

CoCrPtTa 薄膜媒体の面内磁気異方性と微細構造

Coercivity Orientation and Microstructure of CoCrPtTa Thin-Film Media

高橋克典・朝倉紀之・菊池 暁・北本善透・石田祥二
 株式会社山形富士通, 999-3701 山形県東根市大字東根甲 5400-2
 K. Takahashi, N. Asakura, A. Kikuchi, Y. Kitamoto, and S. Ishida
 Yamagata Fujitsu Ltd., Oaza Higashine ko 5400-2, Higashineshi, Yamagata 999-3701
 (1999年10月27日受理, 2000年1月25日採録)

A Co-alloy thin-film medium formed on a NiP textured substrate, has a macroscopic in-plane magnetic anisotropy in the circumference direction. In this study, the mechanism of in-plane magnetic anisotropy induced by CoCrPtTa-type thin-film media was investigated in the light of crystallography, with following results: (1) with an increase in the number of magnetic crystal grains whose magnetization easy axis was in the circumferential direction, the in-plane magnetic anisotropy increased relative to that in the radial direction. (2) the in-plane magnetic anisotropy was correlated with the change in the crystal structure of the Cr underlayer, when the Cr (110) interplanar spacing becomes smaller, the correlation becomes higher.

Key words: magnetic anisotropy, textured NiP/Al substrate, grazing incidence X-ray diffraction, in-plane c-axis of population, anisotropy magnetic field of grain

1. はじめに

テクスチャ加工を施したNiP基板上に形成されたCo基薄膜媒体では、半径方向に比較し円周方向の保磁力が高く、円周方向に巨視的な面内磁気異方性が誘導される。この面内磁気異方性の原因については、Co合金の磁化容易軸であるc軸が、異方的に円周方向に配向する結晶配向に起因する説¹⁾、膜面内での異方的な応力によるCo結晶粒の磁歪効果に基づく説^{2,3)}が提案されているが、そのメカニズムの統一的な見解は得られていない。今回我々は、CoCrPtTa薄膜媒体の面内磁気異方性と結晶構造及び微細組織との関係を調べ、結晶学的に面内磁気異方性のメカニズムを検討したので報告する。

2. 実験方法

テクスチャ処理(中心線粗さ Ra:1.4nm, 中心線深さ Rp:6.3nm)を施した NiP/Al-Mg 基板上に、Cr 下地膜、Co₇₇Cr₁₅Pt₄Ta₄磁性膜、DLC 保護膜を DC マグネトロンスパッタリング法により順次形成した。本実験では、下地膜厚を 20~200nm の範囲で変化させ、種々の磁気特性の試料を作製した。各薄膜の形成は、静止対向型

のスパッタリング装置を用い、基板温度が 180°C, Ar ガス圧が 5mTorr, 基板バイアス電圧が²100V (磁性層のみ) の条件下で行った。

試料の磁気特性は、振動試料型磁力計 (VSM: 最大印加磁場 5kOe) により円周方向及び半径方向の磁化曲線を評価し、高感度トルク磁力計により結晶粒の異方性磁界 H_k^{grain} を解析した。試料の結晶構造の解析は、X線回折装置 (Cu-K_α線 40kV-375mA) により、通常の $\theta-2\theta$ スキャン法と、低角入射 X 線 (入射角度 0.3°) を用いた In-Plane 回折法により行った。微細組織は、透過電子顕微鏡を用い、平面及び断面方向から観察した。

3. 実験結果および考察

3.1 磁気特性

Fig.1には、磁性膜厚(飽和磁化 M_s : 366emu/cc)を 26nm に固定し、下地膜厚を変化させて作製した CoCrPtTa 薄膜媒体における保磁力の下地膜厚依存性を示す。また、各媒体の円周方向と半径方向との保磁力の比 $O.R.$ の結果も合わせて示した。尚、円周方向の角型比 S 及び、保磁力角型比 S^* を Table.1 に示す。

CoCrPtTa 薄膜媒体の保磁力は、円周方向及び半径方向とも、下地膜厚の低下とともに徐々に減少する。これに対して、各方向の保磁力の比 $O.R.$ は、下地膜厚の低下とともに徐々に増加する傾向にある。

すなわち、薄い下地膜上に形成した CoCrPtTa 薄膜媒体ほど、より大きい磁気異方性 $O.R.$ が誘導される。

Fig.2には、下地膜厚を変化させて作製した CoCrPtTa 薄膜媒体における、結晶粒の異方性磁界 H_k^{grain} の下地膜厚依存性を示す。

CoCrPtTa 媒体の結晶粒の異方性磁界 H_k^{grain} は、下地膜厚の変化に対して顕著な変化を示さず、下地膜厚の低下とともに僅かに減少する。

ここで、CoCrPtTa 薄膜媒体の下地膜厚の低下による磁気異方性の増大が、磁性結晶粒の磁歪効果に基づくと仮定すれば、CoCrPtTa 薄膜媒体における結晶粒の異方性磁界 H_k^{grain} は下地膜厚の低下にともない増加するものと推察される。しかし、こ

Table. 1 S^* and S of samples.

