

3.5インチ 1TB 磁気記録媒体用アルミ基板

Aluminum Substrate for 3.5-inch 1 TB Magnetic Recording Media

貝沼 研吾 Kengo Kainuma

坂口 庄司 Shoji Sakaguchi

武居 真治 Shinji Takei

2011年には1TB/3.5”枚の磁気記録媒体がリリースされると予想される。高密度の磁気記録媒体用基板に求められる主な技術課題は、表面の超平滑化と100nmクラスの微小欠陥を低減することである。そのために、富士電機では、グラインド基板作製工程やめっき成膜工程、ポリッシュ工程、洗浄工程などのアルミ基板の製造工程の高度化を図っている。基板工程で生じる代表的な微小欠陥には、パーティクル、スクラッチ、ピットなどがある。欠陥を一つずつ解析して、分類と原因を明らかにする作業を通じて各工程の改善を行い、品質の向上と次世代の媒体への対応を図っている。

By 2011, the recording capacity of commercially available magnetic recording media in a single 3.5” disk format is forecast to reach 1 TB. The formation of an ultra-smooth surface and the reduction of 100 nm-class small defects are technical challenges that must be overcome in order to realize higher recording densities. For this purpose, Fuji Electric is improving its aluminum substrate manufacturing processes, which include a ground substrate production process, a plating process, a polishing process, a washing process and the like. The small defects typically occurring during these processes include foreign particles, scratches, pits and so on. By analyzing defects one-by-one, classifying them and then determining their cause, the individual processes can be improved and quality enhanced to establish a substrate manufacturing process suitable for next-generation media.

1 まえがき

近年、大容量記憶装置の主流はハードディスクドライブ(HDD)である。しかしながら、2008年前半ごろからフラッシュメモリを使用したSSD(Solid State Drive)の普及が進み、HDDに対するさらなる大容量化の要求が強まり、開発競争が激しくなってきた。2009年におけるHDDに使用される磁気記録媒体の記録容量は、3.5インチディスク1枚当たり500GB(以下、500GB/3.5”枚)が市場の主流である。そして、2011年には1TB/3.5”枚のハードディスクのリリースが予想されるなど高記録密度化が加速している。

HDDに使用される磁気記録媒体用基板には、アルミ基板とガラス基板の2種類がある。ノートPCやモバイル系

の情報家電などでは、耐衝撃性や省電力に優れるガラス基板が採用されている。一方、デスクトップPCやサーバでは、コストパフォーマンスの高いアルミ基板が使われている。

図1に、アルミ基板を用いた磁気記録媒体の基本的な層構成を示す。磁気記録媒体は、アルミ基板上に軟磁性裏打ち層、中間層、磁性層とカーボン保護膜が成膜され、その上に潤滑層が形成されている。この磁気記録媒体表面上を磁気ヘッドが数nmの高さで浮上走行して情報の読み書きを行う。磁気記録媒体用基板の技術的課題は、数nmで浮上走行する磁気ヘッドが安定して記録再生ができるように、サブnmオーダーで表面粗さや微小うねりを制御することと、100nmサイズの表面欠陥の低減を図ることである。

電磁変換特性やHDI(Head Disk Interface)特性に影響を及ぼす基板表面の平滑性や均一性は、記録密度の上昇とともに重要性は年々増している。

表面欠陥については、スクラッチやピットなどの凹欠陥と、研磨剤、洗浄剤、NiP削りカスなどの残渣(ざんさ)による凸欠陥がある。これらを完全になくすことは不可能であるが、年々高まる要求に応えるため、特に発生率低減への取組みに力を注いでいる。

富士電機では、以前から磁気記録媒体用アルミ基板の開発、製造、販売を行い、常に高記録密度化に対応した技術開発を行ってきた。本稿では、500G~1TB/3.5”枚の磁気記録媒体用アルミ基板の開発における、表面の超平滑化と欠陥低減の取組みについて紹介する。

