

# 磁気記録媒体のスパッタ技術

柏倉 良晴(かしわくら よしはる)

松井 良文(まつい よしふみ)

長野 恵(ながの めぐみ)

## 1 まえがき

固定磁気ディスク装置（HDD）は年を追うごとに、小形・高記録密度化が進んでいる。磁気ディスク媒体も6～7年前には塗布法による $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 媒体が市場を独占していたが、その後の高性能化、特に高記録密度化の要求に伴い、めっき法によるコバルト（Co）合金系磁気ディスクが登場した。しかし、そのめっき法による高記録密度化への対応には限界があり、現在では成膜プロセスにスパッタ法を用いたCo合金系磁気ディスクが主流となっている。

富士電機では早くからスパッタ法による媒体製造技術を確立し、高性能のCo合金系磁気ディスク媒体を市場に供給してきた。さらに、ハイパフォーマンス化を求めて、スパッタ技術の開発を進めている。

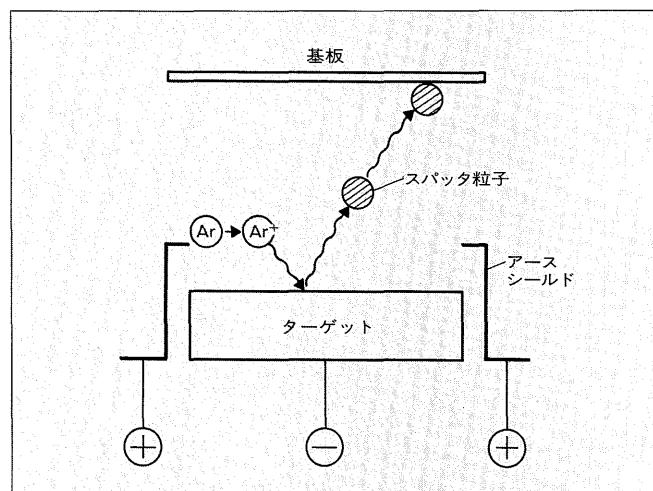
本稿では、スパッタ媒体の現状と高密度化に対する量産技術について述べる。

## 2 スパッタ法による成膜技術

### 2.1 スパッタ成膜法<sup>(1)</sup>

図1にスパッタ法による成膜の基本原理図を示す。数十

図1 スパッタ法による成膜基本原理の概略

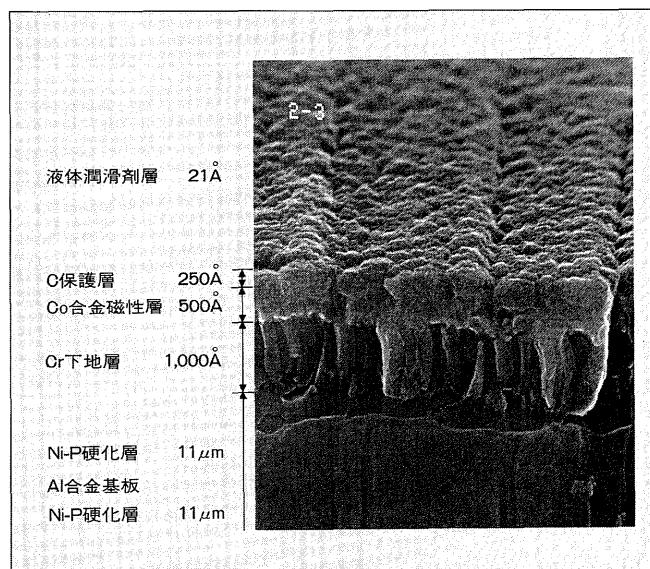


Pa以下のアルゴン（Ar）ガス雰囲気中でターゲット（成膜したい物質）とその周りのアースシールドとの間に高電圧（ターゲットが負）を印加すると、Arが電離してプラズマ状態になる。電離したArイオンは正に帯電しているので、ターゲット側に引き寄せられてターゲットに衝突する。このとき、ターゲットの表面物質がたき出され（スパッタ現象）スパッタ粒子となる。スパッタ粒子はターゲット近傍に置いた基板に付着し、これが繰り返したい積されて薄膜となる。スパッタ法は他の蒸着法やCVD法より制御性が良いことから、電子部品や半導体の分野で多用されている成膜法である。スパッタ法により成膜された磁気ディスク媒体を、従来の磁性粒子を基板上に塗布した塗布媒体やめっき法によるめっき媒体と区別してスパッタ媒体と呼んでいる。

