

ガラス磁気ディスク媒体の開発

増田 克也(ますだ かつや)

安宅 豊路(あたか とよじ)

中村 吾(なかむら さとる)

1 まえがき

現在のハードディスク装置（HDD）に搭載される磁気ディスク媒体は、基板材料としてアルミニウム基板（アルミ基板）とガラス基板の2種類に大別される。ガラス基板の最大の特徴は高剛性である。よってガラス磁気ディスク媒体は耐衝撃性を求められるモバイルノートパソコン市場や高速回転時に問題となる TMR（Track Miss Registration）抑制の鍵である高フラッタ特性を生かした高速サーバ市場が中心である。そして近年では AV（Audio-Visual）製品や携帯機器などの新しいアプリケーションへの HDD 搭載およびインターネットの普及による大容量・高速サーバの需要拡大が見込まれており、これに伴いガラス磁気ディスク媒体の需要拡大も期待されている（図1）。

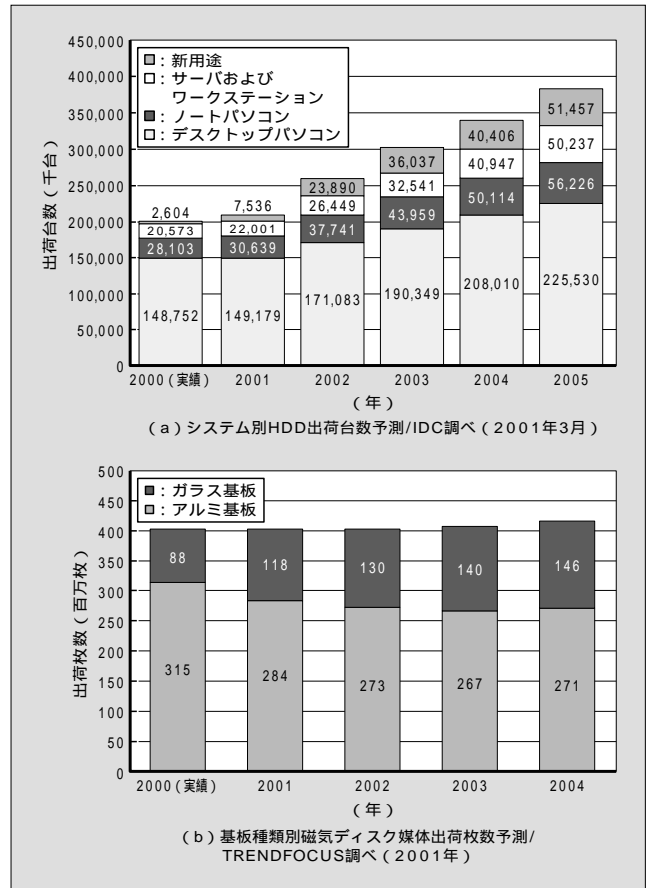
本稿では、富士電機のガラス磁気ディスク媒体の開発状況について記述する。

2 異方性媒体と等方性媒体

アルミ磁気ディスク媒体は、アルミ基板上に NiP 電解めっきが施され、その表面の円周方向に機械的なテクスチャ加工処理を行っている。成膜の過程で、そのテクスチャの方向へ磁気記録層である Co 合金層（hcp 構造）の c 軸（磁化容易軸）が円周方向へ配向し、いわゆる異方性媒体となる。c 軸が円周方向へ配向すると円周方向の M_{rt} （残留磁化）が高くなり、OR- M_{rt} （配向比：円周方向の M_{rt} と半径方向の M_{rt} との比）、および円周方向の S （角形比 = M_r/M_s ）が高くなる。

アルミ磁気ディスク媒体の異方性については、磁性層は基板および下地から応力を受け、磁気異方性が増大し保持力が増大することが報告されている⁽¹⁾。さらに c 軸面内配向性との相関についても報告されている⁽²⁾。またアルミ磁気ディスク媒体は、NiP のテクスチャによる形状ひずみによって、その上の Cr（110）の格子間隔が円周方向へ縮み、その際 Cr（200）面は円周方向に短い長方形となり、その上の Co（110）が相似的に成長し、c 軸が円周方向へ優先