2 磁気記録媒体用の基板

図2に示すようにアルミ基板の製造工程は、円盤状のアルミ素材からグラインド基板(G基板)と呼ばれるアルミ



図1 磁気記録媒体の基本構成

基材を削り出すグランドサブストレート工程、アルミ基材へNiPめっきをするめっき成膜工程、NiPめっき膜表面を平滑化するポリッシュ・洗浄工程に大別される。

(1) グランド基板 (G 基板)

アルミ合金を溶解、鋳造、圧延し、円盤状に切り出したアルミ素材に、内外径端面の切削加工と表面のグランド(研削)を実施して、G 基板を製造する。媒体の寸法精度はこのグランドサブストレート工程で決まるため、精度の高い切削加工・研削加工が実施されている。さらに、G 基板の組成や清浄性が次工程のめっきの欠陥や品質に影響するため、G 基板の製造においては常に改善検討が行われている。富士電機では、G 基板を外部から購入し、めっき成膜工程以降の生産を行っている。

(2) めっき成膜工程

アルミ合金は軽量で加工性に優れる反面、表面硬度がHDDの要求を十分に満足することができない。そのため、磁気ヘッドが磁気記録媒体に衝突した際の損傷を防ぐために基板の表面にNiPをめっきして使用している。

G 基板を洗浄・前処理、ジンケート処理により、基板表面を化学的に調整し、無電解めっき法によりアモルファスのNiPを10数 μm の厚さにめっきする。さらに、めっきの際に発生する内部応力を開放するために、アニール(焼鈍)を行う。

(3) ポリッシュ工程

めっき後の基板表面の、グランドの加工痕、めっきの内部応力によって生じるうねり(波長:数百 μm ~数mm)や微小うねり(波長:数十 μm ~数百 μm)を取り除き、平滑にするために、基板表面をポリッシュ(研磨)

する。

ウレタン製発泡パッドと、遊離砥粒(とりゅう)を分散させた研磨液(スラリー)を用いて、NiPめっき表面を2段階で精密研磨加工する。通常、1段目のポリッシュに加工速度の高いアルミナ砥粒を用いたスラリーなどを使用し、グランド痕やうねりを除去する。2段目のポリッシュにコロイダルシリカ砥粒を用いたスラリーなどを用いて、微小うねりや表面粗さを調整する。さらに、外周領域を広く記録領域として使用するため、基板端部の平坦(へいたん)性も重要であるが、平滑性と端部の面ダレがトレードオフの関係にあり、高度なポリッシュ技術の開発が要求される一因となっている⁽²⁾。

基板の微小うねりや表面粗さに対する要求品質は、年々厳しくなっており、ポリッシュ工程の部材選定と加工条件の最適化が非常に重要である⁽³⁾。

(4) 洗浄工程

ポリッシュ1段目に使用したスラリーの2段目以降への持ち込みは、砥粒の突き刺さりなどのパーティクル(図5(a))の発生や、砥粒の凝集などによるスクラッチ(図5(b))の発生、突き刺さった砥粒が除去されてできるピット(図5(c))の発生などの原因となる。ポリッシュ2段目後の洗浄では、ポリッシュ後に表面に残存するスラリー含有物(砥粒、ケミカル成分)の残渣やNiP削りカスを、洗浄にて完全に除去する必要がある。

洗浄後にこのような残渣や削りカスが基板の表面にあると、磁気記録媒体に加工した後にもそのままの形で存在してしまい、磁気ヘッドと衝突し破損の原因となる可能性がある。このため、ヘッド浮上高さ以上の残渣や削りカスは許容できない。磁性膜成膜前の基板表面の残渣は、製品不良に直結するため、磁気記録媒体の記録密度が向上するにつれて、基板の洗浄工程における要求品質は年々厳しくなっている。

