

# メタル薄膜媒体の現状と将来

富士通(株)小型デバイス事業本部 菖蒲田 普美雄



## Present and Future of Metal Sputtered Disk

Fumio Syobuda

Disk Division, Fujitsu LTD.

### Abstract

The magnetic recording density of hard disk drives has maintained the speed of increase of about 20 times in 10 years, and is forecast to exceed 1 Gbits/in<sup>2</sup> in the year 2,000.

To achieve still higher recording density in the future, metal sputtered disk with high coercivity, high magnetic saturation, and low noise is required.

Additionally, the flying height of the head is being reduced. In order to maintain high CSS durability, tribology for the magnetic head disk interface has become a growing concern.

On the other hand, the magneto-resistive (MR) head is expanding to the market as the next generation technology. At this time, the remanence of the magnetic disk can be reduced more than in the past, but the demand for high coercivity and low noise is expected to increase further during study of the PRML (Partial Response Maximum Likelihood) modulation system.

This paper reports an overviews of progress in magnetic recording technology, and discuss the future problems of metal sputtered disk.

### 1. はじめに

大型コンピュータ用外部記憶装置としてスタートした磁気ディスク装置は、情報化社会の急速な進展によりパーソナルユース向けを中心に、小型化、大容量化、高性能化が加速されている。それに呼応して、高記録密度を可能にする磁気記録技術の進歩も目覚ましく、とどまるところを知らない勢いである。

一方、磁気ディスク装置は、媒体、ヘッド、信号処理、高精度位置決め等の技術を結集して成り

立ち、特に HDI(Head Disk Interface)信頼性技術に対する要求が一段と強まっている。媒体開発は、単独で進めることはもはや限界であり、それら技術とシステムティックに考えていくことが、ますます要求される。

本稿は、現在主流となっているメタル薄膜媒体の技術についてレビューし、さらに今後の磁気記録技術の動向、特にヘッド技術の進展と絡めて、メタル薄膜媒体の課題および将来展望について述べる。

### 2. 磁気記録技術の推移

Fig. 1 は磁気ディスク装置における面記録密度の年次推移を示す。10年で約20倍のスピードで

〒211 川崎市中原区上小田中 1015

富士通(株)小型デバイス事業本部

小型ファイル事業部開発部

面記録密度が高められ、現在 100 Mbits/in<sup>2</sup> が実用化レベルに到達している。1989 年の暮れに IBM 社により 1 Gbits/in<sup>2</sup> の可能性が発表され<sup>1)</sup>、今後もこのスピードが維持されることを裏付けている。

これまで高記録密度化のために、電磁変換系の幾何学的寸法の低減がなされてきた。ヘッドと媒体間の実効スペーシング、またヘッドのギャップ長および媒体の磁性膜厚に代表される。これらは、今後ともさらに低減してゆくことが磁気記録の原理として必須要件である。

ヘッドは、従来のバルクヘッドからヘッドノイズが小さく、またインダクタンスも小さいため高速転送に向けた薄膜ヘッドへ移行しつつある。しかし、今後の狭トラック化、媒体磁性膜の薄膜化による再生出力の低下に対し、コイル巻数をアップすることには限界がある。一層の高記録密度化を目指し、再生感度特性に優れた MR(磁気抵抗効果型)ヘッドの研究が活発になってきている。

媒体は、従来の塗膜媒体からメタル薄膜媒体全盛の時代に突入した。メタル薄膜媒体は、残留磁束密度(Br)が大きく、薄膜でも高出力が得られ、また高 Hc 化も容易であることから今後の高記録密度化を図っていくうえで期待が高まっている。

### 3. メタル薄膜媒体の現状

Fig. 2 はメタル薄膜媒体の一般的な断面構造

である。

基板材料には、アルミ基板(Al-Mg 系合金)が一般的に使用されている。新しい基板材料としてガラスやセラミックが提案されているが、主にコストや製造プロセスが複雑となる理由から、まだ一般的に使用されるには至っていない。アルミ基板は、研削加工後、無電解メッキにより NiP 層が形成される。NiP 層の表面を鏡面研磨、さらに所定の表面粗さにするためにテクスチャ加工を施した後、スパッタ法により下地 Cr、Co 合金、カーボン保護膜の順に連続成膜される。

