

磁気ディスク用アルミニウム基板

林 雄一・加藤良則・藤本日出男

真岡製造所・アルミ板研究部

Aluminum Substrate for Magnetic Recording Disks

Yuichi Hayashi · Yoshinori Kato · Hideo Fujimoto

Magnetic disk material has been developed that results in a smooth surface after NiP plating. This paper describes the alloy's development and the roughness relationship between the aluminum substrate and the plated surface. In the alloy's development, plating defects were reduced through down sizing with intermetallic compounds and the addition of Cu and Zn as an alloying elements. As a result of the correlative roughness investigation aluminum disks were found to require appropriate roughness to minimize problems after plating. The roughness of the plating surface deteriorated as the roughness of the aluminum substrate decreased because nodule defects increased and selective etching occurred in the plating process.

まえがき = 磁気ディスクドライブはデータ転送速度が速くランダムアクセス性に優れるために、コンピュータ外部記録装置の中心的役割を果たしている。主要部品である磁気ディスクの基板材料には、非磁性、高加工性、軽量などの利点から現在では無電解 NiP めっきを施したアルミ合金が使用されている。磁気ディスク基板の高記録密度化に対応するため、基板には高度な表面平滑性が求められている。いっぽうで、低コスト化ニーズも強く、めっき研磨コスト低減を目的としためっき面の平滑化要求が強まっている。

本稿では、めっき面の平滑化を目的としたアルミ合金材料の開発経緯およびめっき面の平滑性に及ぼすアルミ基板表面形態の影響について検討した結果を報告する。

1. 磁気ディスクドライブ

1.1 磁気ディスクドライブの技術動向

磁気ディスク基板と磁気ヘッドの模式図を第1図に示す。コイルに発生した漏れ磁束により、磁気ディスク表面の記録素子が磁化されるために、磁気ヘッドの浮上量が低いほど記録密度の向上には有利となる¹⁾。2000年には面記録密度が $10\text{Gbit}/\text{in}^2$ ²⁾、ヘッド浮上高さは $15\sim 20\text{nm}$ になると予測されており³⁾、試作機においては、すでに面記録密度 $10\text{Gbit}/\text{in}^2$ の達成が報告されている⁴⁾。磁気ディスクドライブは、実用化されて以来約40年経過しているが、その間の面記録密度は約 10^6 倍向上した。

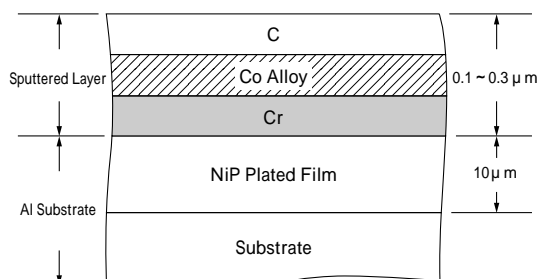
1.2 磁気ディスク基板

代表的な磁気ディスク基板の断面構成模式図を第2

図に示す。アルミ基板に表面硬さの付与と表面欠陥抑制の目的から、NiP めっきが施されている。その上にスパッタにより、下地層、磁性層、保護・潤滑層が形成されている⁵⁾。磁気ヘッドの浮上量低下にともない、磁気ディスク表面には高度な表面平滑性と欠陥サイズの微小化が要求される。現在もちいられている NiP 基板は研磨により表面粗さ $R_a = 1\text{nm}$ 程度まで仕上げられている。

