長手アルミ基板媒体

坂口 庄司(さかぐち しょうじ) 二村 和男(にむら かずお)

柏倉 良晴(かしわくら よしはる)

1 まえがき

記録容量の増加,用途の拡大に伴い,磁気記録媒体の記 録方式,使用される基板種,サイズは多様化している。現 在,富士電機で生産している主な磁気記録媒体は,記録 ビットの磁化が基板面内円周方向(長手方向)を向き,ア ルミ合金に NiP めっきを施したアルミ基板を用いた,長 手アルミ基板媒体である。この磁気記録媒体は,パソコン やサーバを中心に使用されている。電子情報の高容量化が 進む中,長手アルミ基板媒体についても,高記録密度化の 開発が進んでいる。2001年に30 Gbits/in²であった記録密 度は,2002年には60 Gbits/in²を超え,2004年中には90 Gbits/in²を超える製品が市場にリリースされようとして いる。

このような高記録密度化を実現すべく,富士電機では基 板表面加工技術,磁性技術,ヘッドディスクインタフェー ス技術を中核とした要素技術開発を行っている。本稿では, これまでの技術開発の状況を紹介するとともに,100 Gbits/in²を超える高記録密度を実現するための技術動向 について述べる。

2 基板表面加工技術・洗浄技術

2.1 テクスチャ加工の目的

磁気記録媒体は,非磁性の基板上に複数の金属,非金属 薄膜を形成することによって作られる。基板表面の性質は, 磁気記録媒体の特性に大きな影響を与えることが知られて いる。

現在,主流の長手記録方式用基板はアルミ母材にNiP めっきを施した後に鏡面加工し,その表面にはテクスチャ と呼ばれる円周方向の超微細な凹凸が形成されている。

このテクスチャ加工の目的は,大きく分けると次の二つ が挙げられる。

- 1) 磁気記録媒体と磁気ヘッドとの浮上安定性の確保
- 2 基板円周方向に磁化方向の配向

前者に関しては,テクスチャ加工により基板円周方向に

坂口 庄司

磁気記録媒体の次世代基板加工技 術開発に従事。現在,富士電機ス トレージデバイス(株)製品開発部 課長補佐。



磁気記録媒体の開発に従事。現在, 富士電機ストレージデバイス(株) 製品開発部課長補佐。

二村 和男



柏倉 良晴

磁気記録媒体の次世代磁性記録層 成膜技術開発に従事。現在,富士 電機ストレージデバイス(株)製品 開発部課長。

緻密(ちみつ)な凹凸を形成させることで,磁気ヘッドの 浮上安定性を確保すると同時に,実効的な接触面積を低減 することで磁気ヘッドとの吸着を防止させることを狙って いる。

また,後者に関しては磁性層技術(媒体としての電気特性)にも大きくかかわるものであり,特に長手記録方式の 磁気記録媒体では,磁化の方位(磁石がそろいやすい方向) が基板円周方向に配向していることが好ましく,このテク スチャの存在は,薄膜結晶中にテクスチャに沿った膜応力 を発生させるため,磁化の方位が基板円周方向に配向する。 この配向の度合いは,テクスチャの形状により大きく左右 されるため,磁気記録媒体にとって,テクスチャ加工は製 品品質に大きくかかわる存在である。

2.2 テクスチャ表面と各特性との関係

テクスチャ加工における指標の一つに R_a(中心線平均 粗さ)がある。この R_aについては,前記目的の二つの特 性と密接な関係があり,それぞれ相反する傾向となる。図 1にその関係を示す。基板表面の R_aが低いと,磁気ヘッ ドの浮上性は良好となるが,逆に磁気配向比(OR:基板 円周方向と半径方向の磁化比率)が悪化し,磁気記録媒体

図1 磁気ヘッド浮上高さ, OR と Raの関係



としての SNR (Signal/Noise Ratio,出力信号とノイズの 比)が悪化する。したがって,磁気ヘッドの浮上性を確保 しつつ,ORを向上させるための技術開発が必要であり, 富士電機では,テクスチャ加工時の表面凹凸形状制御を 行っている。