磁性膜材料は、Hc が 1000 Oe 程度の初期には CoNi 系が主流であったが、Hc が 1400~1600 Oe となった現在では CoCr 系の合金、特に低ノイズが特徴である CoCrTa が主流である。また、最近では今後の高 Hc 化に向けて CoCrPt 系の検討がなされ、B を 3~7at% 添加することにより 3000 Oe を越える高 Hc が得られることから注目されている<sup>2)</sup>。

保護膜材料には、自己潤滑作用があることと生産性の面からカーボン保護膜が主流である。その他に SiO<sub>2</sub> に代表される酸化物系保護膜も一部に製品化されてはいるが一般に普及するには至っていない。カーボン膜の自己潤滑作用は、①大気中の吸着分子による吸着水層やハイドロカーボン膜などのコンタミネーション潤滑、②ファンデルワールス力で弱く結合した原子層が滑る潤滑、と推定される<sup>3)</sup>。①は CSS 時にヘッドが接触摺動することで容易に除去されやすく、②はカーボンが削れるのでヘッド・媒体のダメージを伴う。そこで安定な潤滑性を得るために、パーフロロポリ

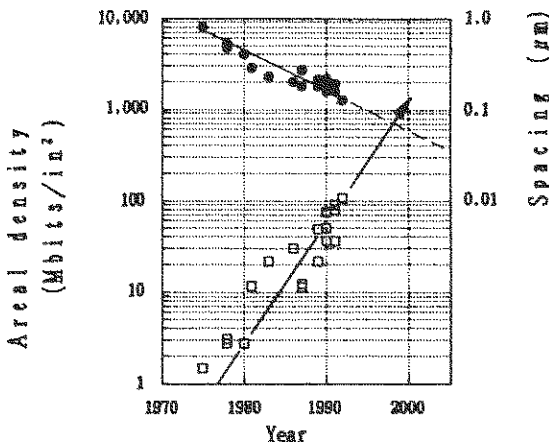


Fig. 1 Trend on hard disk drive

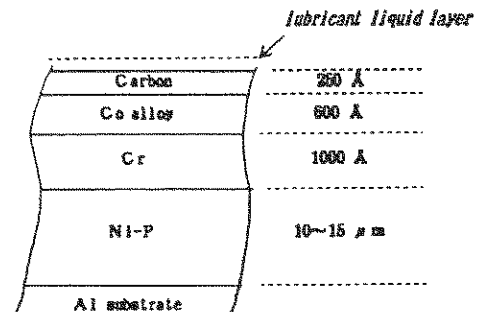


Fig. 2 Structure of metal sputtered disk

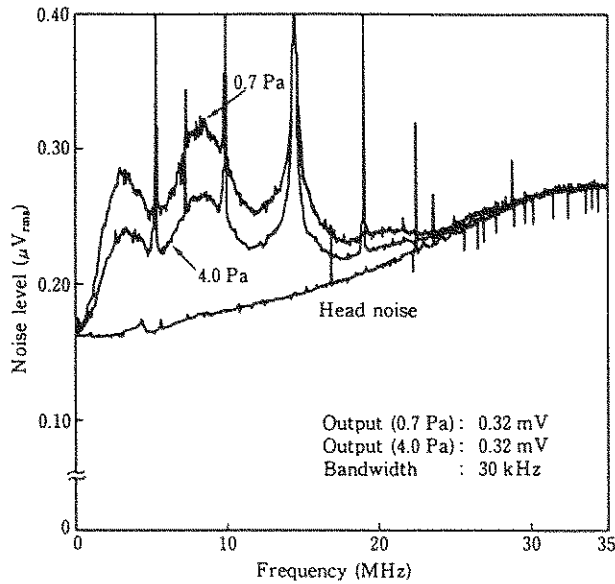


Fig. 3 Ar pressure and medium noise

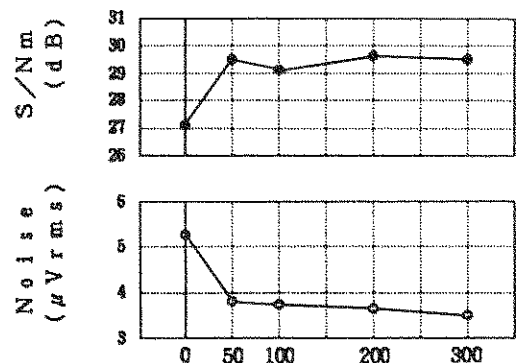
エーテル系の液体潤滑剤をディップ法やスピニングコート法により塗布している。

現状の技術開発の主眼は、低ノイズ化とスペーシングの低減である。

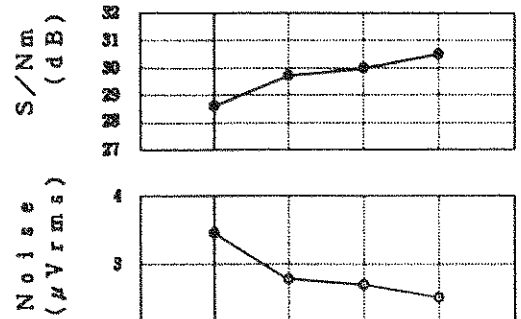
〔低ノイズ化〕

メタル薄膜媒体のノイズ発生要因は、結晶粒間の交換相互作用および静磁気結合が強いため磁化反転部に不規則なジグザグ磁壁が生じるためと考えられている<sup>9)</sup>。低ノイズ化のためには、結晶粒の分離性を高めること、かつ微細化および均一化を図ることが有効である。