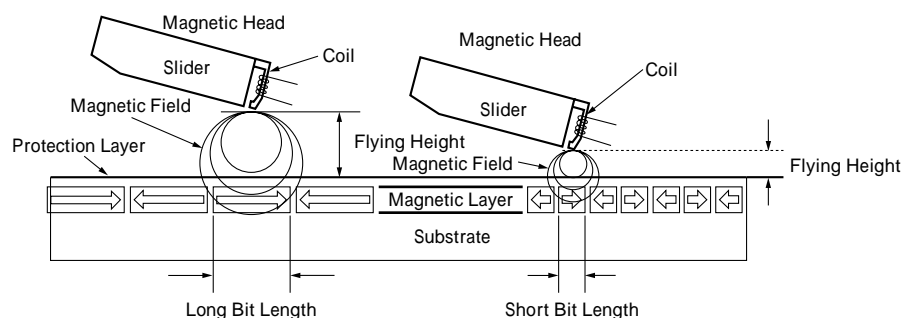
2. アルミ合金の開発

磁気ディスク基板は、第1表に示す工程によりめっきが施される。めっき前処理により、アルミ基板表面の金属間化合物は溶解して、エッチングピットを形成するが、めっき皮膜のレベリング効果により表面への影響は軽減される。しかしながら、粗大な金属間化合物はめっきピットやノジュールの原因となりめっき後の表面平滑性を悪化させる⁶⁾。これら欠陥を除去するためには、後工程のめっきポリッシュ代を多くする必要があり、コス



第2図 磁気ディスク基板の断面模式図

Fig. 2 Schematic view of cross section of magnetic recording disk



第1図 浮上高さとのビット長さの関係
Fig. 1 Relationship between flying height and bit length

第1表 めっき処理工程フロー

Table 1 Plating process flow chart

Treatment	Treatment Condition	
Pre-treatment for Plating		
Alkalis-degreasing	:	60 × 3min
	↓ Rinse	
Acid-etching	:	66 × 2min
	↓ Rinse	
HNO ₃ Desmut	:	23 × 1min
	↓ Rinse	
1st Zincate	:	23 × 30s
	↓ Rinse	
HNO ₃ Strip	:	23 × 30s
	↓ Rinse	
2nd Zincate	:	23 × 15s
	↓ Rinse	
Plating :		
Ni-P Plating	:	88

トアップを招く。

当社ディスク用合金の化学成分を第2表に示し、各種合金にめっきを施し、光学顕微鏡で比較した結果を写真1に示す。めっき面の凸欠陥であるノジュールがいずれの合金にも観察されるが、磁気ディスク基板として当初からもちいられてきた5086と比較すると高めっき性合金である5D86はノジュールサイズが小さく分布も疎である。

5086合金と現在の主流となっている5D86合金のめっき工程における金属間化合物近傍のSEM像を写真2に示す。比較的不純物が多く、めっき性向上元素を添加していない5086合金の場合には、粗大な金属間化合物が存在し、その周辺が選択的にエッチングされ、大きなエッチングピットが形成されている。またジンケート処理時のZn粒子の析出形態も粗大で疎な分布となっている。NiPめっきは、ジンケート処理で析出したZnを核として析出成長するために、5086合金のめっき面は粗くなっている。めっき面の平滑化をおこなうためには、ジンケート処理時のZn析出を均一微細にする必要がある⁷⁾。

金属間化合物サイズを抑制しめっき性向上のためにCu, Znを添加した5D86合金は、金属間化合物によるエッチングピットが小さく、ジンケート処理時のZn粒子析出形態も微細で密な分布となっている。このためにめっきの成長も均一化され、平滑な表面がえられる。これまでの開発により合金面からのめっき面平滑化への対応は一応完了している。

3. アルミ基板表面粗さの影響

めっき面平滑化対応としてアルミ基板の表面粗さ低減も考えられるため、実験によりめっき面へのアルミ基板

第2表 当社ディスク用合金の化学成分

Table 2 Chemical compositions of alloy materials for disk

Code	Chemical Composition						wt%	Note
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	
5086	0.02	0.06	-	0.30	4.0	0.06	-	Conventional Alloy for Plating Disk
KS5C86	0.02	0.04	0.12	-	4.0	0.06	0.30	Conventional Alloy for Plating Disk
KS5D86	0.01	0.02	0.06	-	4.0	0.06	0.15	Fine Platability Alloy for Plating Disk