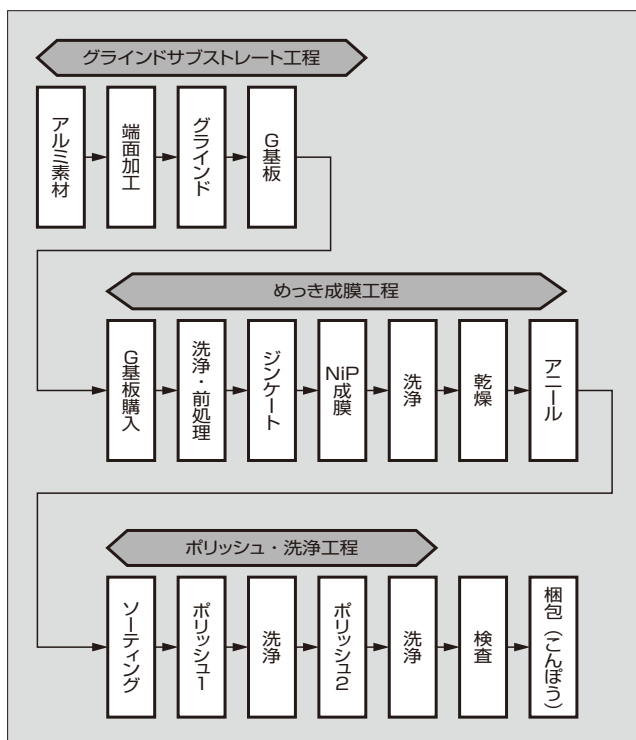


図2 アルミ基板の製造工程概要

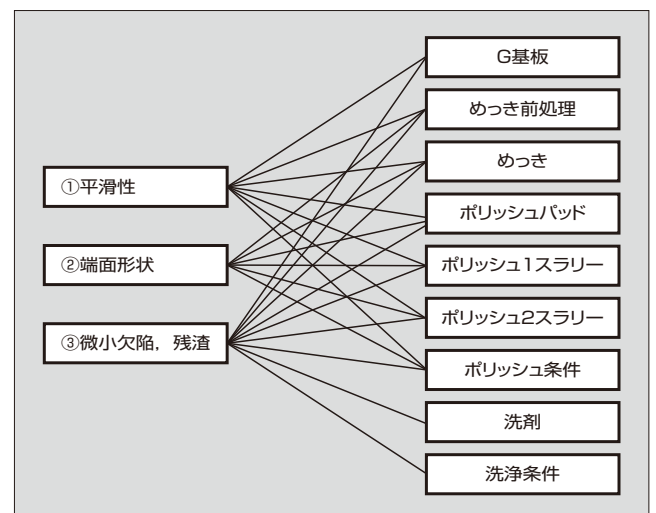


図3 アルミ基板主要技術課題と部材・プロセスの関係

表 1 アルミ基板 (3.5 インチ) に要求される表面特性

	250 GB 基板	500 GB 基板	1 TB 基板
表面粗さ (AFM- R_a)	≤ 0.15 nm	≤ 0.14 nm	≤ 0.12 nm
微小うねり (W_q)	≤ 0.23 nm	≤ 0.14 nm	≤ 0.12 nm
端面ダレ	≤ 15 nm	≤ 10 nm	≤ 7 nm
相対欠陥数*	100	70	30

* 250 GB 用基板平均欠陥数を 100 としたときの相対欠陥数

③ 磁気記録媒体用アルミ基板の技術課題とプロセスの関係

磁気記録媒体の高記録密度化に対応するために、アルミ基板には、主に三つの課題 (①平滑性, ②端部形状, ③微小欠陥, 残渣) がある。図 3 は、左側に主要課題を、右側に使用部材やプロセスなどを並べ、相関関係の大きいものを結んだ。各技術課題は、複数の部材やプロセス技術が絡み合っており関係している。アルミ基板の改善や開発の過程では、必ずこれらの関係を理解しながら進めている。

媒体の記録容量別に、アルミ基板に要求される代表的な表面特性を表 1 に示す。ここに示した四つのパラメータは磁気記録媒体の記録容量が大きくなるほど、要求が厳しくなる。特に欠陥数は、要求される改善率が大きく重要な開発課題である。

④ 表面平滑化技術

③章に記したとおり、年々高記録密度化が進むに従い、基板表面に求められる平滑性も厳しくなっている。その要求を満足するアルミ基板を開発するために、富士電機では、ポリッシュ技術の高度化を常に図っている。