その一例として, テクスチャ時の表面先端曲率半径と ORの関係を図2に示す。同一の Raであっても, 先端曲 率半径が小さいとOR が向上しており, 媒体特性の向上が 図られる。先端曲率半径とは, テクスチャ加工における凸 部の形状を示し, その先端がより鋭角である方が望ましい。 この形状は, 一般的には線密度で表現できるが, OR をよ り向上させるためには, 線密度を向上しつつもテクスチャ 時の山の一つ一つにおける先端曲率半径をより小さくする ことが必要となる。

この山の先端曲率半径は,加工布,スラリー(加工液と 砥粒の混合液),加工条件により決定される。

制御パラメータとしては,大きくは以下の5項目ある。

- 1 スラリーに含まれる加工液の加工性
- 2 スラリーに含まれる砥粒 (ダイヤモンド)形状
- 3 テクスチャ加工時の基板回転数
- (4) テクスチャ加工時の加工圧力
- 5 加工布の繊維材料と繊維径

これらのパラメータを適切に組み合わせることで,磁気 ヘッドの浮上性と,ORの両特性を満足し得る表面形状の 作製が可能となる。

現在,富士電機で量産している主流製品の80Gバイト 製品(60 Gbits/in²)の *R*_a は約0.3 nm であり,テクスチャ 加工時の凹凸先端曲率半径は約100 nm としている。

2.3 洗浄品質

さきに述べた OR は, テクスチャ加工後の基板洗浄品質 にも大きく左右されることが分かっており,後の磁性膜成 膜工程に投入する前段階で,より成膜応力が発生しやすく, 磁気が配向しやすい状態にしておく必要がある。すなわち, テクスチャ加工に用いられる加工液を確実に除去し,より 残渣(ざんさ)の少ないクリーンな表面状態にすることが



図 2 OR と表面先端曲率半径の関係

重要となる。

現在,富士電機では,磁性膜成膜前段階でのディスク1 枚あたりの表面残渣量を ng の単位でモニタし,媒体性能 の維持を行っている。

2.4 残**渣**低減方法

磁性膜成膜前段階での基板表面残渣を低減するための方 法としては,大きく分けて以下の3項目が挙げられる。

1 洗浄性のよいテクスチャ用加工液の使用

2 洗浄性がよくリンス性の高い洗剤

3 乾燥時の乾燥むらの低減

1 に関しては, テクスチャの加工性能を低下させること なく洗浄性能を向上させることが必要である。2 に関して は,加工液に対しての浸透性(固形物の除去),乳化・分 散性(油分の除去),さらには,NiP 表面への吸着性も考 慮した洗剤を用いる必要がある。

また,内側に穴のあいている磁気記録媒体においては, 3項の乾燥むらを低減させることが最も難しく,立上げ当 初から工夫している項目である。

現在の量産機種においては,前述したように,表面残渣 を少なくすることで,乾燥むらが発生しないように制御し ているが,より清浄な基板表面を確保するため,温純水引 上げ乾燥方式を高度化し適用している。基板を加温した超 純水水槽に浸漬し,低速で基板を引き上げることで,基板 上の残渣成分を超純水中へ拡散し,清浄な品質を得ると同 時に水槽上部に,水に比べて揮発性の高い窒素ガスや IP A(Isopropyl Alcohol)蒸気などの気体を基板に吹き付け る方式により,乾燥しみの発生しない基板を作製すること を可能としている。

2.5 次世代対応テクスチャ加工技術・洗浄技術

次世代の 120G バイト/枚以上の記録容量を有する磁気 記録媒体においては,従来以上に磁気ヘッドとの浮上ス ペースが小さくなると予想されており(5nm 以下),テク スチャ加工時の加工うねり,および洗浄品質のさらなる高 度化が必要となるため,従来技術の延長線ではなく,新た な方式も取り入れた技術開発が必要となる。