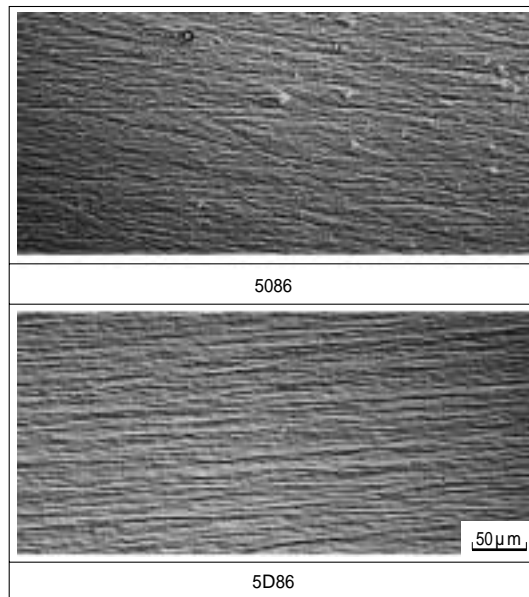


写真1 5086および5D86のめっき後の光学顕微鏡写真
Photo 1 Photographs of plating surfaces of 5086 and 5D86

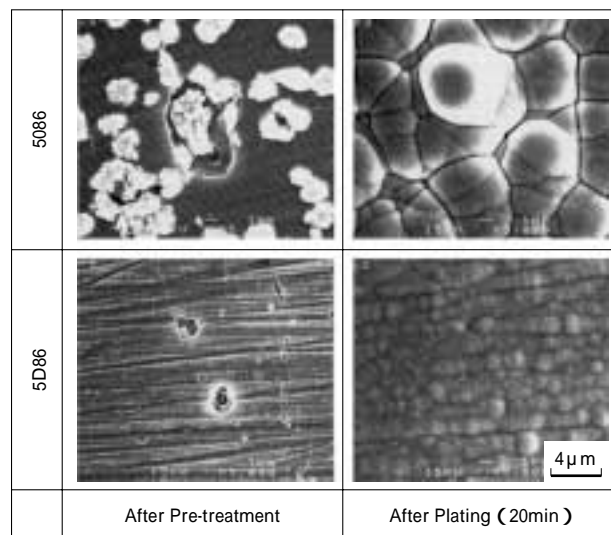


写真2 5086および5D86のめっき工程SEM像
Photo 2 SEM images of 5086 and 5D86 during plating process

表面粗さの影響を調査した。

3.1 実験方法

3.1.1 供試材

不純物による金属間化合物の影響を低減するために、99.99%純度のアルミ地金をもちいて第3表に示す組成の400mmt 鋳塊を溶製し、均質化処理を施した後に熱間圧延、冷間圧延で0.8mmtまで仕上げ、プレスにより外

第3表 供試材の化学成分

Table 3 Chemical compositions of test material

Chemical Composition						wt%
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn
0.001	0.002	0.06	-	4.5	0.04	0.10

径 95 × 内径 24mm のサイズに打ち抜いた。その後、350 × 3h の加圧焼鈍により平坦度の矯正をおこない、ブランク材をえた。

3.1.2 表面粗さの調製

ブランク材は両面研磨機をもちいて、グランド加工をおこなった。表面粗さの調製は、使用する PVA 砥石の砥粒サイズを変化させておこない、基板粗さの大きなほうから GR1, GR2, GR3 とした 3 水準の粗さを有するアルミ基板を作製した。さらに、GR3 基板をポリッシュ加工により鏡面に仕上げ POLISH 基板とした。供試材の表面粗さを第 4 表に示す。