図1 HDD および磁気ディスク媒体の市場予測



的に配向すると考えられている⁽³⁾。これらのことより異方性導出に必要なアイテムは以下のとおりと考えられる。

- (1) テクスチャ処理と基板加熱（または基板バイアス）による Cr（110）の形状ひずみの誘導
- (2) 下地層 Cr（200）配向
- (3) シード層材料の選定

一方、ガラス磁気ディスク媒体ではいわゆる等方性媒体がこれまで主流である。ここでの等方性媒体とは、基板の表面形状は面内で等方的な処理とし、磁気記録層である Co 合金層（hcp 構造）の c 軸が面内にほぼ等方的（ラン



増田 克也
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)第一開発部グループリーダー。



安宅 豊路
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)第一開発部。日本応用磁気学会会員。



中村 吾
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)第一開発部。

ダム)に存在し、磁氣的にほぼ面内等方性を有していることをいう。c軸がほぼ面内等方であるため、OR- M_{rt} は、ほぼ1となり、円周方向のSは異方性媒体より低くなる傾向にある。

異方性媒体と等方性媒体とを比較すると、磁気特性は同様な磁性材料および層構成を用いた場合、異方性媒体のほうがOR- M_{rt} 、 H_c (保磁力)、Sおよび S^* (H_c 近傍のM-Hループの傾き)は高くなる傾向にある。この場合、 M_{rt} とほぼ比例して変化するTAA (再生出力)を同様にする場合、異方性媒体のほうが等方性媒体に比べ磁性層膜厚を薄くできる。この場合、従来より高密度記録に対応する磁化遷移幅 M_{rt}/H_c を小さくできる。磁性層膜厚が薄いと、磁気ヘッドを用いた電磁変換特性における媒体ノイズやオーバーライト (データの上書き特性)を良好にすることができる。等方性媒体のメリットとして、高密度記録時の媒体ノイズが挙げられている。しかし、富士電機で確認した範囲では、異方性媒体のほうが低周波数域で特性が非常に良好であり、高周波数域においても優位である (図2)。一方、オフトラック特性においても等方性媒体のほうが有利とされてきたが、富士電機で確認した範囲では、異方性媒体は遜色 (そんしょく) ない (図3)。

また、熱ゆらぎ特性においては、同様な磁性材料および層構成を用いた場合、磁性層膜厚が薄い分、異方性媒体は等方性媒体より不利とされるが、AFC (反強磁性結合) 構造を用いることで、カバーできると考えられる。他方、

図2 SN比の周波数特性 (異方性媒体と等方性媒体)

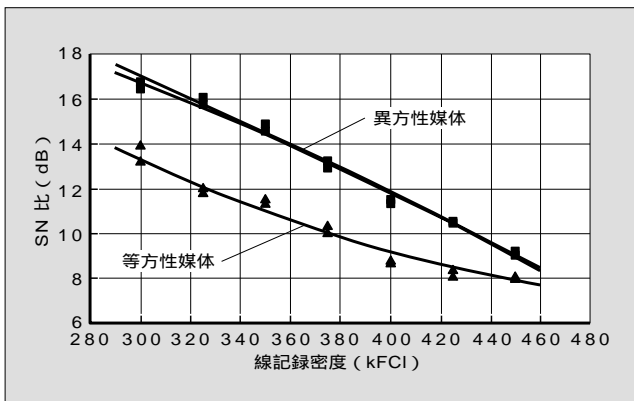
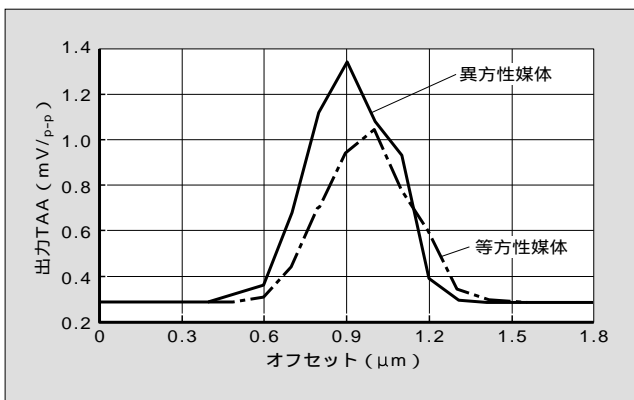