図3,図4に現行80Gバイト製品で使用されているテ クスチャ加工品と最新テクスチャ加工品における表面形状 [AFM(原子間力顕微鏡)像]と磁気ヘッド浮上特性比較 (グライドアバランシェ)を示す。従来以上に Raを低下 (0.2 nm)させつつ,先端曲率半径を小さくすることで, ORを維持しつつも磁気ヘッド浮上特性を向上させたテク スチャ技術を見いだしつつあり,次世代製品への展開を開 始している。

次世代テクスチャでは, 主に新しいタイプのスラリーと ダイヤモンド砥粒を用いることにより, 従来テクスチャ以 上に緻密で低 Ra 化を達成させた表面形状を得ることがで きており,今後は,面内での形状分布を安定させつつもス クラッチなどの異常部の少ない加工条件を見いだすことが 必要となる。 また,その他の課題もまだ多く存在しているため,さら に開発スピードを向上させる必要がある。

洗浄技術においても,記録ビットサイズの微細化に伴い, 従来以上に付着物の極少化と,付着物質の特定が必要とな り,新たな分析技術を含めた洗浄方式を早急に開発する必 要がある。

また,磁気ヘッドの低浮上化に伴い,基板自体の品質に より,テクスチャ加工条件・あるいは洗浄工程が大きく変 わる可能性もあり,基板品質も視野に入れた技術開発も並 行して実施する必要がある。

図3 基板表面形状(AFM)



図4 磁気ヘッド浮上特性(グライドアバランシェテスト)



3 磁性技術

3.1 磁気記録媒体の基本層構成

磁気記録を行う磁気記録媒体では,最適な磁気特性を得 るためのさまざまな磁性技術が取り入れられている。

図5に,長手アルミ基板媒体の層構成の一例を示す。Ni P めっきを施したアルミ基板上に,複数の金属薄膜が設け られ,その上に磁気記録媒体と磁気ヘッドとのしゅう動か ら磁気記録媒体を保護するためのカーボン保護膜が設けら れている。カーボン保護膜上にはさらに液体状の潤滑膜が 塗布され,磁気記録媒体になる。基板表面には前述のテク スチャ加工が施されている。

複数の金属薄膜は,膜厚が0.8 nm 程度から厚くても15 nm 程度ときわめて薄く設計されている。これらは互いに 結晶的な連続性を持つようエピタキシャル成長するように 成膜され,それぞれに役割を持っている。Cr, Cr 合金か らなる下地層は,その上に形成される磁性記録層の結晶方 位を基板面内に配向させるために設けられる。かつては Cr または Cr 合金の単層膜が採用されていたが,現在では より高い結晶配向性を得るために複数の Cr, Cr 合金膜の 積層構造を採ることが一般的である。中間層は, Co 合金 薄膜からなる。下地層と磁性記録層の結晶的な連続性を高 め,磁性記録層の結晶欠陥を低減するために用いられる。 磁性記録層は,実際に磁気信号が書き込まれる膜である。 一般には Co に Cr および目的・機能に応じて Pt, Ta, B などが添加された Co 合金からなる。図6に磁性記録層の 平面 TEM (透過電子顕微鏡)像を示す。磁性記録層は, 複数の Co 合金粒子の集合体である。その平均粒径はおよ

図5 磁気記録媒体の層構成例



そ7nm であり,記録密度の増加に伴い年々微細化されて

図6 磁気記録媒体の平面 TEM 像



いる。現在主流の記録密度である 60 Gbits/in² の場合,1 記録ビットの長さはおよそ 35 ~ 38 nm であり,Co 結晶 粒およそ5 ~ 6 個分に相当する。100 Gbits/in² を超えると 1 記録ビットの長さは 30 nm 前後にまで縮小されるため, Co 結晶粒径も 6 nm 前後に微細化する必要がある。一方 で Co 結晶粒径が小さくなると,熱揺らぎの問題が顕著と なる。熱揺らぎとは,周囲の熱の影響で磁気記録信号が減 衰し消滅してしまう現象である。一般に小さい磁石が磁化 をなくしやすいように,小さい Co 結晶粒ほど一度書き込 まれた磁化を失いやすい。Co 結晶粒径は記録密度と熱揺 らぎの関係を見きわめて設計する必要がある。

