Co-Cr薄膜作製における下地層, Ta添加量およびガス圧力の最適化 Optimization of Underlayer, Ta Addition, and Gas Pressure for Co-Cr Thin Films

野田 紘憲、川鍋 尚、直江 正彦*

日本アイビーエム、*東京工業大学

Kohki Noda, Takashi Kawanabe, and Masahiko Naoe*

IBM Japan, * Tokyo Institute of Technology

Abstract- The magnetic properties of longitudinal magnetic recording media with Co-Cr alloy films deposited by facing targets sputtering (FTS) were investigated. These properties are dependent on sputtering conditions such as the argon gas pressure, substrate temperature, and alloy composition of the underlayer of the magnetic film. In this study, the magnetic properties of Cr, Cr-Ta, and Cr-Co underlayers were analyzed in relation to the Ar gas pressure and substrate temperature. The magnetic properties of Co-Cr-Ta/Cr bilayered films were also studied to determine the advantage of Ta addition. Consequently, the dependence of the magnetic properties on the sputtering conditions was systematically clarified for practical use in fabricating magnetic recording disks.

1. はじめに

磁気ディスクは最近のパソコン、ワークステーションの進化にともなうハードディスクドライブの大容量化、小型化によって、益々、高密度が要求され、すでに1.4Gb/in²の面記録密度が実用化されているが、更なる高密度化のために、磁気特性の改善や媒体ノイズをできる限り抑えることなどが必須であり、従来から数々の試みがなされてきた。¹⁻⁸ また、基板温度、Arガス圧力などの薄膜作製条件を変えることにより、磁気特性やSN特性が変化することが知られている。しかし、これらを系統立って論じたものはないと思われる。そこで、本研究では、対向ターゲット式スパッタ法を用いてCo-Cr合金薄膜ディスク用各種下地膜を作製し、その成膜条件、並びにCo-Cr-Ta/Cr二層膜媒体におけるTaの添加量を変化させた場合、磁気特性などがいかに変化するかを示し、これらを最適化することにより、超高密度磁気ディスク作製の指針を示した。

2. 実験方法

成膜には、0.1mTorr程度の低いArガス圧力まで制御でき、良質の薄膜が得られる対向ターゲット式スパッタ法を用いた。図1に本スパッタ装置の構成を示す。基板として、ガラスおよび高温成膜可能なシリコンを使用した。本装置の成膜前の真空到達度は 7×10^{-7} Torr以下とした。成膜のパラメータとして、Arガス圧力を0.1から10mTorr、基板温度を室温(R.T)から350℃まで変化させた。また、下地層としてCr合金膜を付け、基板温度およびArガス圧力を変化させ、磁気特性改善効果を調べた。一方、Co-Cr-Ta膜のTaの添加量を変化させるために、Co-Cr合金板上にTaチップを配置した複合ターゲットを使用して作製し、その添加効果を調べた。

評価方法として、得られた薄膜の結晶構造はX線回折法により、磁気特性はVSMにより測定した。

FIG. 1. Schematic illustration of the FTS system.

3. 実験結果と考察

3.1 Cr合金下地層の結晶配向制御と基板温度依存性

下地層Crの合金膜における添加元素の影響について、以下考察する。

長手磁化二層膜のCr下地層は基板温度 T_s の増加により結晶面が変わることが知られている。ここでは、Cr下地層に第2元素、例えばTa、Coなどを添加することにより、Crの金属の原子間隔あるいは格子間隔を制御する、すなわち、結晶面配向の制御ができれば、低い T_s での磁性層のC軸が面内方向に、例えばCr-bcc(110)面から(200)面へ制御できれば、高い面内 H_c を得ることができる。ターゲットとしては、第2元素のチップをターゲットに配置した複合ターゲットを使用した。

(1) Cr単層膜

図2にガラス基板上に、Arガス圧力0.2mTorr中で膜厚1000Åを作製し、 T_s を室温から300°Cまで変化させたときのX線回折ダイアグラムを示す。 T_s が100°Cまではbcc-Cr(110)面が優先配向するが、200°CからCr(200)面が変わることがわかる。これは T_s 上昇により、Cr(110)面より安定な(200)面が変わったものと考えられる。

FIG. 2. X-ray diffraction diagrams of Cr underlayer.

