

磁気ディスク基板用ガラス

HOYA 株式会社 R & D センター

新熊 義包

Glass for Magnetic Disk Substrate

Yoshikane Shinkuma

HOYA Corporation R & D Center

1. はじめに

磁気ディスク用ガラス基板はその耐衝撃性、表面平滑性、薄型化などがアルミ基板に比べて優れていることから、ノート型を中心とする携帯用パソコンの2.5インチディスクドライブに主に搭載されている。一方、コンピューターネットワークのサーバー用コンピューターなどに使われている高性能の3.5インチディスクドライブにおいても次のような理由から、従来のアルミ基板に限界が見え始め、アルミからガラスに置き換わる可能性が高くなってきた。面記録密度を高くするためにトラック密度を高くし、またデータ転送速度の高速化のためにディスク回転速度を速くしたことに伴って、ディスクのたわみによって生じる track misregistration が重要な課題となっている。このたわみを小さくするためには、より高いスティフネスおよび/あるいは大きなダンピングを有する材料が必要であり、ヤング率72 GPaのアルミでは不十分である。

当社のアルミノシリケート系N5ガラスは加速度600 G以上の耐衝撃性を有することから、

2.5インチディスクドライブに幅広く使用されているが、そのヤング率は83 GPaであり、アルミに比べて僅かに高いだけである。また、結晶化ガラス基板においてはいくつか高いヤング率を示す材料もあるが、結晶粒が大きくなっており、表面を平滑性にするためのコストが問題となる。

当社は高性能ディスクドライブ用として、表面平滑性を損なうことなく、アルミに比べて非常に高いヤング率を有するガラス基板を開発しており¹⁾、本稿ではガラスのヤング率および比弾性率とたわみの関係について述べる。

2. ディスクたわみ

ディスクの静的なたわみは力学的に求めることができる。外周部の最大たわみ量は次式(1)で記述される¹⁾。

$$W_{\max} = (F a^4 / E h^3) f(v) \quad (1)$$

ここで、 W_{\max} は最大たわみ、 F はディスクに作用する力、 a はディスクの外周半径、 E はヤング率、 h はディスクの厚さ、 $f(v)$ はポアソン比の関数であり、外周と内周の半径のパラメーターである。ディスクに作用する力 F は重力に等しく、すなわち、

$$F = \rho h$$

ここで、 ρ はディスクの密度である。それゆ

〒196 東京都昭島市武蔵野 3-3-1

TEL 042-546-2748

FAX 042-546-2742

* 本稿は Head/Media Technology Review (Las Vegas, 1997年11月) における講演²⁾を日本語で要約したものである。

え、式(1)は次のように書き直せる。

$$W_{\max} = (\rho a^4/E h^2) f(v) = (a^4/G h^2) f(v) \quad (2)$$

ここで、G は比弾性率である。比弾性率は静的なたわみに対して重要な材料パラメーターである。

一方、ディスクが回転しているときに作用する力は時間に依存し、その様子は非常に複雑である (図1)。ドライブ内の気流の乱れが主たる原因であり、力の関数 $F(t)$ はディスクの回転速度にしたがって増加する。時間に依存する最大たわみ量は材料パラメーターであるヤング率によって一義的に決まると考えられる。

ヤング率の異なるディスクについて、それらの厚さの関数として式(1)から計算した静的なたわみ量を図2に示す。N5, A, B, C ガラスはそれぞれヤング率が 83, 112, 119, 133 GPa であり、アルミは 72 GPa である。C ガラスディスクのたわみ量はアルミディスクの約半分である。言い換えると、0.8 mm 厚のアルミディスクを 0.66 mm 厚の C ガラスディスクで置き換えて使うことが可能である。直径が 2.5, 3.0, 3.5 インチのディスクについて、それらの厚さ

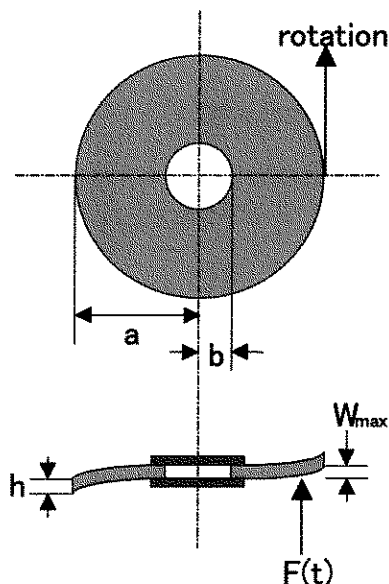


Fig. 1 Schematic model of disk flutter.

