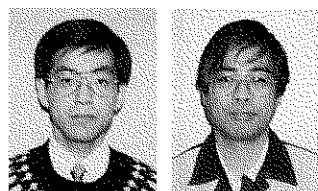


高密度磁気記録用ガラスメディア

HOYA 株式会社材料研究所 堀川 順一

HOYA 株式会社エレクトロニクス事業部 鈴木 勲



Glass Media for High Density Magnetic Recording

Jun-ichi Horikawa

Materials Research Laboratory, HOYA Corporation

Isao Suzuki

Electronics Division, HOYA Corporation

Abstract

Hard disk drive (HDD) which is the main outer memory device of computer is always required to improve its performance so aggressively. Moreover, recent demand for HDD is the size of drive should be smaller but the memory capacity of drive should be higher. Then, it is really necessary to achieve higher recording density, now. These progress in HDD will be supported by glass magnetic disk. The nature of glass have many advantages for these advanced application in HDD against metal material. Glass disk can achieve lower flying height to get higher recording density, better shock resistance and better recording characteristics.

1. はじめに

コンピューターの外部記憶装置として中心的位置を占める磁気ディスク装置は、IBM-350 (1957年)の出現以来、大容量化と高記録密度化の一途をたどってきた。その過程で、基本的な技術要素としてディスク面からの磁気ヘッドの浮上高さ(フライングハイト)の低下が追求され¹⁾、現在では小型磁気ディスク装置において $4\mu\text{m}$ (約 $0.1\mu\text{m}$)を切る時代に入ってきている。さらに、最近の磁気ディスク、特に小型磁気ディスク装置の高密度記録化および携帯型コンピューターの普及に伴い、その要求はますます厳しいものになりつつある。

そうした中で、この磁気ヘッドの浮上高さを決める一要素である基板材料に関して、従来用いられているアルミ基板とは異なる基板材料による磁

気ディスク用メディアの検討が積極的に進められている²⁾³⁾⁴⁾。

最近では特に、多くの優れた特徴を有するガラス基板を用いた磁気ディスク用メディア(以下ガラスメディアと呼ぶ)が着実に進展し⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾、現在ではすでに一部が市場に出現する段階となっている。

本報告では、新しい基板としてのガラス及びそれを用いた当社製メディアの特長について述べる。

2. 磁気ディスク用ガラス基板の特徴

磁気ディスク用基板としてさらに高記録密度化を実現するために期待される新しい基板に対する特性や技術的要求は様々であるが⁹⁾、特に以下の2点があげられる。

①平滑、平坦なディスク面を実現することにより、これまで用いられてきているNiPメッキを有するアルミ基板(以下アルミ基板と呼ぶ)よりも

〒196 東京都昭島市武蔵野 3-3-1

HOYA(株)材料研究所

容易にフライングハイトを低下させ、磁気ヘッド・メディア間のスペーシング低下による記録密度向上を実現すること。特にメディアが小径化しても一定の記憶容量を保持する必要があるため、この特性がより重要な意味を持つ。

②よりいっそうの薄型メディア及び小型磁気ディスクの実現・利用のため、基板に起因するメディアの機械的特性を向上させること。

ここで、①で述べた要求項目である平滑、平坦なディスク面を決定する第1の要因は、基板表面の加工（研磨）特性である。

磁気ディスク用基板は、一般に表面平滑化のために砥粒による研磨加工を行う⁹⁾。研磨の際の砥粒による応力に対して、陽イオンが電子雲に囲まれている金属結合においては、イオン配列のすべりが起こり易く、塑性変形を生ずる。このため金属では加工歪層が深くなり、いわゆるバリや異常突起が研磨工程後に残り易い。一方でイオン結合と共有結合の中間的性質を有するガラスでは、塑性変形が起こりにくく、組成変形を伴わない脆性破壊による研磨加工となるため¹⁰⁾、加工歪層が浅く、しかもバリや異常突起が発生しない。このため、ガラスは本質的に表面平滑性を得易い材料となっている。磁気ディスク用のガラス基板でも、表面粗さで言うなら Ra~1 nm 程度は比較的容易に得られる。

さらに、磁気ディスクの表面状態において信頼性上最も重要視されることは平均的な表面粗さよりもむしろ「異常突起」であり、これが磁気ヘッドスライダの浮上補償値（磁気ヘッドスライダとメディアが「ヒット」しない浮上高さ）すなわちグライドハイトを決定し、また磁気ディスクの高記録密度化に必要な、磁気ヘッド浮上量の低下を阻害する最大の要因となる。異常突起に関しては、基板からメディアさらには磁気ディスク装置製造のプロセス中の取扱いが全て要因となるが、基板材料としてのガラスの有利な点は、上記に述べた加工特性に加えて、ガラスがアモルファス構造を有するため金属間化合物に起因するような欠陥や不純物の析出が無く、異常突起が発生しないということがあげられる。