図3 オフトラック特性 (異方性媒体と等方性媒体)



等方性媒体では、AFC 構造を利用した製品がすでに市販されている。それは、異方性媒体以上に媒体ノイズを下げる必要性から材料、磁性層膜厚またはプロセスを変更した結果、熱ゆらぎ対策が必要となったためではないかと考えられる。

③ ガラス異方性媒体

現在、ガラス基板を用いて異方性媒体を作製するためにはガラス基板の上といったNiPなどのシード層成膜を行った後、これ以降はアルミ磁気ディスク媒体と同様にしてテクスチャ加工を施し、さらに磁性層などの成膜を行う手法が用いられている。しかしながらこの手法では、従来の工程に対しシード層を成膜するための成膜装置を追加で準備する必要があること、またテクスチャ加工に耐えられる程度に厚くシード層を成膜する (80 ~ 150 nm) 必要があり、かなりのコストアップとなってしまふ。

今回、富士電機が採用・開発した手法は、ガラス基板に直接テクスチャ加工を施したのちにシード層から磁性層、保護膜までを同一プロセス内で成膜を行うことにより、従来のアルミ基板における異方性媒体と同様に1回(1パス)成膜プロセスにてガラス基板上でも異方性媒体を実現するというものである。これにより従来方式と比較し、より安価に高い電磁変換特性が見込めるガラス異方性媒体を作製することが可能となった (図4)。

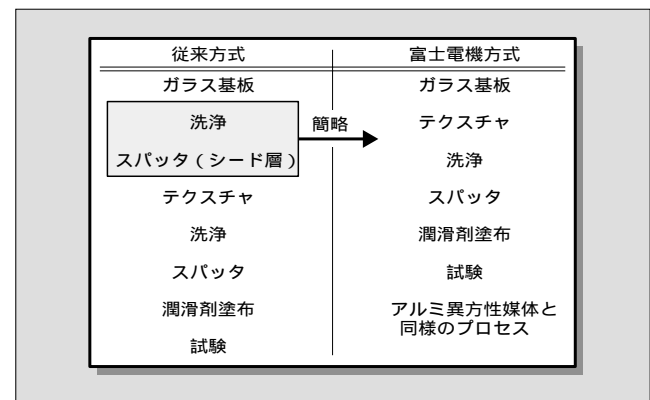
3.1 ガラス基板上のテクスチャ加工技術開発

アルミ基板 (NiPめっき) 上におけるテクスチャ加工に対する要求特性はおおよそ次のとおりである。

- (1) 表面粗さ (R_a) の低減
- (2) 均一加工性
- (3) 研削性の向上

磁気ディスク媒体の表面粗さはテクスチャ加工によってほぼ決定される。さらなる高容量・高記録密度化における磁気ヘッドと磁気ディスク媒体のスペーシングロス低減のために、磁気ディスク媒体表面の粗さや微小うねりを低減していく必要がある。また加工によって発生する加工むらやバリは磁気ヘッドの浮上安定性の阻害や磁気ヘッドと磁

図4 ガラス異方性媒体のプロセス比較



気ディスク媒体の衝突によりサーマルアスペリティ問題や磁気ヘッド破壊の一因となる。近年では3.0 nm程度の、従来では浅いと考えられていたスクラッチにおいても表面欠陥として認識されたり、磁気ヘッドの微量な劣化に伴う後発エラーとして認識される。テクスチャ加工では加工する前に存在する基板ポリッシュ痕（こん）などを研削により取り除く役割もあるため、ある程度の研削量を維持しつつ表面粗さの低減、加工性の均一化を追求しなければならない。ガラス基板におけるテクスチャ加工も上述した内容を念頭に開発しなければならないことはいうまでもない。