3.2 AFC 媒体の層構成

熱揺らぎ問題を抑制するため,富士電機では2003年か ら 60 Gbits/in² 以上の磁気記録媒体にAFC 媒体を採用し ている。AFC 媒体とは,反強磁性結合(Anti-Ferromagnetic Coupling)を利用して熱揺らぎを緩和する磁気記録 媒体である。その層構成を図7に示す。図5の中間層部分 が,安定化層と非磁性のスペーシング層に置き換わった構 造を採っている。スペーシング層の膜厚,安定化層の磁気 特性をある範囲に制御すると,安定化層の磁化方向が磁性 記録層の磁化の反対を向く。このことにより,媒体ノイズ の元となる磁気信号の増加を起こさずに磁性層全体(磁性 記録層 + 安定化層)の膜厚を厚くすることが可能となり, 熱揺らぎに対する耐久性が向上する。開発当初は信号の書 込みが難しくなる現象も見られたが,各層の組成や膜厚構 成を磁気へッドに合わせて最適化することにより,現在で は十分な書込み性能を示している。

3.3 記録密度の改善

磁気記録媒体の記録密度を高めるための磁性技術開発は, 記録密度の大小にかかわらずその方向性はほとんど変わっ ていない。すなわち,

- [1] Co 結晶粒径を微細にする。
- 2) Co 結晶粒間の磁気的な相互作用を弱める。
- 3 結晶配向性を制御する。
- 4 記録信号の熱的安定性を高める。
- が重要となる。

開発の方向性は変わらないが、記録密度の向上に伴い要

図 7 AFC 構造媒体の層構成例	汌
-------------------	---



求されるレベルは高まっている。その要求を満足するため に,合金設計,層構成設計,プロセス設計の最適化が継続 的に行われている。

3.4 合金設計

磁気記録媒体の金属薄膜には,機能に応じた多数の合金 が用いられている。

下地層については,結晶配向性が良好な純 Cr や, Cr に 結晶格子間隔を調整し Co 磁性薄膜との結晶整合性を高め るための V, Mo, W, Ti などを添加した Cr 合金, さら に結晶粒径を微細化させるための B などが添加された Cr 合金などが使用されている。最近の 60 Gbits/in²を超える 磁気記録媒体では,これらの合金薄膜 2 ~ 3 層を積層構造 とし,複数の機能を併せ持つように設計されることが一般 化している。

磁性記録層には,従来から用いられている CoCrPt 系合 金をベースに,結晶微細化,偏析構造の促進を目的とした B,結晶構造制御を目的とした Ta や Cu などが適宜添加 されている。磁性層組成の設計では,添加元素の種類とと もに,添加する量が重要となる。Co 粒子の微細化や粒子 間の磁気的相互作用低減に効果のある Cr や B の添加量を 増やすことは,媒体ノイズの低減に有効である。しかし Co 粒子の磁性が弱まるため,記録信号の熱安定性が損な われる。反対に Cr, B の添加量を少なく抑えると,熱安 定性は高められるが,媒体ノイズが抑えられない。最近で は,Cr と B の組成バランスを変えた2種類以上の磁性記 録層を積層することで低ノイズと熱安定性のバランスを保 つことが行われている。

3.5 層構成設計

これまで述べたとおり,磁気記録媒体ではそれぞれ独自 の機能を持つ金属薄膜を適宜積層成膜することにより、記 録密度の向上を行ってきた。層構成の設計をするうえでは, それぞれの膜厚や膜厚の比率に留意する必要がある。従来 から下地 Cr・Cr 合金膜の膜厚が増えるとその上に形成さ れる磁性記録層の Co 粒径が増大することが知られている。 この現象は,下地層と磁性記録層の中間にある安定化層に ついても該当する。図8に,磁性記録層のCo粒径と安定 化層膜厚との関係を示す。通常 3nm 前後に設計される安 定化層膜厚を5nmにするだけで,その上に積層される磁 性記録層の Co 粒径は8%以上増加している。結晶粒径の 増加は媒体ノイズの増加を招き,図9に示すように SNR (大きいほど記録密度を高められる)低下の一因になって いる。この例のように,磁気記録媒体の層設計においては, 薄膜層それぞれの厚さをいかにして薄く保つかということ が基本的な考え方になっている。