②の機械的強度に関しては、Table 1 にアルミ

基板と化学強化用に開発されたアルミノシリケートガラス (N5) の特性を比較した。参考までに硝種の異なる SLW (ソーダライムガラス) についても掲載した。尚、この種の比較表は様々なところで紹介されており、測定方法・条件により若干異なるが、傾向は同じである³⁾¹¹⁾。

表からわかるように、N5 ガラス基板のヌーブ硬度はアルミよりも遙かに高い。アルミ基板の場合はこの硬度を補うため NiP をメッキするが、その厚さは 10~20 μm 程度である。このためアルミ基板を用いたメディア（以下アルミメディアと呼ぶ）の場合、Al₂O₃-TiC や CaTiO₃ などの高硬度を有する磁気ヘッドスライダがメディアに衝撃を与えた際に圧痕を生じ、記録情報を破壊してしまう場合がある。一方、ガラス基板では、基板自体が高硬度を有し、しかも塑性変形を起こさないため、こうした磁気ヘッドスライダの圧痕を発生し難い。従ってガラス基板は対衝撃性に優れ、データ破壊につながる可能性が非常に低い。

磁気ディスク用ガラス基板には結晶化ガラスと強化ガラスの2種類があり、各メディアメーカーにより検討がなされているが¹²⁾、当社の場合は、化学強化用に開発されたアルミノシリケートガラス (N5) を磁気ディスク用基板として使い、化学強化により基板表面に薄い圧縮応力層（基板厚 35 mil の場合、強化層約 150 μm）を形成することにより、強度に関する信頼性を向上させている¹³⁾¹⁴⁾。

さらに化学強化工程は、ガラス基板の強度を向上させると同時に、拡散し易い小径のアルカリイオンを大径のアルカリイオンと置換させるため、基板自身の化学的耐久性も向上させている。

3. ガラスメディアの特性

すでに前項で述べた如く、アルミ基板に比べてガラス基板が、①硬い②表面平滑等の特徴を有することから、ガラス基板を用いた磁気ディスクメディアの特長として反映されるのは、主として次の点である。

①高ショック耐性

②低グランド化、低ノイズ化、

低モジュレーション

以下、これらの特徴を表す結果をいくつか紹介

Table 1 Properties of glass substrate

	ITEM	Sodalime glass (SLW)	Almino silicate glass (N5)	Aluminum
Thermal properties	Thermal expansion coefficient ($\alpha_{50-200^{\circ}\text{C}} \times 10^{-7}$)	94	91	242
	Annealing temperature ($^{\circ}\text{C}$)	542	562	
Optical properties	Refractive Index (n_d)	1.52	1.53	
Chemical durability	Weight loss [%] (pure water 100°C , 1 hr)	0.050	0.027	
	Weight loss [%] (0.01N HNO_3 100°C , 1 hr)	0.028	0.010	
	Weight loss [%] (5% NaOH 80°C , 1 hr)	0.13	0.037	
Mechanical properties	Specific gravity	2.50	2.52	2.66
	Young's modulus [kg / mm^2]	7000	8510	7240
	Modulus of rigidity [kg / mm^2]	2870	5230	
	Poisson ratio	0.22	0.23	0.33
	Knoop hardness [kg / mm^2]	540	626	70
	Lapping hardness	88		
Electric properties	Surface resistance [Ω]	6×10^9		*NiP Knoop hardness : ~500 kg / mm^2
	Electric resistivity [$\Omega \cdot \text{cm}$]	1×10^{12}		

する。

Fig. 1 は、アルミメディアを使用した磁気ディスク装置に対して、ドライブを動作させない（ディスクを回転させない）状態で、衝撃試験機（落下方式、衝撃は加速度センサーにより検知）によりショックを与えた場合に発生するヘッドとメディアの衝突圧痕を示したものである。アルミメディアの場合、明らかに衝突による「窪み」が出来ており、データ破壊の発生が容易に推察される。一方、ガラスメディアの場合にはこうしたダメージが見られない。