160 GB/3.5" 枚から 250 GB/3.5" 枚への移行時には、主にスラリー (2 段目) の開発を行った。500 GB/3.5" 枚や 1 TB/3.5" 枚用基板の開発においては、パッド、スラリー (1 段目, 2 段目)、ポリッシュ加工条件のすべてを見直し、品質と生産性を両立できる技術開発を進めている。

スラリー開発に重要な四つのポイントを次に示す。

- (a) スラリー中の砥粒の平均粒度および分布の最適化
- (b) スラリー組成中に含まれる界面活性剤などのケミカル成分の最適化
- (c) ポリッシュ加工条件の最適化
- (d) リンス性に優れること

また、パッド開発に重要な四つのポイントを次に示す。

- (a) 上下面のポリッシュ速度が安定する発泡状態
- (b) スクラッチの原因となる塵埃 (じんあい) 低減
- (c) 端面ダレを低減する弾性特性の最適化
- (d) 経時変化の最小化 (生産性の向上)

富士電機は、アルミ基板の表面精度を向上するため、スラリーやパッドに代表される各種部材の共同開発を部材メーカーと密接に行い、高度な新材料を開発し基板特性の

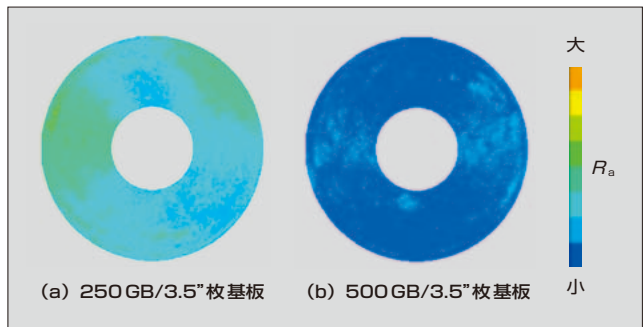


図 4 アルミ基板表面の粗さ分布 (R_a)



図 5 アルミ基板の代表的な微小欠陥

向上を図っている。

図 4 は、従来の 250 GB/3.5" 枚基板と生産中の 500 GB/3.5" 枚基板の表面粗さを、OSA (Optical Surface Analyzer) で観察した結果である。250 GB/3.5" 枚基板を原子間力顕微鏡で測定した表面粗さ AFM- R_a は、既に 1 TB/3.5" 枚の要求特性である R_a 0.12 nm 以下を達成している。しかし、図 4 (a) に示すように、面内に分布幅がある。500 GB/3.5" 枚基板では、2 段目のポリッシュのスラリーや加工条件などの改善を行い、図 4 (b) に示すように、面内の表面粗さの絶対値を下げ、分布幅を減らして均一性を大幅に改善した。

⑤ 1 TB/3.5" 枚アルミ基板に向けた欠陥低減への取組み

表 1 に示した表面特性の四つのパラメータのうち、表面粗さ、微小うねり、端部形状は 1 TB/3.5" 枚の要求特性を達成できることを既に確認した。1 TB/3.5" 枚基板の開発に向けて最も重要な課題は、欠陥数、特に微小欠陥と呼ばれる寸法 100 nm クラスの欠陥数の低減である。図 5 に、代表的な微小欠陥の SEM (走査線電子顕微鏡) 写真を示す。

(a) パーティクル

スラリー含有物の残渣、NiP 削りカス、外部環境からの付着によるものが主である。パーティクルのほとんどは、磁性膜成膜前の精密洗浄で除去できる。しかし、表面に固着または突き刺さったものが残ってしまうと媒体製品不良の原因となる。