### 2.2 スパッタ成膜の特長

スパッタ媒体は磁性層をはじめとする種々の層の積層構造から成っている。その基本層構成とその代表膜厚および断面SEM（Scanning Electron Microscope）像を図2に

図2 磁気ディスクの層構成例および断面SEM像



柏倉 良晴

平成2年入社。ディスク媒体の研究・開発に従事。現在、松本機器製作所ディスク媒体部。



松井 良文

昭和63年入社。ディスク媒体の研究・開発に従事。現在、松本機器製作所ディスク媒体部。



長野 恵

昭和50年入社。各種デバイス機器用材料の研究を経て、分析技術の開発・応用に従事。現在、(株)富士電機総合研究所材料・基礎研究所研究マネージャー。



表1 磁気ディスクの世代別特性比較

世代	磁性材料	保磁力	3.5インチ媒体1枚あたりの容量
第一世代	CoNiCr	800 Oe	20Mバイト
第二世代	CoNiCr	1,200 Oe	40Mバイト
第三世代	CoCrTa	1,400 Oe	80Mバイト
第四世代	CoCrTa	1,600 Oe	160Mバイト
第五世代	CoCrPt	1,850 Oe	320Mバイト

現在は第三～第四世代

示す。スパッタ法により成膜されるのは、信号が記録されるCo合金系磁性層、磁性層の結晶配向性をそろえるクロム(Cr)下地層、そして磁気ヘッドとの摩擦から磁性層を保護するカーボン(C)保護層の3層である。これら3層をスパッタ法により連続成膜することにより、スパッタ媒体は次のような特長を有する。

- (1) 記録信号の分解能が高い磁性層が得られ、高記録密度化に適している。
- (2) 高硬質、高耐摩耗性のカーボン層が得られ、耐久性に優れる。
- (3) 工程管理が容易で、品質の安定性、大量生産性に優れている。
- (4) 小径化、材料系の変更などをはじめとする市場からの要求に対して、迅速かつ容易に対応ができる。

スパッタ媒体の製造方式には、搬送式スパッタ成膜と固定式スパッタ成膜の2種類がある。前者は量産性に優れ、後者はディスク面内の特性の均一性に優れている。富士電機ではこの両方式ともに導入しており、製品の性質に合わせて使い分けを行っている。

表1にスパッタ媒体の世代推移の一覧を示す。

### ③ 媒体に要求される特性

磁気ディスク媒体の開発において目標とされるのは、記録密度の向上である。そのためには次のような特性的改善が必要である。

- (1) 磁気特性の改善(例えば、高保磁力化、角形比の向上)
- (2) 電磁変換特性の改善(低ノイズ化など)
- (3) 磁気ヘッド浮上量の低下
- (4) 磁気ヘッドとの摩擦特性の改善

富士電機では総合的な技術開発により、特性の改善を図ってきた。(3), (4)については本特集号の別稿に説明を譲るとして、(1), (2)においてはスパッタ技術を駆使して成膜技術と装置技術の両面から、媒体の性能向上を達成してきた。