Fig. 2 は、上記と同様の衝撃試験を行った際に発生するエラー（データ破壊）の量を示したものである。ここでは、ドライブ静止時と動作時の両者について示している。ガラスメディアの場合、ディスク静止時にはショックレベルが400Gまでエラーの発生が認められないが、アルミメディアの場合、300Gから多数のエラー発生が起こっている。ディスク動作時の場合にはガラスメディアでもエラー発生が起こるが、アルミメディアに比べて格段に少ない事がわかる。

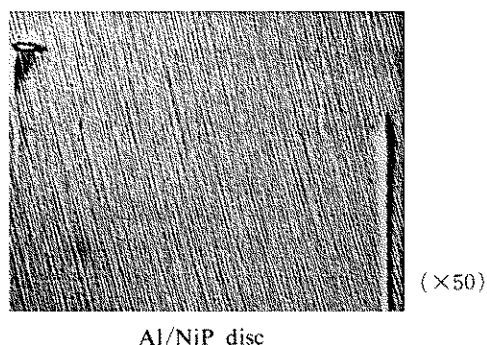


Fig. 1 Shock test in drive
Thin Film Head 300G, 5 msec, parked
condition
No damage is observed on Glass disc.

この結果からわかるように、ガラスメディアはアルミメディアに比べて非常にショック耐性が高い。磁気ディスクの小径化のトレンド、特に2.5インチ以下の磁気ディスクの普及は、ノートブックパソコンに代表されるような携帯型コンピュータの普及によるところが大きい。従って、この様なショック耐性が、磁気ディスク信頼性の非常に重

重要な要素になっており、その意味でもガラスメディアの特徴が活かされている。

一方、ガラス基板の表面平滑性を利用すると、グライドハイトを低下させることが出来る。Fig. 3はその一例である。このグライドハイトは磁気ヘッドスライダーにピエゾセンサーを取り付け、浮上量を徐々に低下させた時に、「ヒット（グライドヒット）」をピエゾからの電気信号として検出することにより、ヒットが観察された時の浮上高さ（図中ではこれをGlide heightとしている）を調べたもので、約 1.2μ ”となっている。最近の2.5インチメディアのグライドハイトは 2μ ”付近まで低下してきているが、この結果から予想されるように、ガラスメディアの場合、今後さらに低下させることが可能である。

ただし、今後さらに低下するグライドハイトあ

るいはフライングハイトに関しては、こうした微量の測定・評価手法についてさらに追求する研究開発が不可欠であり、同時に信頼性との関連を掘り下げながらの技術開発を合わせて進める必要がある。

Fig. 4は、ガラスメディアとアルミメディアのモジュレーションを比較したものである。写真は、ディスク1周分の再生出力エンベロップを示している。ガラスメディアの場合、アルミメディアのような機械的なテクスチャ（摩擦係数軽減のための研磨溝）を施していない事にも起因し、エンベロップ上の細かな凹凸が小さく、ガラス基板の表面平滑性と相まって非常に良好なモジュレーションを示すことがわかる。

Fig. 5は、記録再生時のノイズスペクトラムである。ここでは一般的なメディア用磁性材料であ

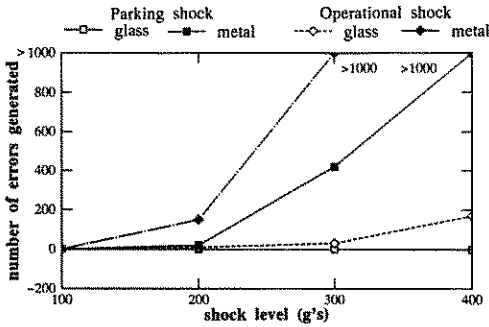


Fig. 2 Generated errors vs shock level in drive Plastic response (dark) versus elastic strong solid response (open) to head impact caused by shock