第 4 表 供試材の表面粗さ

Table 4 Surface roughness of test material

Surface Roughness (Ra : nm)			
GR1	GR2	GR3	POLISH
20	14.5	9.0	4.0

3.1.3 めっき条件

めっき処理条件は第 1 表に示した工程でおこない、めっき膜厚は 10 μm とした。

3.1.4 調査項目および方法

表面粗さの測定には Tencor 社製 P 12 を使用し、測定条件は、測定長 1 200 μm、測定速度 50 μm/s、測定荷重 10mg、触針半径 2 μm でおこなった。めっき面およびジンケート面観察は、それぞれ微分干渉光学顕微鏡、SEM によりおこなった。

3.2 結果および考察

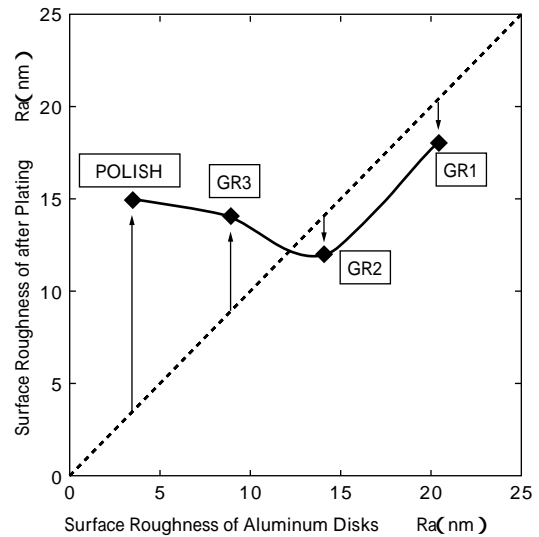
3.2.1 アルミ基板表面粗さの影響

第 3 図にアルミ基板表面粗さとめっき面粗さの相関を示す。アルミ基板粗さが約 Ra14nm 以上の GR1 と GR2 基板は、めっき皮膜のレベリング効果により、めっき面粗さはもとのアルミ基板粗さより低下した。いっぽう、アルミ基板粗さが Ra9nm 以下の GR3 と POLISH 基板では、めっき面粗さはもとのアルミ基板粗さより増加した。すなわち、めっき面粗さを極小にするアルミ基板粗さの存在が示された。

3.2.2 結晶面の優先エッチング

めっき後の粗さ挙動で異なる傾向を示した GR2, GR3 基板のめっき面光学顕微鏡写真を写真 3 に示す。下段の写真は上段の一部を拡大した写真である。GR2 基板は、めっき皮膜によりレベリングされているが、グランド加工時の砥石目は認められる。GR3, POLISH 基板と表面粗さの低減にともない、観察される研磨目は少なくなっていくが、写真 3 で観察されるように、アルミ基板の結晶粒径に相当した優先的なエッチングが生じる。その部分のめっき表面は、優先エッチングを受けていない部位と比較すると明らかに粗くなっている。原子間力顕微鏡によりエッチング深さの測定をおこなった結果、約 20nm の深さであることが確認された。低粗さアルミ基板に生じる同様の現象はすでにめっき浴メーカーの Fidelity 社からも報告されている⁸⁾。

GR3 基板をもちいためっき前処理各工程後の基板表面を写真 4 に示す。前処理は工程の影響を明確にする



第 3 図 アルミ基板粗さとめっき面粗さの相関

Fig. 3 Relationship between aluminum disks and plated disks in roughness

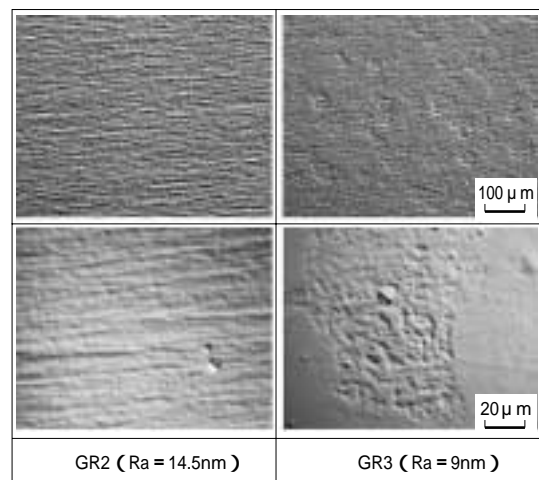


写真 3 GR2 基板および GR3 基板のめっき面光学顕微鏡写真
Photo 3 Photographs of plating surfaces of GR2 disk and GR3 disk