### ④ 成膜条件の検討

#### 4.1 CoCrTa 媒体と CoCrPt 媒体

市場から要求される磁気特性の変化とともに、磁性層材料も変遷している。図3に代表的な磁性材料とそれが対応

図3 磁性層材料と磁気特性

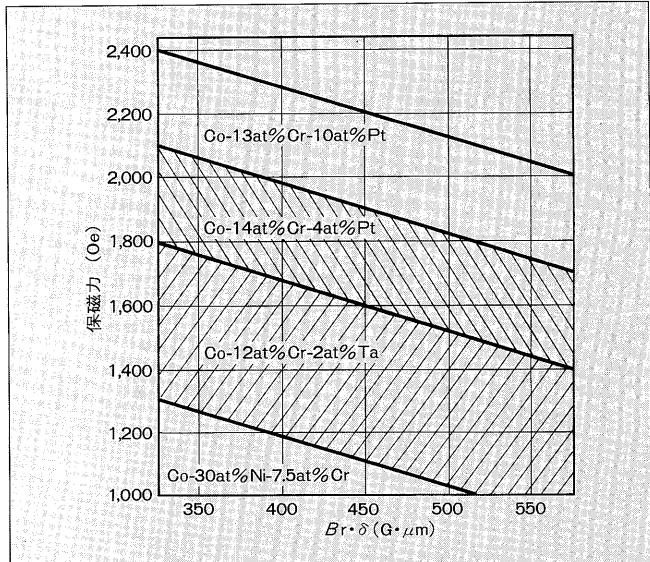
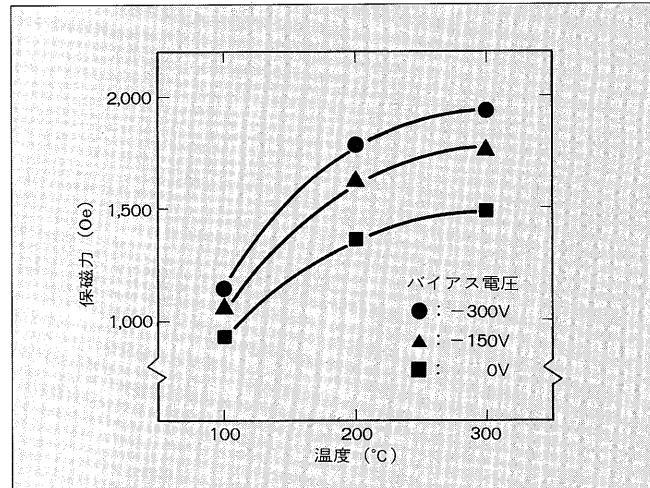


図4 保磁力の成膜温度、バイアス依存性

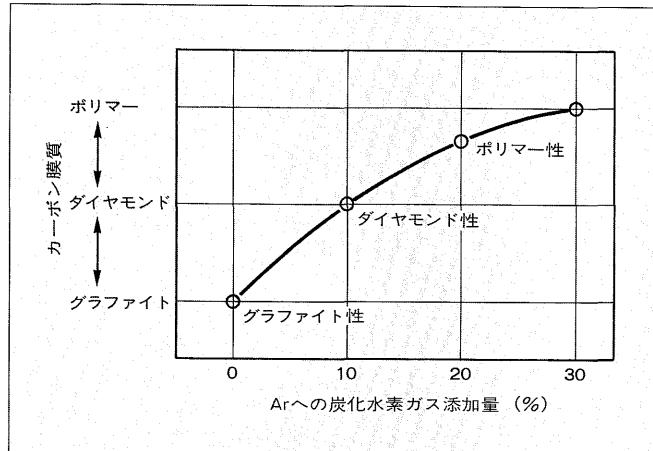


しうる磁気特性を示す。本図で  $Br \cdot \delta$  は残留磁化  $Br$  と磁性層厚  $\delta$  の積であり、再生出力に比例した値である。現在主流となっている磁性層材料である CoCrTa は、それ以前に使用されていた CoNiCr に比べて高保磁力が得られ、またノイズも小さいなどの長所を持っている。しかし、最近さらに  $Br \cdot \delta$  を下げずにより高い保磁力が要求されるようになり、新しい磁性層材料系の開発が必要となつた。次世代の材料系として有望視されているのが CoCrPt である。この材料系は組成によって CoCrTa に比べて1.5倍以上の保磁力が得られる。しかし、高価な白金を使用することと、CoCrTa系に比べてノイズが高いことからさらに研究開発を重ねる必要がある。具体的な対策としては、白金の一部を他の元素で置き換える(B, Ta, Hfなど)、CoCrTaとの積層構造とする、などの方法が考えられており、実験によっても低コスト化、低ノイズ化の効果が確認されている。