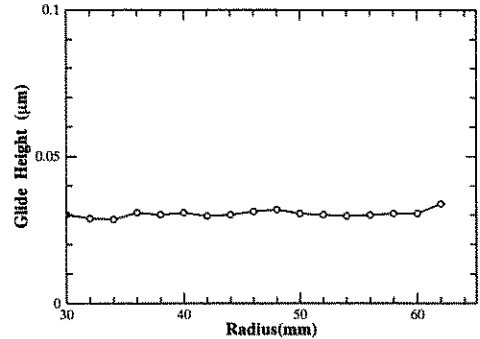
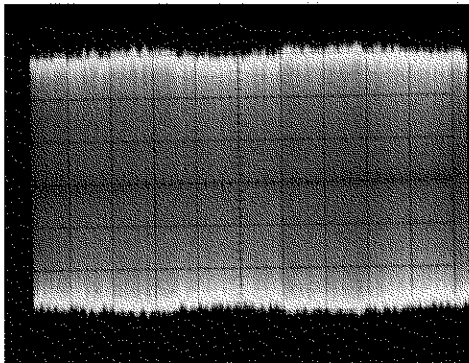
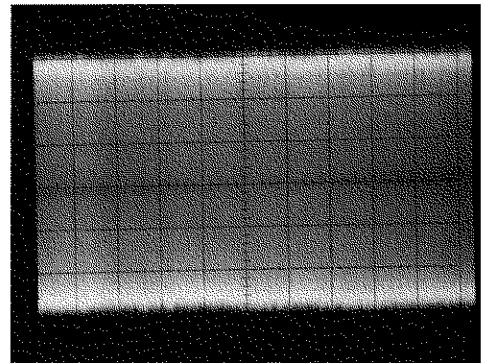


Fig. 3 Glide height of glass disc

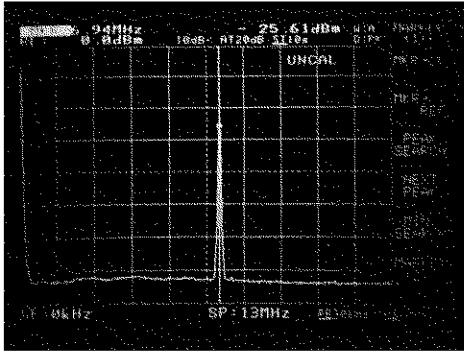


(a) textured Al/NiP

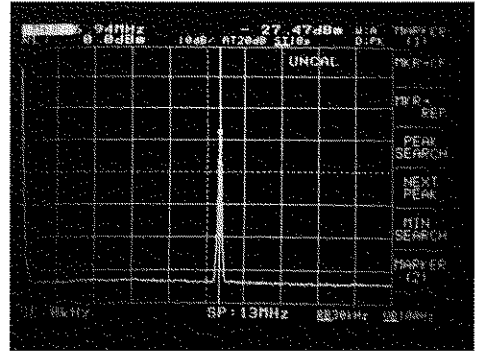


(b) glass

Fig. 4 Modulation envelopes
39 kfc, 4.5 MHz, 230 ips



(a) CoNiCr



(b) CoCrTa

Fig. 5 R/W noise spectrum

る CoNiCr と CoCrTa を用いた場合について示している。ガラスメディアでは、この図に見られるように、CoNiCr を用いても低ノイズ媒体を実現でき、低ノイズ材料として知られる CoCrTa であればさらに低ノイズ化できることがわかる。

こうした低ノイズ媒体が実現される原因は、まだ十分明らかになっていないが、ガラスメディアの場合には先に述べたアルミメディアの様なテクスチャーが無いことや、基板材質の違いによるスパッタ粒子の堆積成長過程が異なる可能性があり、結果として磁性粒子が均一性を持って形成される事によると考えられる。

また、低ノイズ化、高保磁力化に寄与すると言われる磁性粒子の磁氣的な孤立性は材料系により異なり¹⁵⁾、その磁氣的孤立性の促進にも様々な手法があるが、基板加熱もそのひとつである。ガラス基板の特長としてアルミ基板に比べて耐熱性があることから、磁性膜のスパッタ工程上の基板加熱温度を高めることができる¹⁶⁾。これもガラスメディアの低ノイズ実現の大きな原因であると考えている。

先のモジュレーションとも合わせ、記録再生特性的には一様かつ低ノイズが現在のガラスメディアの特長であると言える。

一方、磁気特性と並んで、あるいはそれ以上に、磁気ディスクとして重要であるのが CSS 耐久性である。これはディスク静止時にヘッドがメディア上に静止しており、ディスク回転と共に接触摺動状態を経てヘッドが浮上し、再度ディスク

が静止するときに接触摺動状態を経てヘッドがメディア上に静止するという、いわゆるコンタクト・スタート・ストップ(CSS)方式を採用している大半の磁気ディスク装置において常について回る課題である。

Fig. 6 は、当社量産のガラスメディアにおける 6 万回程度までの CSS 回数と摩擦係数の関係を示したデータである。CSS テスター毎に摩擦係数測定値がばらつきを持っているが、メディア自身はいずれも初期の摩擦係数からごくわずかな上昇しか示さず、ほとんど一定に近い状況であることがわかる。

さらに、Fig. 7 は、同様に量産メディアの CSS 耐久性を 15 万回まで調べたものである。15 万回の CSS サイクルを経ても、摩擦係数の大きな上昇は認められない。