ガラス基板はアルミ（NiPめっき）基板と比較して高剛性、低熱膨張係数であることが特徴であり、ガラス基板へのテクスチャ加工技術を確立するためにこの2点を考慮する必要がある。前述したとおり、異方性を付与するためにはテクスチャの形状ひずみが重要なパラメータになる。特にCr下地膜の結晶粒径がテクスチャの微細な溝の半幅よりも小さい場合に結晶格子がひずみやすく、面内磁気異方性が誘導されると報告されている⁽⁵⁾。ガラス基板は熱膨張などによる形状ひずみ量が小さいため、アルミ基板同様の配向性を実現するためには、テクスチャのライン密度をアルミ媒体以上にする必要がある。図5にテクスチャライン密度とOR- M_{rt} の関係を示す。

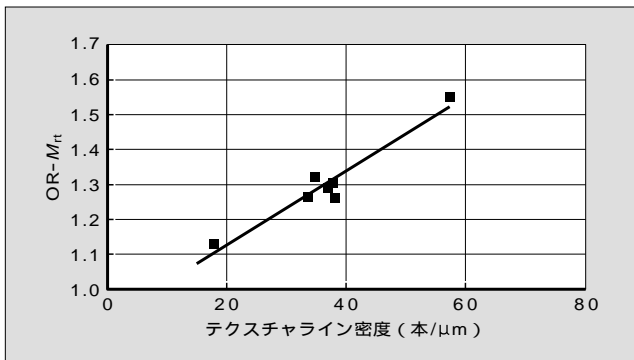
また、ガラス材は高硬度であるため研磨性を向上させるためにはエッチング性の高い加工液が必要となる。しかしながら、このような加工液を使用すると実際にはテクスチャ形状自体をエッチングしてしまい、ライン密度の低下・配向性の低下を招く。逆にエッチング性の低い加工液を用いるとライン密度は向上するものの、加工によるバリが多数発生しグライド品質が低下する。

ライン密度を維持・向上させつつバ리를低減できる材料検討・加工条件最適化を行い、さらにバ리를除去するためのプロセスを開発し実用化にめどづげができてきている(図6)。現在では次世代機種を想定した低 R_a 化、高ライン密度化、加工均一性の向上に取り組んでいる。

3.2 成膜プロセス開発

アルミ媒体にしる従来のガラス異方性媒体にしる、NiPなどのアモルファス層にテクスチャ加工を施している。本手法ではガラス基板の上にテクスチャ加工を施した後、アモ

図5 テクスチャライン密度とOR- M_{rt} の関係



ルファスシード層などを成膜することが特徴であり、成膜プロセス内では、このシード層形成が配向性を制御するうえで最も重要といえる。

シード層成膜において重要なパラメータは以下のとおりである。

- (1) シード層材料の選定
- (2) シード層膜厚の最適化
- (3) 反応性ガスの導入

図7に上記重要因子とOR- M_{rt} の関係を明らかにする。シード層材料はアモルファス形態を安定して得られる材料（微結晶になりづらい）が最も良好なOR- M_{rt} が得られる結果となっている。また、本手法ではテクスチャ加工後にシード層を成膜するためシード層膜厚はこの表面形状を損なわない厚さにする必要がある。逆に薄すぎるとガラス基板特有のアルカリ溶出が抑制できないためこの点も注意が必要である。シード層膜厚は適用する材料によっても最適な膜厚が異なることも見逃せない。このシード層上に下地