(b) スクラッチ

砥粒の凝集物、ポリッシュ装置または洗浄装置への外部環境からのコンタミが原因となることが多い。装置環境の管理、スラリーのフィルタリングでスクラッチの発

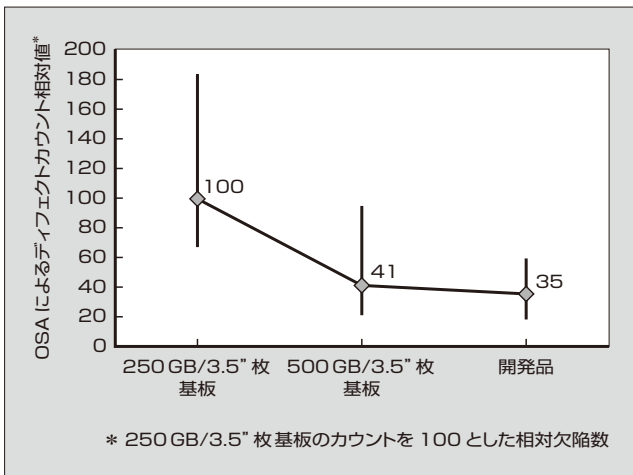


図6 各世代基板の欠陥数比較

生を抑制している。

(c) ピット

めっき成膜またはポリッシュや洗浄時の異常エッチング、突き刺さった砥粒の除去が発生原因である。

高記録密度媒体用のアルミ基板開発においては、特に微小欠陥の低減を重点課題とした。欠陥については図3で説明したように、すべての部材、すべてのプロセスが関与しているため、めっき成膜からポリッシュ、洗浄すべての工程について、部材およびプロセス加工条件の最適化検討を進めている。

図6に、媒体の記録容量別に、各基板のOSAで測定した欠陥数の比較を示す。500GB/3.5"枚の基板においては、ジンケート処理を含めめっき前処理、ポリッシュ・洗浄のプロセスの改善を行い、表1に示した欠陥数を含むすべての要求特性を達成した。1TB/3.5"枚に対しては、さらなる改善に取り組んでいる。アルミ基板の最大のパーティクル発生源は、スラリー中の砥粒であり、NiPの削リカスも残りやすく洗浄課題の一つとなっている。平滑な表面を達成するために使用するスラリー中の砥粒が微細化し、それに伴い、NiP削リカスも微細化し、除去しにくくなっている。そのため、スラリー中の界面活性剤などのケミカル成分や洗浄工程に用いる洗浄剤の重要性が大きく増している。

また、富士電機はスラリー含有物の残渣やNiP削リカスをなくすために、洗浄剤開発にも注力している。そのポイントとして、次の3項目に着目している。

(a) 界面活性剤

低分子材料であり、パーティクルに対して高い浸透力を持ち、かつリンス性の向上を図る。

(b) アルカリ剤

表面に付着したパーティクルに対して、エッチング作用によるリフトオフ効果を狙い、NiPめっき表面と付着パーティクルへの適正なゼータ電位を付与し、反発力を高め、再付着を防止する。

(c) キレート剤

金属イオン (Ni など) に対して高いキレート作用を持ち、かつ砥粒の分散性に優れる。

⑥ あとがき

本稿では、富士電機のアルミ基板の開発状況について示した。3.5インチディスク1枚当たり1TB用アルミ基板の主要課題は、欠陥の低減である。今後もこの課題に注力して開発を進める。磁気記録媒体は今後も記録密度が向上し続ける見込みであり、基板にはよりいっそうの表面精度の向上が求められることになる。富士電機は、この課題を新しい技術によって解決し、世代進化に対応したアルミ基板特性を達成するために、めっき技術、ポリッシュ技術、洗浄技術の探求に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 貝沼研吾ほか. アルミ垂直磁気記録媒体用基板. 富士時報. 2008, vol.81, no.4, p.263-265.
- (2) 柏木正弘ほか, CMPのサイエンス. 1997, p.72-85.
- (3) 土肥俊郎, 木下昭次. CMP技術大系. 2006, p.214-216.



貝沼 研吾

磁気記録媒体用基板の研究開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社山梨事業所基板部課長補佐。精密工学会会員。



坂口 庄司

磁気記録媒体用基板の研究開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社山梨事業所基板部課長補佐。



武居 真治

磁気記録媒体の研究開発に従事、磁気記録媒体用基板の研究開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社山梨事業所基板部課長。



*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。