピンの検出信号の強度および共鳴磁場は、垂直磁気異方性エネルギーに依存する。そこで、膜厚や積層回数により垂直磁気異方性エネルギーを系統的に変化させることができる Co/Ni 多層膜をスパッタリング法により作製し、磁気光学効果を用いて磁気ヒステリシス曲線を測定することにより、その磁気異方性エネルギーを評価した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

- ・ 全自動スパッタ装置
- ・ ダイシングソー装置

### 【実験方法】

ダイシングソー装置を用いて 10 mm 角にカットした Si(100)基板上に、(1) [Co(0.2 nm) / Ni(0.4 nm)]<sub>n</sub>、(2) [Co(x nm) / Ni(2x nm)]<sub>20</sub>、(3) [Co(x nm) / Ni(y nm)]<sub>20</sub> をスパッタ成膜した。なお、すべての多層膜において Cu(20 nm)を下地層とした。成膜した Co/Ni 多層膜の磁気ヒステリシス曲線は、慶應義塾大学能崎研究室のマイクロ Kerr 効果検出装置を用いて測定した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

今回スパッタ成膜した Co/Ni 多層膜について、面直方向の外部磁場に対する磁気ヒステリシス曲線を測定したところ、すべての多層膜で残留磁化がほとんど無いことがわかった。これは、Co/Ni 多層膜の界面由来の垂直磁気異方性エネルギーが反磁場エネルギーよりも小さく、両者の差で表される実効的垂直磁気異方性エネルギーが負であることを示している。ただし、交流スピンの検出には、実効的垂直磁気異方性の正負ではなく、絶対値の大きさ

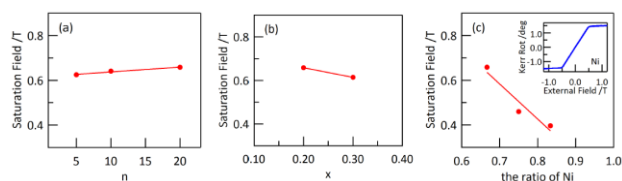


Fig. 1 Saturation field of [Co(x)/Ni(y)]<sub>n</sub> multilayers as functions of (a)  $n$ , (b)  $x$  and (c)  $y/(x+y)$ .

を系統的に変調することが重要である。そこで、実効的垂直磁気異方性エネルギーを調べるため、磁気ヒステリシス曲線の飽和磁場を(1)~(3)の多層膜について詳しく調べた。Fig. 1(a) ~ (c) は、多層膜の積層回数  $n$ 、Co 層厚  $x$ 、Ni 層の膜厚比  $y/(x+y)$  に対する飽和磁場の変化である。飽和磁場は、負の実効的垂直磁気異方性エネルギーの大きさを表す。すなわち、飽和磁場の減少は垂直磁気異方性エネルギーの増加を意味する。実験の結果、Ni 層の膜厚比により実効的垂直磁気異方性エネルギーを線形的かつ広範囲に変化させられることがわかった。これは、飽和磁化の小さな Ni の増加に伴う反磁場の減少に起因する。なお、Fig. 1(a), (b)の結果より、今回のスパッタ条件では界面由来の垂直磁気異方性の発現は見られなかった。スパッタ電力やスパッタ時の Ar 圧力の最適化により、接合界面での原子拡散を抑制する必要があると考えられる。

## 4. その他・特記事項(Others)

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 26249052 の助成を受けた。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 高橋真央, 修士論文「スピンプン膜を利用したスピンの検出」(平成28年度・慶應義塾大学)。

## 6. 関連特許(Patent)

なし