Cr thickness (nm)		20	30	40	50
S^*	circumferential direction	0.86	0.87	0.85	0.85
	radial direction	0.70	0.70	0.70	0.73
S	circumferential direction	0.92	0.94	0.94	0.93
	radial direction	0.82	0.86	0.91	0.88

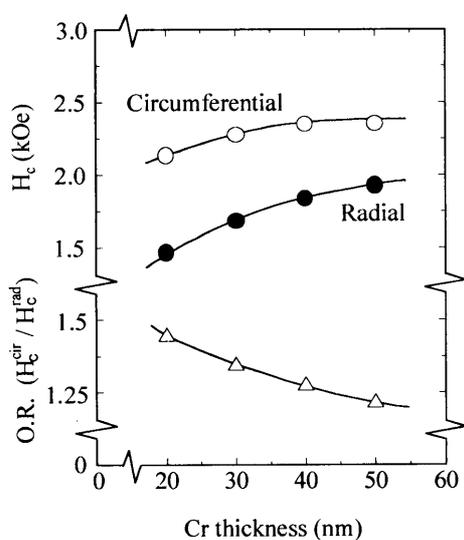
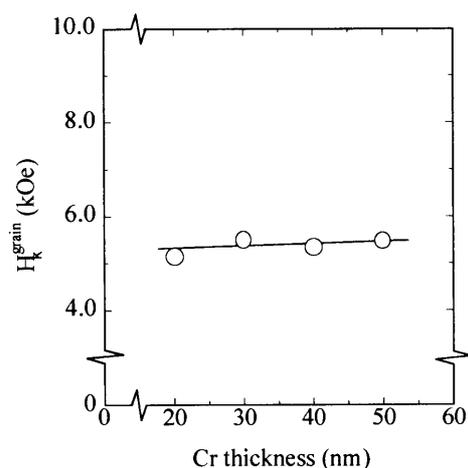
Fig. 1 Cr thickness dependence of the coercivity and H_c orientation ratio.

Fig. 2 Cr thickness dependence of the anisotropy of grains.

の結果は、下地膜厚に対する磁気異方性 $O.R.$ の変化が、主に磁性結晶粒の磁歪効果によるものではないことを示している。

3.2 CoCrPtTaのC軸配向性と面内磁気異方性

Fig.3には、下地膜厚を20nm形成したCoCrPtTa薄膜媒体のIn-Plane回折法により得られた、円周方向と半径方向のX線回折patternを示す。尚、円周方向および半径方向のX線回折patternは、それぞれの方向から入射したX線の回折結果を示している。

円周方向のCoCrPtTa(002)面回折強度は、半径方向の回折強度に比較し高い傾向を示す。

ここで、各方向のCoCrPtTa(002)面回折強度は、それぞれの方向に磁化容易軸であるc軸を持つ磁性結晶粒の数に対応していると考えられる。このことより、CoCrPtTa(002)面回折強度の増加は、CoCrPtTaのc軸が円周方向に配向している結晶粒の数が、半径方向に比較し多いことを示唆している。

Fig.4には、下地膜厚を変化させて作製した種々のCoCrPtTa薄膜媒体について、半径方向と円周方向のCoCrPtTa(002)面回折強度の比 $I^{cir}(002)/I^{rad}(002)$ と磁気異方性 $O.R.$ の関係をプロットした結果を示す。

$O.R.$ はCoCrPtTa(002)面の回折強度比と強い相関を示し、CoCrPtTa(002)面回折強度比の増加にもない $O.R.$ は増加する傾向を示す。

この結果は、磁気異方性 $O.R.$ が半径方向に対し、CoCrPtTaの磁化容易軸であるc軸が円周方向に向く磁性結晶粒の数が増加することにより、増大することを示している。

このことは、媒体面内での巨視的な磁気異方性が、主にCoCrPtTa結晶粒の磁化容易軸であるc軸の面内での配向の度合いに起因し、この結果、磁化容易軸が円周方向に向く磁性結晶粒が増加することで、面内磁気異方性 $O.R.$ が増加することを示している。

3.3 結晶構造と面内磁気異方性

Fig.5には、下地膜厚を変化させて作製したCoCrPtTa薄膜

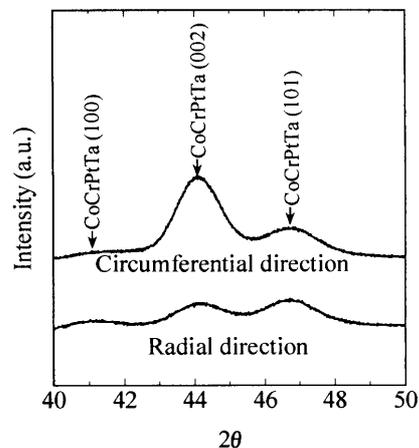


Fig. 3 In-plane X-ray diffraction patterns of CoCrPtTa with a Cr thickness 20 nm.