の関数としてたわみ量を計算した。C ガラスおよびアルミ基板の結果を図3に示す。3.5 インチの C ガラスディスクはほぼ 3.0 インチアルミ基板と同等のたわみ量である。同じトラック密度の場合、C ガラスディスクにおいてより大きな記憶容量が可能であることを示唆している。

ディスクの動的なたわみはディスクの組み立てにおける固有振動が気流によって働く力の周波数に一致するとき増加する。ダンピングを有する強制振動の単純な次元モデルでは、共鳴した時の振幅は

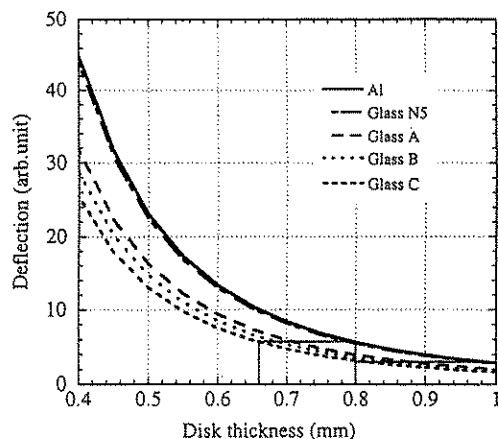


Fig. 2 Deflection of disk as a function of disk thickness for different substrates.

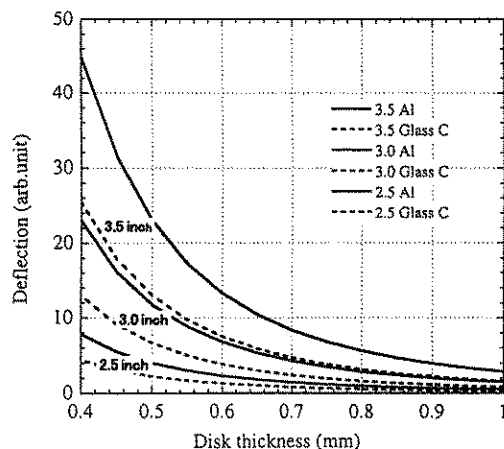


Fig. 3 Deflection of disk as a function of disk thickness for different disk diameters.

$$X = F / (c\omega_i)$$

ここで、 c はダンピング定数、 ω_i は系の固有振動数である。気流によって働く力の大きさは振動数に対して減少する。したがって、周波数の増加に伴って振動の大きさは減少する²⁾。固有振動数は比弾性率の1/2乗に対して増加することが良く知られている。このことは、より高い比弾性率も重要な材料パラメーターであるが、ヤング率よりも影響の小さいことを示している。ダンピングは重要なパラメーターの一つであるが、ディスクの材料には依らず、アルミやガラス、結晶化ガラスなどの場合、個々のディスクとクランプアセンブリとの間の摩擦に依るところが大きい。

3. ディスクの flutter の測定

1000-10000 rpm で回転している種々のディスク基板の振動挙動を調べるためにヘテロダイン変位計を用いた。ヘテロダイン変位計の模式的な構成を図4に示す。He-Neレーザーの出力を周波数シフターで周波数変調し、80 MHzと81 MHzの2つのビームに分けた。一方のビームのビート信号はディスクから反射された

プローブ光の情報を持ち、もう一方のビームのビート信号を基準として、これらのビート信号の位相差からディスク表面の変調された変位が時間の関数として得られる。変調された信号の大きさを高速フーリエ変換することにより、振動の周波数を関数とする振幅となる。

この測定系を用いて spin-up water fall プロットを作成した。その一例として3.5インチアルミディスクについてのプロットを図5に示す。この詳細な説明については、以前レーザードップラー振動計を用いて同様のプロットを作成した McAllister の報告²⁾を参照していただきたい。彼の結果と比較すると、各振動は低周波数側にある。これは本研究の測定においてディスクのクランプの構造が実際のディスクドライブとは異なるためである。また振幅が小さい原因は実際のディスクドライブ中に比べて気