(2) $\text{Cr}_{83}\text{Ta}_{17}$ 合金膜

Taの原子半径は1.45 Åであり、Crの1.25 Åより大きいため、Crの結晶格子中に置換型として入り込み格子を拡大させる効果が期待できる。スパッタ条件として、Arガス圧力0.1mTorr、 T_s を室温から300°Cまで変化させ、膜厚1400 Åを成膜した。図3にそのX線回折ダイアグラムを示す。全ての回折線

はCr(110)面のみであり、温度によって結晶配向に変化のないことがわかった。しかし、回折強度は室温から200°Cまでは基板温度の増加とともに大きくなるが、それ以上では強度の低下が見られた。

FIG. 3. X-ray diffraction diagrams of $\text{Cr}_{83}\text{Ta}_{17}$ underlayer.

(3) $\text{Cr}_{83}\text{Co}_{17}$ 合金膜

前述と同じスパッタ条件で、膜厚1500 Åを成膜し、図4のX線回折ダイアグラムを得た。結晶面の成長はCr単層膜と同じ傾向を示す。但し、 T_s が300°CでCr(110)のピークが残っている。Cr-Co薄膜はCr単層膜に比べて、結晶面変化に要する移動エネルギーが大きい、すなわちCr(110)面からCr(200)面に配向しにくいと考えられる。

FIG. 4. X-ray diffraction diagrams of $\text{Cr}_{83}\text{Co}_{17}$ underlayer.

3.2 Arガス圧力依存性

Cr単層膜のArガス圧力依存性について論じる。 T_s を300°C一定にして、ガラス基板上に膜厚1000 ÅのCr単層膜を作製し、Arガス圧力を9mTorrから0.2mTorrまで変化させた。図5にそのX線回折ダイアグラムを示す。ガス圧力が高くなるにつれて、Cr(200)

が成長しない。これはガス圧力増加がスパッタ粒子の基板入射時のエネルギーを減少させ膜表面に到達したスパッタ粒子の拡散を抑制するので、結晶の成長が抑えられたものと考えられる。すなわち0.2mTorrの低ガス圧力の場合、スパッタ粒子のエネルギーが高いので基板上で拡散が起こり、その結果、結晶学的に安定なbcc-Cr(200)面に成長したと考えられる。従って、この面を最も成長させるためには、より低いガス圧力における成膜が必要であることがわかった。

FIG. 5. Dependence of Cr underlayer on P_{Ar} .

3.3 Co-Cr合金薄膜ディスクにおける保磁力の基板温度およびArガス圧力依存性

以上の結果をもとに、ディスクとして作製したときの保磁力の各種依存性について論じる。図6にCo-Cr-Ta薄膜の保磁力 H_c の基板温度依存性を示す。高 H_c を得るため、0.1mTorrの低Arガス圧力を用い、下地層として、前述したCr単層膜と、 $Cr_{83}Ta_{17}$ 、および $Cr_{83}Co_{17}$ 合金膜を、並びに磁性層として、 $Co_{85}Cr_{13}Ta_2$ 合金膜を成膜した。両膜厚とも500 Åとした。図7に0.2mTorr以上のガス圧力、同一膜厚で成膜したときのCo-Cr-Ta/Cr二層膜における H_c の基板温度依存性を示す。磁性層2mTorr、下地層0.2mTorrで成膜した場合と比べ、磁性層、下地層ともに0.1mTorrの低ガス圧力で成膜した場合の方が明らかに高い H_c を示した。すなわち、基板温度の上昇とともに H_c は増加し、300°C以上で飽和傾向にあり、300°Cにおける H_c は低ガス圧力では1220 Oeに対し、高ガス圧力では960 Oeを示した。

FIG. 6. Dependence of H_c for Co-Cr-Ta/Cr, Co-Cr-Ta/Cr-Ta, and Co-Cr-Ta/Cr-Co films on substrate temperatures.

FIG. 7. Dependence of H_c of Co-Cr-Ta/Cr films on substrate temperatures.