媒体ノイズがスパッタされた原子のモビリティに依存することが報告された<sup>5)</sup>。Fig. 3は、Ar圧を高めることによりモビリティが小さくなり媒体ノイズが低減した一例である。高Ar圧条件ではコラム構造が明瞭になり、コラム分離に伴い結晶粒子間の分離性が強まっていることが、電顕で観察されている。またスパッタ時のパワーを下げることでより同様な効果があることも報告されている<sup>6)</sup>。一方、磁性膜をCrなどの非磁性層で分断した多層膜化による低ノイズ化が提案され<sup>7)</sup>、研究が活発化している。Fig. 4 a)は、中間Cr層の膜厚を変えて、Fig. 4 b)は、中間Cr層数を変えて媒体ノイズとS/Nを測定した結果である。いずれも



(a) Cr interlayer thickness



(b) Number of Cr interlayers

Fig. 4 Laminated films for low noise

トータルの磁性膜厚は一定としている。中間Cr層の膜厚50Å, 1層で分断した2層媒体でS/Nが約2dBの向上効果が得られている。この他に中間非磁性層は無いが、上層に高出力なCoCrPt, 下層に出力は低いが低ノイズであるCoCrPtSiとした2層媒体も提案されている<sup>9)</sup>。

〔スペーシングの低減〕

現在、媒体の浮上保証(グライドハイト)は、0.08μm(3μinch)が主流になりつつあり0.05μm(2μinch)の開発がすでに着手されている。単に浮上保証だけであれば、それほど困難な問題ではない。摩擦・吸着、特にCSSによる摩擦係数の増大対策との両立を図ることが、メタル薄膜媒体の最大の課題であり、媒体メーカ各社のノウハウといえる。ポイントは、テクスチャー技術とカーボン保護膜の薄膜化である。

①テクスチャー技術：円周方向に磁気異方性を付与することと摩擦・吸着対策の両方を目的としてテープ、あるいはスラリーテクスチャーを行っている。前者は円周方向のスジ目の密度、後者はランダムな微小突起によるヘッドとの真の接触面積に関心がある。今や数10Åオーダーの微細で均一な表面形状の制御技術が要求されている。最近ガラス基板を対象に化学的な手法が提案されているが<sup>9)</sup>、将来は少なくとも機械的な手法に依らない新しいテクスチャー技術が必要となろう。