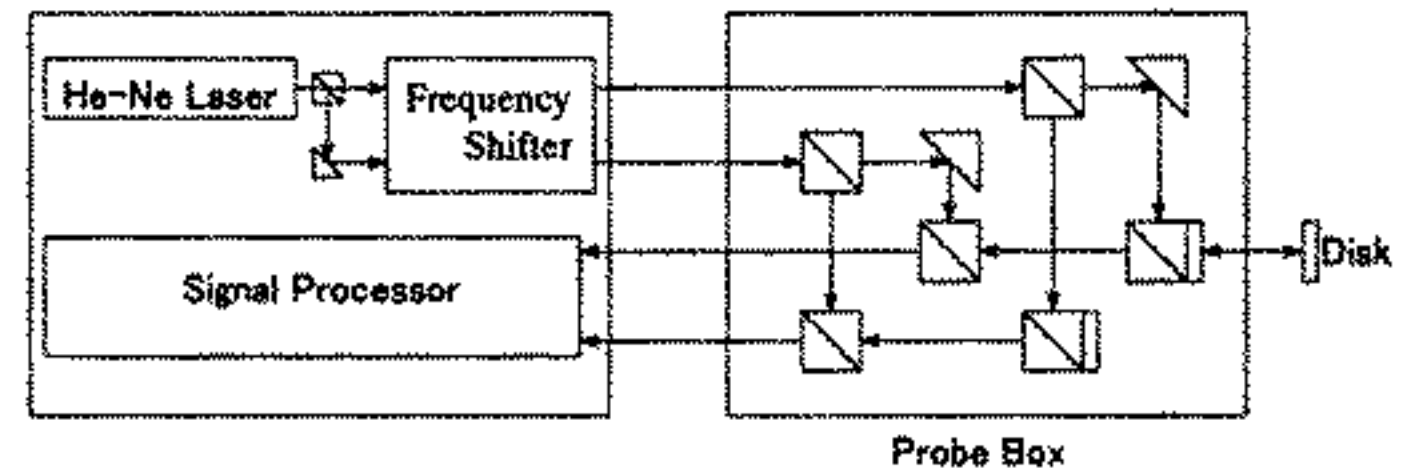


Fig. 4 Schematic diagram of heterodyne displacement meter.