3.4 Ta添加効果

図8に、図7で示した同じ膜試料における飽和磁化 M_s の基板温度に対する変化を示す。これらからTa添加の影響について論じる。基板温度の増加に伴い単層膜の M_s はわずかに増加するのに対して、Co-Cr/Crの二層膜では T_s の増加とともに M_s は減少している。さらにTaを添加した二層膜では同じく減少傾向を示すが、その割合が大きい。Co-Cr合金がCr-richの非磁性相とCo-richの磁性相から構成されていると考え、単層膜の場合、 T_s の増加に伴いCrの偏析が進むことにより、Cr-richの非磁性相の割合が増加し、Co-Cr磁性相中のCo濃度が増加し、磁化の増加が現れたと考えられる。一方、二層膜では、単層膜で偏析の増加が見られ

た高基板温度においては、同時にCr下地層からのCrの供給も増加させ、これにより磁性相中の非磁性相の割合が増加することによって、 M_s は減少することとなり、 T_s の増加とともに顕著になると考えられる。Taの添加により、高温における M_s の減少傾向が強まったことは、Ta元素がこの非磁性相の形成を促進する効果を持っていると考えられる。一方、これまでの研究により、Ta元素の添加は結晶粒の微細化に寄与し、かつこの微細化がCo-Cr-Ta媒体の低ノイズ化の一因として寄与していると考えられる。^{9, 10}

FIG. 8. Dependence of M_s of Co-Cr, Co-Cr/Cr, and Co-Cr-Ta/Cr films on substrate temperatures.

4. まとめ

本研究により、次のことが明らかになった:

- (1) 下地層Cr合金膜における添加元素の影響については、Ta、Coを添加した結果、Cr合金結晶配向面が(110)から(200)に遷移する基板温度が高温側にシフトするのみで、高保磁力の条件である(200)面への配向は観察されなかった。すなわち、高保磁力の磁性膜作製のためには、純Crのような(200)面に配向の容易な材料が必要であることが明らかになった。
- (2) 基板温度依存性については、基板温度の増加に伴うCr下地層の結晶配向の変化によりCr合金結晶のc軸が面内に向くことによって高保磁力が得られることがわかった。
- (3) Arガス圧力依存性については、保磁力を支配する磁気異方性を高くすることができる0.1mTorrオーダーの低ガス圧力条件下で高保磁力化できることがわかった。

(4) Ta添加効果については、2 at.%を添加した場合、Co-Cr合金膜の結晶の微細化に効果があることが明らかになった。

結果として、低Arガス圧力で成膜され、平滑性に優れたSi基板上に作製された磁性膜は高密度記録用磁気ディスクとして優れた特性を有することがわかった。¹¹

今後の課題としてはヘッド浮上量、耐久性などのヘッドディスクインターフェースの評価を行う必要がある。

謝辞

種々のデータを提供して下さいました元東京工業大学大学院生直江研究室所属のJ. Park氏に感謝します。

参考文献

1. T. Yogi, G.L.Gorman, C.Hwang, M.A.Kakalee, and S.E.Lambert, IEEE Trans. Magn., Vol.24, No.6, 2727-2729 (1988).
2. J. Park, 中川, 直江, 第13回日本応用磁気学会学術講演概要集, 284 (1989).
3. J. Park, 川鍋, 中川, 直江, 第14回日本応用磁気学会学術講演概要集, 25 (1990).
4. S. Nakagawa, J. Park, and M. Naoe, J. MSJ., Vol.13, Suppl. No.S1, 639-643 (1989).
5. T. Kawanabe, K. Hasegawa, and M. Naoe, IEEE Trans. Magn., Vol.26, No.5, 1593-1595 (1990).
6. T.Yeh, J.M.Sivertsen, and J.H.Judy, IEEE Trans. Magn., Vol.26, No.5, 1590-1592 (1990).
7. J.L.Pressesky, S.Y.Lee, N.Heiman, D.Williams, T.Coughlin, and D.E.Speliotis, IEEE Trans. Magn., Vol.26, No.5, 1596-1598 (1990).
8. T. Kawanabe, J. Park, and M. Naoe, IEEE Trans. Magn., Vol.27, No.6, 5031-5033 (1991).
9. M.Naoe, M.Matsuoka, and Y.Hoshi, J. Appl. Phys. Vol.57, No.8, 4019-4021 (1985).
10. M.Sagui and T.Inoue, J.Appl. Phys. Vol.67, No.10, 6394-6398 (1990).
11. K. Noda, T. Kawanabe, and M. Naoe, MMM'96, BB-12 (1996).