図6 テクスチャ加工の最適化

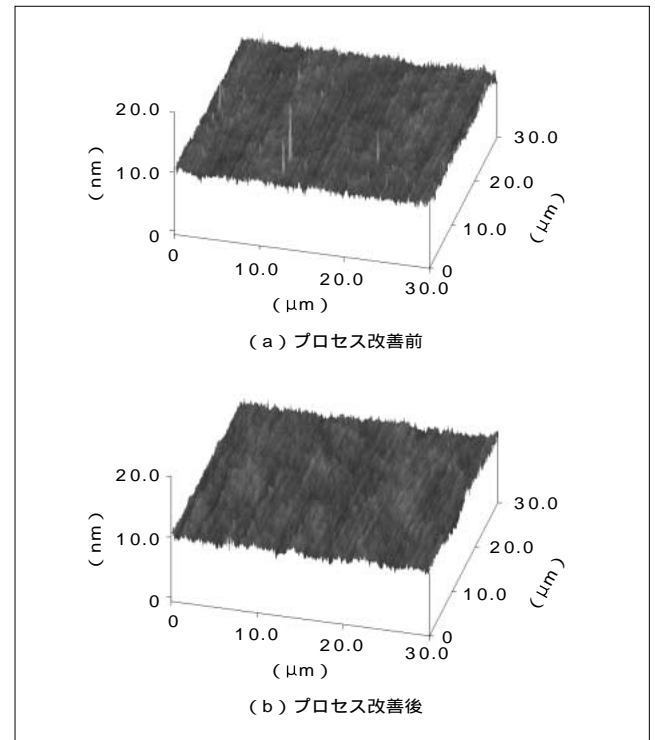


図7 シード層成膜の重要因子とOR- M_{rt} の関係

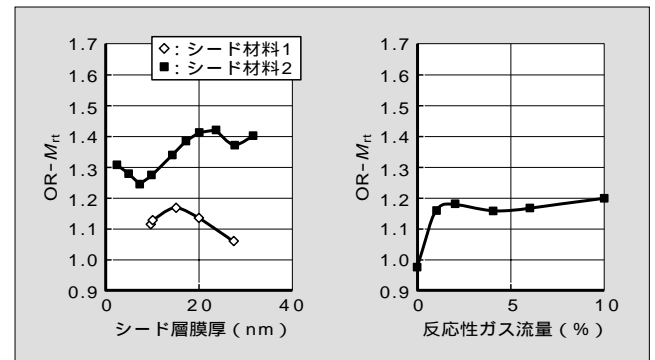
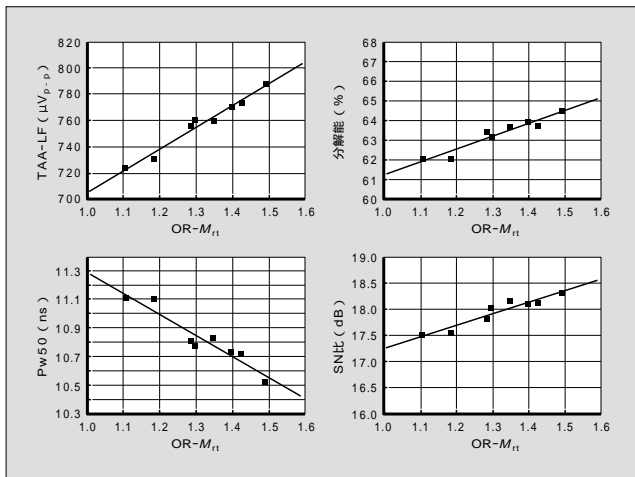


図8 OR- M_{rt} と電磁変換特性の主要パラメータの関係



層であるCrを(200)優先配向させるためには反応性ガスの導入が必要である。このガスが表面におけるCr成長核となり、異方性付与に適切なCr配向を促すものと推測する。このガス導入もガス種や流量、導入手法によってOR- M_{rt} を向上できることが判明している。

OR- M_{rt} 向上はガラス基板材の特性(熱膨張係数など)、テクスチャ加工による表面形状、シード層成膜手法などにより決定される。ガラス基板の熱膨張係数などはHDDに使用されるクランプ材などによりその要求特性が決定されるものであり、媒体メーカーとして容易に変更できるものではない。またテクスチャ加工も現在 $R_a = 0.3\text{nm}$ まで低下しており、さらなる低 R_a 高ライン密度化は難しい。よってシード層成膜プロセスにおけるさらなる最適化を行いOR- M_{rt} の向上を図る必要がある。