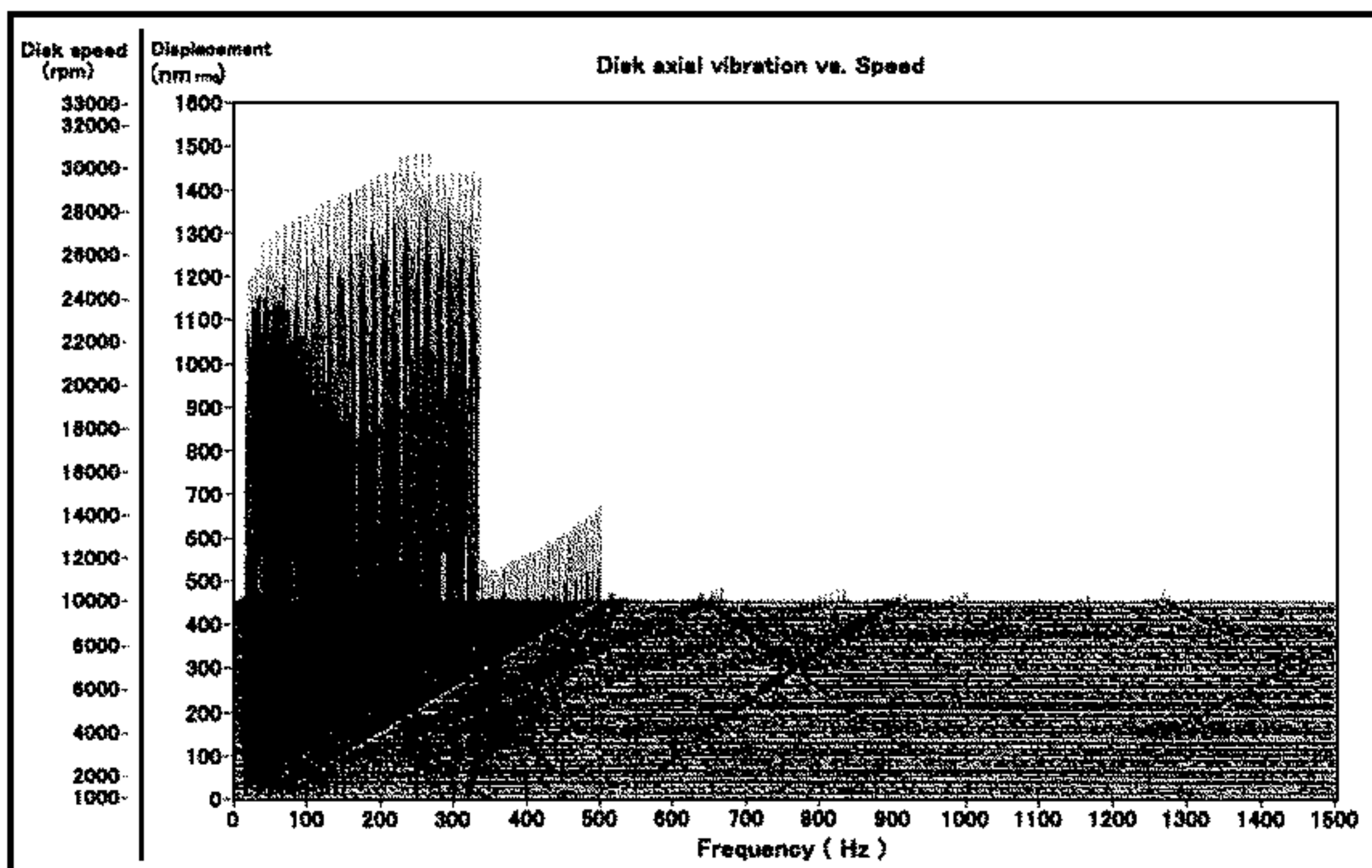


Fig. 5 Spin-up waterfall plot of aluminum disk vibration versus speed.

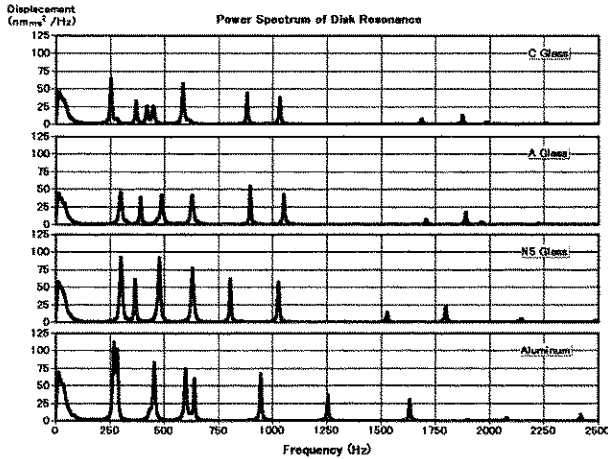


Fig. 6 Power spectra of disk vibration for alternative substrates at 10000 rpm.

流の乱れが小さいためである。

10000 rpm で回転しているディスクの動的なたわみは各振動波形の下の面積で見積れることから、パワースペクトルに変換した。3.5 インチアルミ、N5 ガラス、A ガラス、B ガラス、C ガラスについての典型的な結果を図 6 に示す。なお、このスペクトルの変換に際して、ディスクの傾きやクランプによる歪などによって生じるすべての再現性のある振動モードは信号を平均化することによって取り除いた。各ディスクについて波形を 150~2500 Hz まで積分し、動的なたわみ量を求めると、アルミディスク $1.83 \times 10^4 \text{ nm}^2$ 、N5 ガラスディスク $1.63 \times 10^4 \text{ nm}^2$ 、A ガラスディスク $1.03 \times 10^4 \text{ nm}^2$ 、C ガラスディスク $0.98 \times 10^4 \text{ nm}^2$ であった。

4. 代替基板のキャラクタリゼーション

図 7 に示すようなヤング率と比弾性率を有するディスク基板についても動的なたわみの測定を行った。ガラス F はアルミと同じヤング率であるが、高い比弾性率を持つ。ガラス E はアルミと同じ比弾性率であるが、非常に大きなヤング率を持つ。ガラス C はガラス E と同等のヤング率を有するが、比弾性率は非常に高い。これらの基板の動的なたわみの特徴を調べ

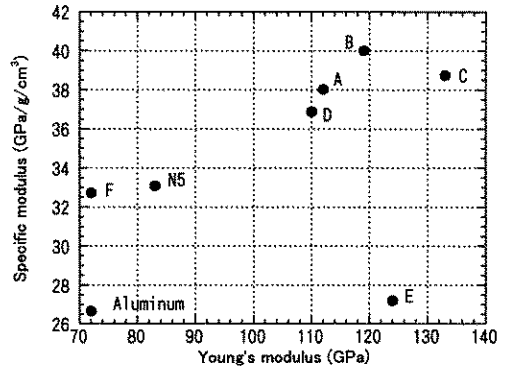


Fig. 7 Alternative substrates chosen from the broad range of Young's modulus and specific modulus.