#### 4.2 高温成膜とバイアス印加成膜

より高い保磁力を得るために、高温での成膜、または基

図5 カーボン膜質の炭化水素ガス添加量依存性



板にバイアス印加することにより、保磁力を高くすることが知られているが、富士電機における結果を図4に示す。

高温にさらすことにより、Co合金系磁性層中のCr成分が偏析しやすくなり、Co磁性粒子を被覆した形となる。このことにより磁性粒子間の磁気的な相互作用を減らすことができ、高保磁力が得られるものとみられる。またバイアスを印加することにより、基板側には逆スパッタ現象が起り、基板とCr層、およびCr層とCo層の界面がクリーン化されるものとみられ、特にCr層とCo層の界面においては整合性が良くなり、結晶配向性がよりそろうことにより高保磁力が得られるものと考えられる。

#### 4.3 Ar+炭化水素ガス雰囲気中でのカーボン成膜

従来、スパッタ成膜は、純Arガスを用いて行われている。これに対し、Arに第二ガスを添加すると特性が改善できることが知られており実用化されつつある。その一例としてカーボン保護層の耐摩耗性の向上がある。Arに炭化水素ガスを添加してカーボン保護層を成膜すると、得られるカーボン層の構造が、従来のグラファイト構造からダイヤモンド性を含んだ構造(Diamond Like Carbon: DLC)へと変化する(図5)。DLCは耐摩耗性に優れており、製品の優れた耐久性を保証することができる。しかし炭化水素ガスを過剰添加すると、カーボンの膜質は軟質で潤滑性の低いポリマー性を含んだ構造となるため、炭化水素ガス添加量は最適化する必要がある。富士電機では炭化水素ガス添加量とカーボン膜質を正確に把握することにより、保護膜として優れた特性を有するDLC膜を実現している。

#### 5 ターゲットの効率化

富士電機では磁気ディスクの製造にマグネットロン方式のスパッタ装置を使用している。この方式は量産性に優れているため、磁気ディスク以外の種々の成膜工程にも幅広く使用されている。しかしこの方式にはターゲットの使用効率が低いという欠点がある。すなわち、マグネットロン方式ではターゲット裏面に配置したマグネットによる磁界と

表2 ターゲットの使用効率

ターゲット	使用効率
従来装置	18.5%
改良後	マグネット最適化
	形状最適化

ターゲットに印加した電圧による電界がターゲット近傍に存在する。プラズマ中のArイオンはこの両者から力を受けて磁界と電界が直行する領域に補足されるため、この領域でスパッタ現象が促進される。しかし、磁界の不均一が生じると局所的なスパッタしか行われなくなるため、ターゲットの一部分のみが消耗して、ターゲットの使用効率が低くなってしまう。磁界制御はきわめて困難な技術であるため、富士電機でも従来のターゲット使用効率は、磁性ターゲットで約18%と低い値であった。しかし最近では、磁界計算によるエロージョン(ターゲットの消耗する部分)形状の推定を行うことにより理想的なマグネット配置を実現し、使用効率を向上させている。具体的には磁界のターゲットに垂直な成分が0になるようなマグネット配置を有限要素法と磁気モーメント法により求め、これを実際のスパッタ装置に適応した。その結果、従来18%程度であった使用効率がマグネット配置の最適化により30%まで向上することができた(表2)。さらに同様のシミュレーションによりターゲット形状の最適化も行った結果、ターゲットを従来の長方形型からドーナツ型に変更することにより32.5%までの高効率化を図ることができた。

#### 6 あとがき

さまざまな成膜方法をたどってきた磁気ディスクであるが、今後スパッタ法に代わる新たな成膜方法が現れることは無いであろうと予想されている。それはスパッタ法が多くの長所を有していることに加えて、原理が単純であるがゆえに多くの技術開発の可能性を残しているからである。本稿で触れてきた諸技術はスパッタ技術のほんの一部であり、今後の技術開発によりさらに優れた特性を有する磁気ディスクの製造が可能となるはずである。一時は性能的に限界であると言われた磁気ディスクが、今なお記憶装置の主流であり続けている背景には独創的な技術開発が存在していたことは言うまでもない。今後ともスパッタ技術の可能性を追求し、磁気ディスクの性能向上に努める所存である。

#### 参考文献

- (1) 金原黎:スパッタリング現象、東京大学出版会(1984)
- (2) Tani, N. et al.: IEEE Trans. MAG, Vol.27, No.6, p. 4739 (1991)
- (3) 山口希世登ほか:電子情報通信学会技術研究報告, MR91-62 (1991)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。