また,最近の磁気記録層は2種類以上の磁性薄膜の積層 構造として設計されることが一般化されているが,その膜 厚比率の設計が重要になっている。図10,図11に,二つ の磁性層を積層したときの磁気特性およびR/W(Read/ Write)特性と上側磁性層の膜厚比率との関係を示す。一

図8 Co 粒径の安定化層膜厚依存性



図 9 SNR の安定化層膜厚依存性



図10 磁気特性の上磁性層膜厚比率依存性



図 11 R/W 特性の上磁性層膜厚比率依存性



般に上磁性層は下磁性層よりも高保磁力に設計されること が多いが,両磁性層の積層比率によっては,上磁性層単層 時よりも大きな保磁力が得られる。保磁力は,磁性記録層 の磁気信号を消去するのに必要な外部磁場の大きさで,熱 安定性と記録密度の目安になる。また R/W 特性も磁性層 膜厚比率に大きく依存する。最適な膜厚の比率は磁性層組 成の組合せや,信号の書込み・読出しを行う磁気ヘッドの 能力にもよる。しかし最適な R/W 特性が得られる磁性層 膜厚比率は狭い範囲であり,膜厚比率をこの狭い範囲に制 御する成膜技術が必要である。富士電機では成膜設備・プ ロセス,膜厚管理方法の最適化を行うことにより高度な膜 厚制御を可能とし,磁性層比率変動のない磁気記録媒体の 安定生産を可能としている。また TEM 解析技術の高度化 や,高輝度放射光解析(SPring-8利用)の導入により1 nm 以下の薄膜の結晶構造解析を可能にするなど薄膜解析 技術を強化し,層構成設計の指針としている。

3.6 成膜プロセス

磁気記録媒体の磁気特性,R/W特性は,基板温度,成 膜圧力,成膜速度,基板バイアスといった成膜プロセスに も依存する。その一例として,図12に磁性層成膜時に基板 バイアス印加を行うことによるSNR特性変化を示す。こ こで用いられている磁性記録層は二つの磁性層の積層で構 成されているが,下磁性層(基板に近い方)への基板バイ アス印加によりSNR特性が向上しているのに対して,上 磁性層(基板から遠い方)への基板バイアス印加ではSN R特性の改善は見られていない。基板バイアス印加には,

特集1

図 12 SNR のバイアス依存性



スパッタ粒子のエネルギーを高め,より欠陥の少ない緻密 な膜を形成させる効果がある。また,結晶の格子間隔を変 える効果や,基板温度を高める効果も併せ持つ。これらの 効果が相互に干渉し合うことにより,基板バイアス印加の 効果が現れる膜,現れない膜,あるいは悪影響が現れる膜 に分かれると考えられる。

成膜プロセスによる媒体特性変化のもう一つの例として, 成膜前加熱による OR と基板表面うねりの変化の様子を図 13に示す。②章で述べたように,基板円周方向と半径方 向の磁化比率である OR は,磁気記録媒体の R/W 特性に 大きな影響を与える。OR 発生のメカニズムには諸説ある が,その一つとして薄膜内の応力に起因して導出されると 考えられている。成膜工程では基板を真空装置内に挿入し てから成膜前に 200 ~ 250 程度に加熱する工程が含まれ る。この成膜前加熱は薄膜への応力を発生させたり薄膜の 結晶方位を変えたりする効果を持つ。その結果, OR も基 板加熱の温度により変化すると考えられている。図13から も分かるように,基板加熱温度には最適な範囲が存在する。 また,過剰な基板加熱は,基板表面の形状を変化させてし まう。このことによりせっかく得られた最適なテクスチャ 形状が乱れてしまう。また基板表面の粗さが増加するため, 磁気ヘッドの浮上特性にも影響を与え,結果として良好な R/W 特性が得られなくなってしまう。加熱温度の最適化 もまた,基板バイアスの最適化同様,記録密度向上のため に重要なプロセスとなる。