②カーボン保護膜の薄膜化：現在は250Åから300Åのカーボン膜厚である。単に200Å以下と薄くすれば耐久性が著しく劣化するため、カーボン膜質を向上する必要がある。ArとCH<sub>4</sub>の混合ガス中でカーボンをスパッタすることでカーボン膜質を制御し改善する報告がなされ<sup>10)</sup>、この種の研究は盛んである。Fig. 5はCH<sub>4</sub>濃度を変えたときのラマン分光スペクトルの変化を示し、Fig. 6にそのときの電気抵抗と硬度の変化を示す。また、Fig. 7はさらに潤滑剤膜厚を2種類のCSSテストを行った結果である。水素原子を含むカーボン膜は、その含有量を適切に設定すればより優れた特性を示すことを示唆している。さらにヘッドの材質や形状との適合性を含めたトライボロジーな解析が課題であり、今後の薄膜化を行うためのキーポイントといえる。

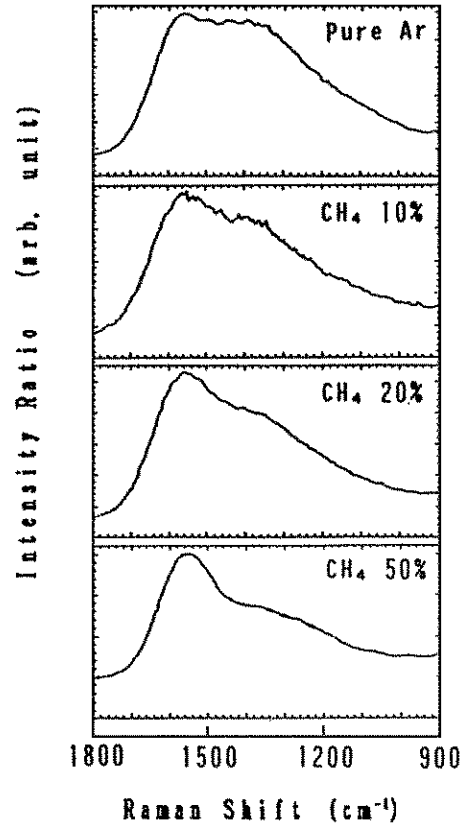


Fig. 5 Raman spectra of carbon films

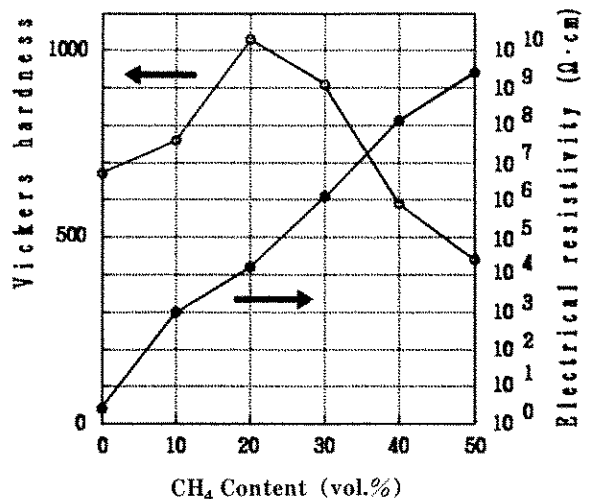


Fig. 6 CH<sub>4</sub> content and characteristics of carbon films

#### 4. 将来展望

垂直記録は、原理的に超高密度記録が可能であるが、その優位性はスペーシングを小さくしないと発揮されない。水平記録に比べ垂直記録が優位になるのは、スペーシング  $0.1 \mu\text{m}$  以下、即ちコンタクト記録に近い領域である。したがって、極低浮上での信頼性確保の困難さが垂直記録の実用化を遅らせている最大の原因である。一方、水平記録においてもスペーシングの低減が最重要ファクターであることには変わりない。しかし、何よりも高密度化に伴い再生出力の低下が最大の関心事である。これを克服するために、MRヘッドとPRML (Partial Response Maximum Likelihood) と呼ばれる信号処理技術が鍵を握っている。