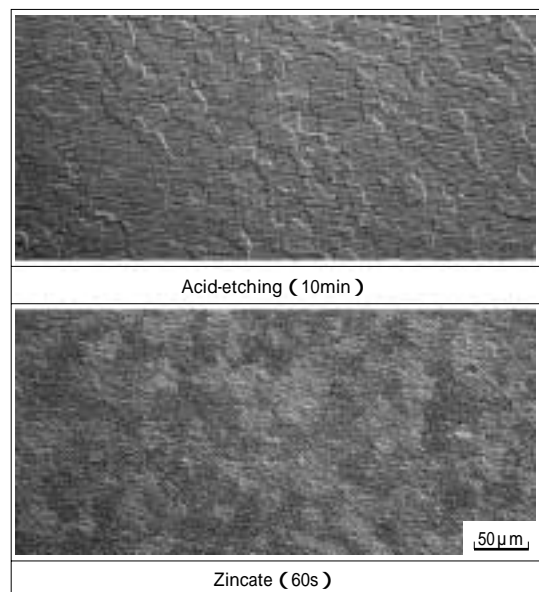


写真 4 めっき前処理における優先エッチングの発生工程
Photo 4 Generated point of selective etching in pre-treatment

ために、単一の処理をおこない、処理時間は通常に比較して長めの処理をおこなった。優先エッチングは、めっ

き前処理時の酸エッチング工程およびジンケート工程で生じ、酸エッチング工程では凹部として、ジンケート工程では微小なエッチングピッチが生じるために、黒色部として観察される。

写真5にGR3基板の優先エッチング面とそれ以外の面のジンケート面SEM像を示す。優先エッチング以外の面は、薄く均一に析出したジンケート膜の上に、研磨目に沿ってZn粒子が析出していることが観察される。優先エッチング面も研磨目に沿った方向にZn粒子は析出しているが、粗大なエッチングピットが形成されており、その内部にZn粒子が固まって析出している。優先エッチング面がそれ以外の面に比較して、めっき面が粗くなる原因として、めっき前処理でのエッチングピット形成と粗大Zn粒子の析出が考えられる。

結晶面の同定をEBSD測定によりおこなった結果(100)面が優先エッチング面と判明した。一般に原子密度の小さい結晶面ほどエッチングに対して活性とされている⁹⁾面心立方構造であるAlは(100)面が活性面となり、微小部X線回折の結果と一致する。表面粗さの粗いGR1, GR2基板に結晶面の選択的エッチングが生じず、平滑なGR3, ポリッシュ基板に結晶面の選択的エッチングが生じた原因としては、表面粗さの低下にともないエッチングやZnの析出起点となる砥石研磨目が減少するために、電位的に卑な結晶方位面が優先エッチングを受けたと考えられる。

3.2.3 ノジュール欠陥の挙動

第4図に各種基板の単位面積あたりのめっき面ノジュール欠陥数を示す。評価は光学顕微鏡の200倍視野下で、直径5 μ m以上のノジュール数をカウントした。アルミ基板の表面粗さ低下にともない、粗大なノジュールの増加が認められる。Znの析出起点である研磨目が減少するために、Zn粒子が粗大に成長したためと考えられる。

3.3 実験結果のまとめ

アルミ基板粗さを低減していったときに、めっき面の平滑性を損なう結晶面の選択的エッチングおよびノジュールの増大は、エッチング起点であるグラインド時の研磨目が減少した結果、エッチングが局部に集中するために生じると考えられる。めっき面平滑化を進めるためには、アルミ合金種、めっき前処理浴に応じた最適な粗さの選定が必要と考えられる。