成膜プロセスの最適解は層構成や合金組成によって異なる。富士電機では世代とともに変わりゆく層設計,合金設計に応じて成膜プロセスの最適化を行い,媒体特性を最大限に引き出すことを可能としている。

3.7 次世代対応磁性技術

表1に,2002年末に量産化された初期の60 Gbits/in²ク ラスの磁気記録媒体と,2004年2月に量産化された磁気 記録媒体のR/W特性比較を示す。2004年の磁気記録媒体 にはAFC構造が採用されており,下地層の多層化,磁性 層組成の見直しなどが行われている。さらにその層構成,





表1 新旧磁気記録媒体の特性比較

	2002年末	2004年2月
SNR	15.98 dB	17.15 dB
上書き特性	- 28.7 dB	- 30.4 dB
分解能	59.1%	63.1 %
出力減衰率	- 0.35 %	- 0.26 %

組成に合わせたバイアス,加熱プロセスの最適化が行われ ている。その結果,2004年の磁気記録媒体は2002年当時 の磁気記録媒体より優れた R/W 特性を示している。熱安 定性の目安となる出力減衰率も AFC 化と磁性層組成の見 直しにより改善されており(絶対値がより小さい),高記 録密度化に有効であることが分かる。現在ではさらなる磁 性層組成の見直しを行い,より優れた特性を有する磁気記 録媒体が開発されている。90 Gbits/in²への適用を目指し 最終調整を行っている段階である。

今後 100 Gbits/in² を超える記録密度を実現するために は, さらなる特性改善が必要となる。磁性技術としての大 きなポイントは前述のとおり,熱安定性を維持しながら結 晶粒径の微細化を図ることである。現在,富士電機では, 下地層,磁性記録層組成の見直しによる結晶粒径の微細化, AFC構造,磁性層組成の見直しによる熱安定性の確保を 検討している。成膜プロセスにおいては,磁気記録媒体面 内の磁気特性の分布をより均一にする成膜方法を検討し, 総合的な媒体特性の向上を目指している。また,成膜中の 真空雰囲気をより清浄に保つことにより金属薄膜内の結晶 格子欠陥を低減し,媒体特性を改善することも検討してい る。

257 (15)

4 ヘッドディスクインタフェース

4.1 保護膜

磁気ディスク装置の記録密度向上のために,書込み信号 を微小化しさらに有効な読み書き信号強度を得ようとする ために,図14に示す磁気ヘッドから磁気記録媒体の磁性層 までの間隔(磁気スペーシング)を低減することが効果的 である。その一例として,図15にカーボン保護膜の厚さと R/W特性との関係を示す。カーボン保護膜を薄くすると, 磁気スペーシングはより狭まることになる。このことに よって,SNRをはじめとする諸 R/W特性値が改善される 様子が分かる。磁気スペーシングを減らすためには,磁気 ヘッドの浮上量を低くすることと,保護膜の膜厚を薄くす

図 14 磁気ヘッドと磁気記録媒体の断面構造



図 15 R/W 特性と保護膜厚の関係



ることが必要である。これを実現するためには,年々低下 する磁気ヘッドの浮上量に対応したグライド特性表面を前 述の基板加工技術によって作り上げるとともに,薄くても 十分な耐食性・耐久性を持つ保護膜・潤滑膜が要求される。

富士電機ではホロカソード型 CVD (Chemical Vapor Deposition)方式による保護膜を適用して,スパッタカー ボン膜では達成できない薄膜での耐食性と耐久性を確保し ている。保護膜中の水素量および窒素量は膜密度などの膜 質を変えて摩耗特性に影響するとともに,表面電位や後述 する潤滑膜と相互作用して磁気ヘッドの浮上性に影響する ことが分かっている。保護膜表面の窒素量を変えたディス クにグライドヘッドを浮上させたときの浮上ノイズを図16 に示す。窒素添加により浮上ノイズの減少が確認された。 このようなヘッドの浮上性や耐摩耗・耐食性を考慮した膜 中の水素量および窒素量の最適化とディスク面内の均一化 を行うことで,2.5 nm 厚での信頼性に見通しを得ている。 さらに2nm 以下の厚さでも耐久性と耐食性を満足する保 護膜として, sp³結合性炭素に富む緻密な ta-C (tetrahedral amorphous Carbon)に着目して FCA (Filtered Cathodic Arc)法で成膜した保護膜の検討評価を行っている。