ることによって、どちらの弾性率が支配的なパラメーターであるかを理解することができる。図 8a および図 8b に示すように、振幅の変化はそのヤング率におおよそ一致する。ダンピングの効果もまた動的なたわみを特徴づける説明に用いられるが、これらの材料のダンピング定数はこの周波数の範囲において $10^{-4} \sim 10^{-5}$ であり、ディスクースピンドルの組み立てによって生じるものよりも非常に小さい。

代替基板のいくつかの特性を表 1 にまとめた。アルミナやジルコニアなどのセラミックス基板は高いヤング率を有するが、平滑な表面を得ることがむずかしく、また密度も非常に大き

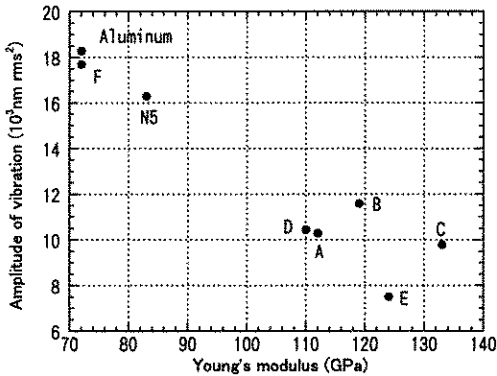


Fig. 8a Amplitude of vibration versus Young's modulus.

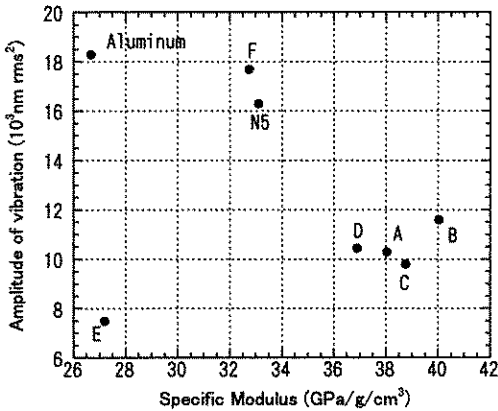


Fig. 8b Amplitude of vibration versus specific modulus.

い。AIBC 基板は最もよい特性を有するが、高価で表面欠陥の問題がある。N5 ガラスは 2.5 インチディスクドライブにこれまでに使われている。表の下 2 列に我々が開発した新しい高ヤング率のガラス基板を示す。N10 ガラスは

Table 1 Properties of alternative substrate materials.

Substrate material	Young's modulus (GPa)	Density (g/cm ³)	Specific modulus (GPa/g/cm ³)	Heat resistance (°C)	Thermal expansion (10 ⁻⁷ /°C)
NiP/Al	72	2.7	26	280	242
Almina	400	4	100	>1000	65
Zirconia	215	6.1	35	1000	102
AIBC	200	2.7	74	>800	53
N5 glass	93	2.5	33	500*	91
N10 glass	100	2.8	36	500*	87
MX glass	130	3.4-3.5	37-38	700*	50-70

* without chemical strengthening.

ヤング率 100 GPa であり、今年製造に入る予定である。これに続く MX ガラスはヤング率 130 GPa の高性能ディスクドライブ用である。

5. まとめ

種々のガラス基板について、ディスクの動的なたわみの特徴をアルミ基板と比較して見積もった。3.5 インチディスクを 10000 rpm で回転させた時、アルミ基板の約 2 倍のヤング率を有するガラス基板の振幅はアルミのはほぼ半分になった。このことは高性能ディスクドライブの track misregistration を改善することが期待できる結果である。

参考文献

- 1) "Mechanical Engineer's Handbook", JSME (1987) pp. A4-57.
- 2) J. S. McAllister: IEEE Trans. Magnetics, 33 (1997) 968-973.
- 3) H. Toratani, H. Sekiguchi and X. Zou, Proceedings of Head/Media Technology Review, November, 1997, Las Vegas.