このように、低グライドハイトを実現しながら、吸着(スティクション)を回避し、なおかつ優れた高 CSS 耐久性が実現されていることが、ガラスを基板として用いた当社メディアの特長のひとつにもなっている。

4. 今後の展望

磁気ディスク市場は極めて大きく、今後将来もこの市場は維持向上されて行くことが期待されている。

技術的にも、メディアのみならず、磁気ヘッド、信号処理、ドライブ設計技術など、さらには半導体を含む周辺技術の進展により、総合的に発

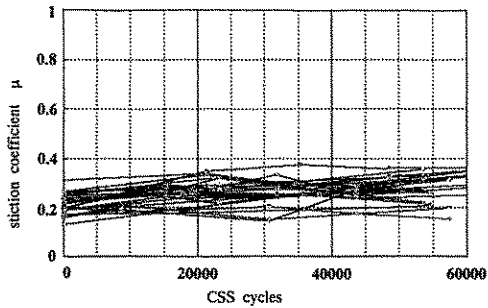


Fig. 6 Stiction coefficient vs CSS cycles on glass disc (1) thin film head, 23°C, 50%RH

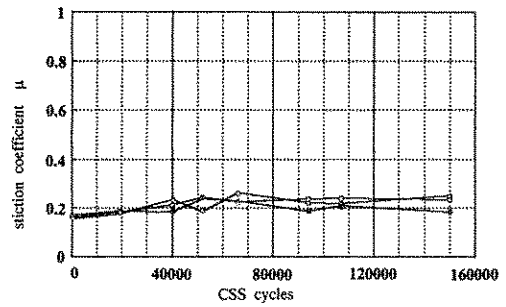


Fig. 7 Stiction coefficient vs CSS cycles on glass disc (2) thin film head, 23°C, 50%RH

展が続けられ、記録密度や信頼性の向上が行われると予測され、情報化社会の進展と共に外部記憶装置のアプリケーションも増加し、数多くのバリエーションが存在することになるものと思われる。

新しい基板としてのガラスを用いたメディアも、そうしたバリエーションの中で、すでにシーズとニーズの一致が見られたところから上市されており、今後も市場を拡大させて行くものと考えている。従って、現在のガラスメディア市場から言えば、はるかに大きい市場形成がなされるものと確信している。

参考文献

- 1) 三浦：日本応用磁気学会誌，Vol. 14, No. 4, 608 (1990)
- 2) NIKKEI NEW MATERIALS, 1986年10月13日号，18-20
- 3) PMRC '91, TECHNICAL DATA FOR SUBSTRATE MATERIALS
- 4) 佐藤他：第16回日本応用磁気学会学術講演概要集，9aF-9, 385 (1992)
- 5) 石崎：工業材料，第35巻，第5号，89 (1987)
- 6) 松平：トライボロジスト，第37巻，第1号，23 (1992)
- 7) S. SUZUKI et. al.: Adv. Info. Storage Syst., Vol. 3, 55 (1991)
- 8) H. TSAI et. al.: IEEE Trans. Magn. MAG-27, 5142 (1991)

- 9) ニューガラスハンドブック，丸善 (1993)，385-389
- 10) 谷口：材料と加工，共立出版 (1974)
- 11) 富士時報 Vol. 65, No. 9, 623 (1992)
- 12) NIKKEI NEW MATERIALS, 1989年11月20日号，125-133
- 13) 工業材料，Vol. 41, No. 10, 120 (1993)
- 14) NIKKEI MATERIALS & TECHNOLOGY 93. 10 (no. 134), 44-53
- 15) M. TAKAHASHI et. al.: IEEE Trans. Magn. MAG-28, 3285 (1992)
- 16) 堀川他：日本応用磁気学会，Vol. 15, No. 2, 89 (1991)

〔著者紹介〕

堀川 順一 (ほりかわ じゅんいち)

1981年 電気通信大学電気通信学部物理工学科卒
 同年 松下電器産業(株)入社
 松下技研(株)にてVTR用高密度磁気記録他に従事
 1989年 HOYA(株)入社，現在に至る
 現在 HOYA(株)材料研究所第10グループリーダー

鈴木 勲 (すずき いさお)

1966年 東京都立大学工学部機械工学科卒
 同年 HOYA(株)入社
 技術研究所及び電子事業部にてガラス研磨加工，ガラス磁気ディスク製品開発他に従事，現在に至る
 現在 HOYA(株)エレクトロニクス事業部MD製品部長