MRヘッドの登場によって、水平記録による高記録密度化への期待がさらに高まってきた。MRヘッドで再生したノイズ・スペクトラムでは、媒体ノイズの影響が顕著にみえてくるため、媒体の低ノイズ化に対する要求は一段と強まってくる。

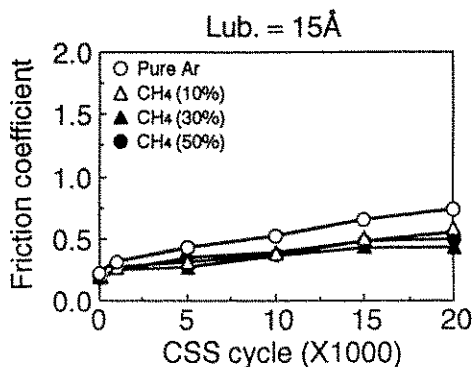
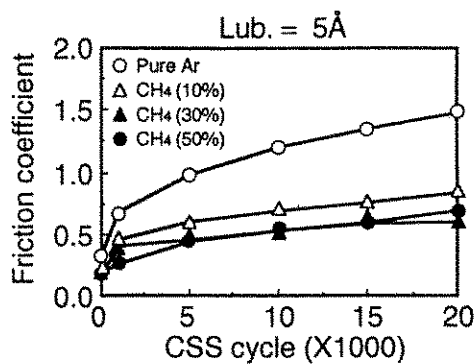
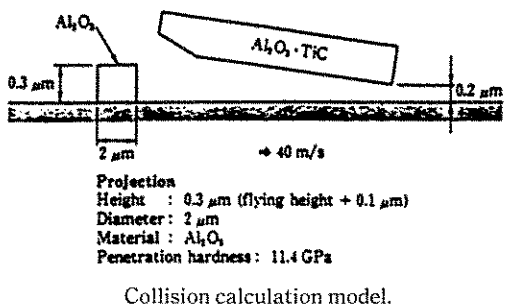


Fig. 7 CH<sub>4</sub> content and CSS characteristics

最近ではトルク磁力計を用い回転ヒステリシス損失の解析を通して、結晶粒の分離性や磁気異方性について定量的な評価がなされている<sup>11)</sup>。このようなマイクロマグネティックスの基本的な研究と実際のMRヘッドによる電磁変換特性との関連性を明らかにすることがこれからの課題である。

また、HDIの高信頼性と装置のダウンサイジングの必要性からヘッドの小型化が進んでいる。Fig. 8は、 $0.2 \mu\text{m}$ 浮上のスライダが毎秒40mで走行する媒体表面の $0.3 \mu\text{m}$ 高さの突起に衝突した際の衝撃力を見積もった例である<sup>12)</sup>。スライダの小型化は、衝撃力の減少に非常に効果的である。Fig. 9は、全長1mmで開発した超小型スライダの浮上面形状である。イオンミリング加工によって負圧を発生する溝が形成され、正圧とバランスして $0.05 \mu\text{m}$ の安定浮上を実現しており、負圧を利用することで荷重も軽減されている<sup>13)</sup>。スペーシングの低減にむけて媒体の微細な表面形状、保護膜の膜質、潤滑技術などと開発を進める



Collision calculation model.