4.2 潤滑膜

現在,磁気ディスクの摩擦摩耗信頼性は,保護膜とその 上に1~2nmの厚さに塗布されたフッ素系の潤滑膜 PFP E(Perfluoropolyether)との相乗機能で確保されている。 高記録密度化に伴う保護膜の薄膜化とヘッド浮上間げきの 減少のために,潤滑膜についても薄膜での機能性に着目し た材料検討がなされている。

磁気ヘッドの低浮上化は,潤滑膜に与えるヘッドスライ ダ下の空気振動の影響を強め,また突発的な表面接触の機 会の増加をもたらし,それらによって潤滑膜の部分的な凹 凸(モーグル)やヘッドスライダへの移着を発生させるこ とがある。その結果,磁気ヘッドの浮上安定を阻害して読 み書き信号の出力変動を生じさせる。潤滑膜材料と保護膜 との結合性に着目して調査した例を図17,図18に示す。結 合性の強い潤滑膜は,ヘッドを設計浮上量からさらに低浮 上させても潤滑膜の凹凸化は発生しにくい。また,塗布後





図 17 潤滑膜の凹凸化



図18 潤滑膜-保護膜の結合性とヘッドへの移着量



の表面処理を施すことによって,スライダ面に移着する潤 滑膜の低減を図ることができる。

一方,潤滑膜に要求される摩擦摩耗の低減には,保護膜 表面をいかに覆い続けるかということが重要である。高速 回転時や温湿度ストレス環境でも潤滑膜が散逸せず,CSS (Contact Start Stop)時のヘッドとディスクの接触による 潤滑膜の損失を抑えることと,損失した部分を修復する適 度な拡散性が必要である。富士電機では,潤滑膜の拡散性 を短時間に評価する手法を確立するとともに,各種末端基 が異なる PFPE 潤滑膜を評価し(表2),ドライブデザイ ンの特徴に対して潤滑膜の最適化を進めている。

また,独自な潤滑材料の精製技術を開発し潤滑膜の高品

表2 潤滑膜材料の拡散係数



質化と高機能化を目指している。

5 あとがき

長手アルミ基板媒体は,ガラス基板媒体に比べると耐衝 撃特性が劣ることから,その用途が限定される。そのため 大幅な需要増は見込めないものの,現在の市場規模を維持 しつつ推移することが予想されている。また,長手記録の 原理的な記録密度の限界が議論されて久しいが,量産レベ ルで100 Gbits/in²を超えることは時間の問題であり,200 Gbits/in²を目指した開発が続けられている。生産コスト 面ではまだまだ他の媒体に対する優位性を保ち続けており, またここで培われた要素技術はガラス基板媒体や次世代記 録方式として実用化目前の垂直磁気記録媒体にも応用され ている。長手アルミ基板媒体の技術開発はますます重要度 を増しているといえる。富士電機においても長手アルミ基 板媒体の限界に挑戦すべく技術開発を継続し,情報社会を 支えていく所存である。

参考文献

- 大沢通夫.HDD 用磁気記録媒体の結晶学的評価と磁気特性.第51回応用物理学関係連合講演会(2004 年春季)講演 予稿集.p.50.
- [2] 中澤眞一,川久保洋一.磁気ディスク上の潤滑剤の移動/ 修復特性及びヘッド磨耗特性に対する影響.日本トライボロ ジー学会トライボロジー会議予稿集.東京,2004-5, p.157-158.
- [3] 熊崎博文.磁気記録媒体上の潤滑層流動特性評価方法.日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集.東京, 2004-5, p.159-160.



*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。