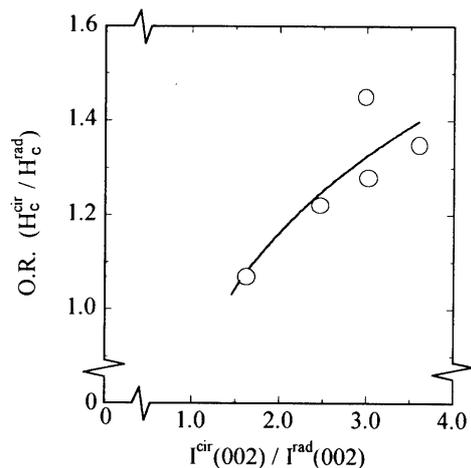


Fig. 4 H_c orientation ratio as a function of the CoCrPtTa(002) intensity ratio in the circumferential and radial directions.

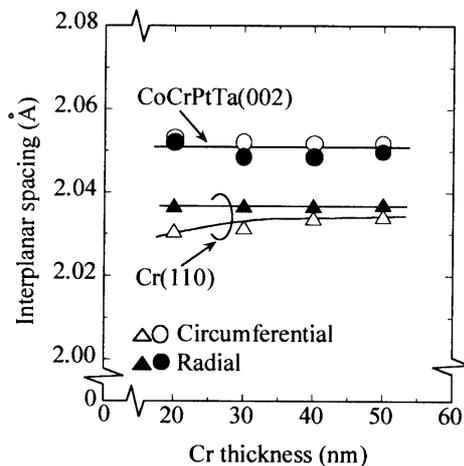


Fig. 5 Cr thickness dependence of CoCrPtTa(002) and Cr(110) interplanar spacing in the circumferential and radial directions.

媒体の、円周方向と半径方向のCr(110)面間隔及びCoCrPtTa(002)面間隔の下地膜厚依存性を示す。

CoCrPtTa(002)面間隔は円周方向及び半径方向とも、ほぼ同等の値を示し、下地膜厚の変化に対する依存性はほとんど示さない。一方、Cr(110)面間隔に関しては、下地膜厚の変化に対して、半径方向はほぼ一定値を示す。これに対し、円周方向では、下地膜厚の低下とともに面間隔が減少する傾向を示す。

すなわち、下地膜厚の薄いCr結晶粒ほど半径方向に対して円周方向のCr(110)面間隔が小さく、Crの結晶構造が立方晶から変形していることを示している。

Fig.6には、テクスチャー形状及び下地膜厚を変化させて作製した、種々のCoCrPtTa薄膜媒体について、Crの結晶構造の

変化と磁気異方性O.R.の関係をプロットした結果を示す。ここで、横軸にはCrの結晶構造変化の目安として、円周方向と半径方向のCr(110)面間隔比を示した。

O.R.は、Crの結晶構造変化と良い相関を示し、円周方向と半径方向のCr(110)面間隔の比、 $d_{Cr(110)}^{cir}/d_{Cr(110)}^{rad}$ が低下することもない単調に増加する。さらに、異なるテクスチャー形状をもつ基板に形成された、Cr下地層/CoCrPtTa薄膜媒体においても、 $d_{Cr(110)}^{cir}/d_{Cr(110)}^{rad}$ に対するO.R.の変化は、切片及び傾きとも良い一致を示す。

以上の結果は、下地層Crの結晶構造の変化が媒体面内での巨視的な磁気異方性に深く関与していることを示している。

3.4 c軸の優先的配向のメカニズム

Fig.7には、下地膜厚を変化させて作製したCoCrPtTa薄膜媒体のCr(110)面間隔の比、 $d_{Cr(110)}^{cir}/d_{Cr(110)}^{rad}$ とCoCrPtTa