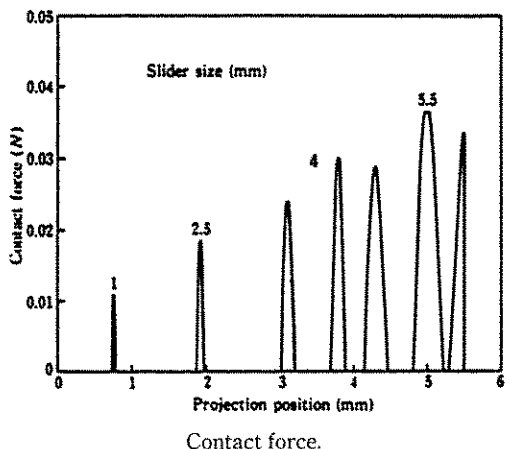
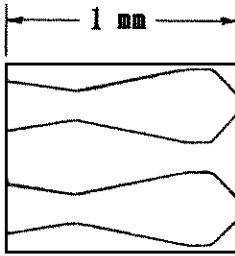
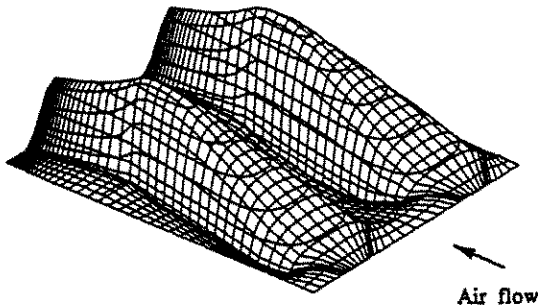


Fig. 8 Slider size and contact force



Slider shape.



Pressure distribution.

Fig. 9 Microhead slider

うえで、スライダのサイズ、形状、材質などのヘッド設計要素との適合性を考えたトライボロジーな解析が一層重要となる。

一方、垂直記録ではマイクロフレックス・ヘッドによるコンタクト記録が提案され<sup>13)</sup>注目を浴びている。数10 mgと微小な荷重で長時間の寿命を保証しようとするものであり、平滑な媒体表面と硬質な保護膜が要求される。

## 5. むすび

将来においても媒体開発の主題が、低ノイズ化とスペーシングの低減であることに変わりはない。言い換えれば、マイクロマグネティックとトライボロジーの解明という基本的な研究課題が柱となる。媒体の小径化と共に、ヘッドの小型化・軽荷重化が進展し、コンタクト記録の世界へと確実に向かっており、超高密度記録が期待される垂直記録も控えている。今後の媒体開発において、ますます多様化するヘッドやリードライト回路技

術などの進展といかに適合した技術構築を図るかが最大のポイントといえる。

## 参考文献

- 1) C. Tsang, M.M. Chen, T. Yogi and K. Ju; Digest of INTERMAG, CA-10 (1990)
- 2) N. Tani, T. Takahashi, M. Hashimoto, M. Ishikawa, Y. Ota and K. Nakamura; IEEE TRANS. MAG-27, No. 6, P 4736 (1991)
- 3) 寺田 章; 金属表面技術 Vol. 38, No. 2 (1987)
- 4) T.C. Arnoldussen and H.C. Tong; IEEE TRANS. MAG-22, No. 5, P 889 (1986)
- 5) T. Yogi, G. Castillo, G.L. Gorman, S.E. Lambart and T. Nguyen; Digest of INTERMAGBP-01 (1990)
- 6) 秦 他; 第14回応用磁気概要集, P. 30 (1990)
- 7) S.E. Lambart, J.K. Howard and I.L. Sanders; Digest of INTERMAG, HB-02 (1990)
- 8) M. Futamoto, F. Kugiya, M. Suzuki, H. Takano, Y. Matsuda, N. Inaba, Y. Miyamoto, K. Akagi, T. Nakao and H. Sawaguchi; Digest of 5th MMM-Intermag Conf., MA-01 (1991)
- 9) K. Ishibashi; 日本応用磁気学会誌 vol. 16, P 79 (1992)
- 10) Y. Mehmandoust, H.C. Tsai, H. Samani and A. Eltoukhy; Digest of INTERMAG, HA-07 (1990)
- 11) 末包, 宮村, 島津, 高橋; 日本応用磁気学会誌 vol. 16, P. 655 (1992)
- 12) S. Yoneoka, T. Ohwe and Y. Mizoshita; Fujitsu Sci. Tech. J., vol. 26, P. 404 (1991)
- 13) S. Yoneoka, M. Katayama, T. Ohwe, T. Yamada and Y. Mizoshita; IEEE TRANS. MAG-27, No. 6, P. 5085 (1991)