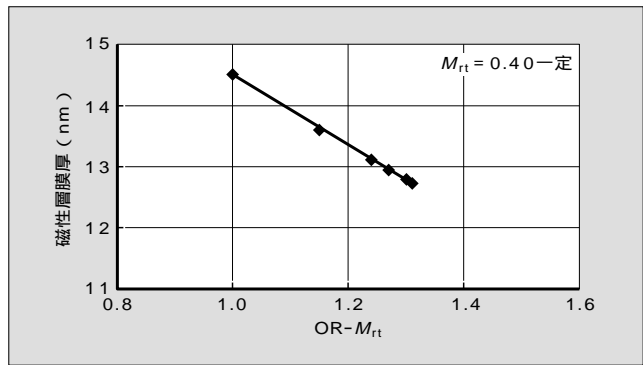
3.3 配向比 (OR- M_{rt}) と電磁変換特性の関係

図8にOR- M_{rt} と電磁変換特性の主要パラメータの関係を示す。この評価ではテクスチャ条件によりOR- M_{rt} を変更させており、成膜条件や他のプロセス条件は一定としている。

前述したとおり、Co粒子が円周方向へ優先配向することにより、信号出力(TAA)が向上することが分かる。また分解能や半値幅(P_w50)などに代表される周波数特性も向上している。高周波数において十分な信号出力が維持できることからSN比は向上している。また、信号出力は磁性層膜厚に比例することが分かっているためOR- M_{rt} が良好なものは薄い磁性層膜厚で同等の出力を得ることができる(図9)。磁性層を薄膜化することによりノイズ自体も低減できることを考えるとOR- M_{rt} 向上の重要性が改めて認識できる。

電磁変換特性の向上については、下地層や磁性層の材料開発やプロセス開発が重要となる。ガラス等方性媒体とア

図9 OR- M_{rt} と磁性層膜厚の関係



ルミ異方性媒体では特性向上における開発コンセプトが若干異なるが、ガラス異方性媒体であればより多くの技術を共有化できる点も本手法を採用した利点といえよう。

4 あとがき

以上、富士電機のガラス磁気ディスク媒体の開発状況を紹介した。HDDは従来のパソコン市場からAV用途を代表とする民生機器への導入が期待されており、すでに製品化されているものもある。当然のことながらこの中でモバイルとして使用される製品へのHDD搭載も検討されており、ガラス磁気ディスク媒体の市場拡大も期待される。

ガラス磁気ディスク媒体の市場拡大には諸特性の向上と低コスト化が重要である。富士電機が採用・開発した本手法は両者を両立しており、非常に有効な技術であると考えられる。

しかしながら、基板状態でガラスはアルミニウムよりも高価である。このコストが低減できれば、アルミ磁気ディスク媒体の代替としての市場も開けるであろう。

今後は低コストガラス基板の検討も含め、さらなる低コスト化を推進するとともに諸特性の改善・向上に取り組む所存である。

参考文献

- (1) 屋久四男ほか. CoCrTa 面内磁気記録媒体の歪と保磁力. 日本応用磁気学会誌. vol.19, 1995, p.77-80.
- (2) 寺西秀明ほか. CoCrTaPt 薄膜磁気記録媒体の面内の結晶学的構造と保磁力. 日本応用磁気学会誌. vol.21, 1997, p.209-212.
- (3) 高橋克典ほか. CoCrPtTa 薄膜媒体の面内磁気異方性と微細構造. 日本応用磁気学会誌. vol.24, 2000, p.283-286.
- (4) Zhu, Jian-Gang. Micromagnetics of Thin Film Media. Magnetic Recording. McGraw Hill. 5.29.
- (5) 村尾玲子ほか. 薄膜媒体の面内磁気異方性の考察. 日本応用磁気学会誌. vol.25, 2001, p.615-618.



*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。