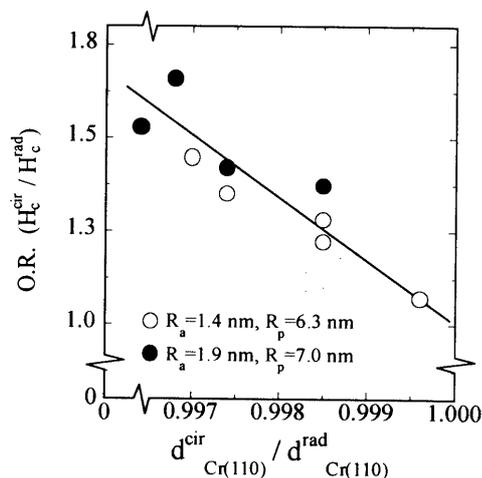


Fig. 6 H_c orientation ratio as a function of the interplanar spacing ratio $d_{Cr(110)}^{cir}/d_{Cr(110)}^{rad}$.

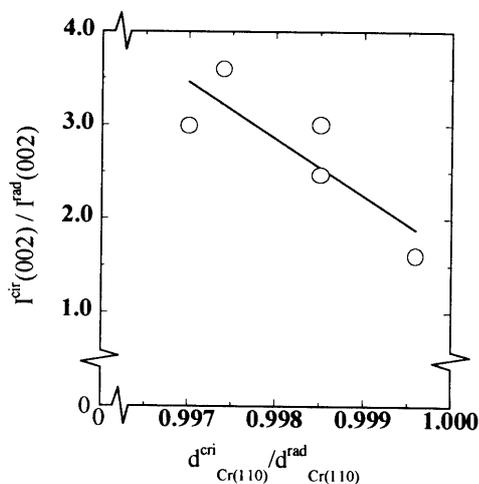


Fig. 7 CoCrPtTa(002) intensity ratio in the circumferential and radial directions as a function of the interplanar spacing ratio $d_{Cr(110)}^{cir}/d_{Cr(110)}^{rad}$.

(002)面のX線回折強度比, $I^{cir}(002)/I^{rad}(002)$ の関係をプロットした結果を示す.

CoCrPtTa(002)面の回折強度比はCr(110)面間隔の比と強い相関を示し, 回折強度比 $I^{cir}(002)/I^{rad}(002)$ は, 面間隔の比 $d^{cir}_{Cr(110)}/d^{rad}_{Cr(110)}$ が減少するにともない, 単調に増加する傾向を示す.

このことは, 円周方向のCr(110)面間隔が縮むことにより, 円周方向にc軸が向く磁性結晶粒の数が増加し, 面内に磁気異方性が生じていることを示している.

この下地膜厚の低下にともなうc軸の優先的配向のメカニズムとして, 下地層Crにおける結晶構造変化の, 磁性層の成長過程に与える影響が考えられる.

すなわち, 低い面内磁気異方性を示す媒体においては, 円周方向及び半径方向のCr(110)面間隔はほぼ等しく, Cr(200)面はほぼ正方形であるのに対し, 高い面内磁気異方性を示す媒体においては, Cr(110)面間隔は円周方向に縮まり, Cr(200)面は円周方向に短い長方形をしている. 一方, Cr(200)面上にエピタキシャル成長するCoCrPtTa(110)面は, c軸方向の格子間隔が短い長方形をしている. ここで, エピタキシャル成長が, これらの格子形状を反映し相似的に生じた場合には, 円周方向に短い長方形のCr上に, CoCrPtTaのc軸が円周方向へ優先的な成長をすると考えられる.

以上のことより, Co基薄膜媒体における面内の磁気的な異

方性は, 主に下地Cr結晶の面内における構造上の異方性に起因し, 生じるものと結論される.

4. まとめ

本研究では, Co基薄膜媒体の磁気異方性を結晶学的な観点から検討した. この結果, 次のことが明らかになった.

- (1) 半径方向に比較し, 円周方向に磁化容易軸を持つ磁性結晶粒の数が増加することもない, 面内磁気異方性は増大する.
 - (2) 面内磁気異方性は下地層Crの結晶構造の変化と高い相関を示し, 円周方向にCr(110)面間隔が縮まるほど向上する.
- すなわち, 下地Crの結晶構造が変化することにより, CoCrPtTaの磁化容易軸の円周方向への優先的な配向が生じる. この結果, 半径方向に比較し, 円周方向の保磁力が増大することで, 面内に巨視的な磁気異方性が誘導されたものと結論される.

文 献

- 1) 高垣篤補, 古澤賢司, 藤田塩地, 阿部勝男: 日本応用磁気学会誌, 15, 85(1991).
- 2) A. Kawamoto and F. Hikami: J. Appl. Phys., 69, 5151(1991).
- 3) 屋久四男, 松田好文, 稲垣 譲, 正田光広, 加藤 章, 細江 譲: 日本応用磁気学会誌. 19, 77(1995).