むすび=ディスク用合金は、記録密度の増加に対応してめっき性の改善に主眼を置き、金属間化合物の微細化と添加元素によるめっき面平滑化を進めてきた。いっぽう、めっき面粗さの極小化に対しては合金組成、めっき前処理条件などが影響を与えると予想されるが、最適なアルミ基板粗さが存在し、アルミ基板の粗さ低減がめっき面

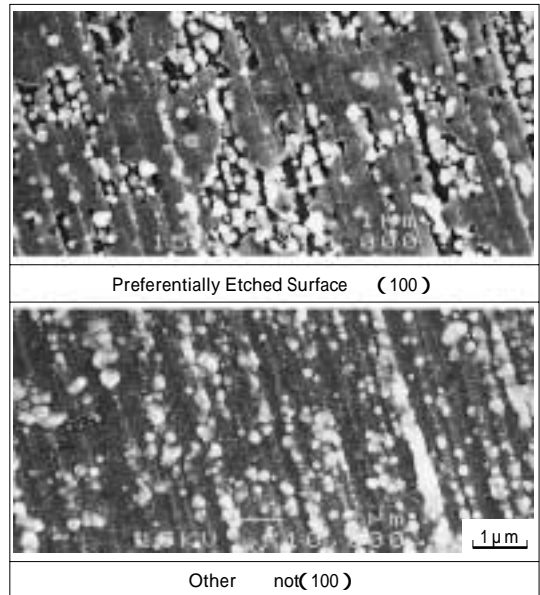
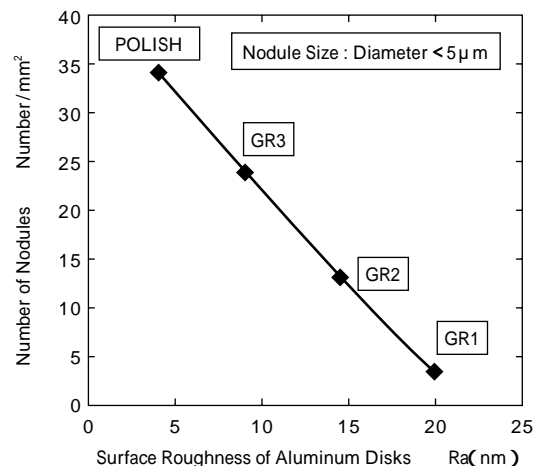


写真5 GR3基板のジンケート面SEM像
Photo 5 SEM images of GR3 disk after zincate treatment



第4図 アルミ基板粗さとノジュールの相関
Fig. 4 Relationship between roughness of aluminum disks and nodules

の平滑性に必ずしも効果的ではないことが示された。

今後の高記録密度に対応していくには、アルミ合金、アルミ基板加工技術、めっき技術も含めた総合的な開発がますます必要になってくると考えられる。

参考文献

- 1) 柳沢雅弘：日経エレクトロニクス，No.684，(1997)，p.141.
- 2) E. S. Murdock：IEEE Trans. Mag.，No.28，(1992)，p.3078.
- 3) 原田衛ほか：日経エレクトロニクス，No.691，(1997)，p.91.
- 4) 高橋史忠：日経エレクトロニクス，No.705，(1997)，p.23.
- 5) 吉川一男：アルミニウム，Vol.2，No.2，(1995)，p.44.
- 6) 星野晃三：R&D 神戸製鋼技報，Vol.40，No.3，(1990)，p.122.
- 7) 藤本日出男：軽金属学会第52回シンポジウム，p.19.
- 8) Alan J. Ruffini：国際ディスクフォーラム，1997(4月)
- 9) 大谷南海男：金属表面工学，p.8(日刊工業新聞，1969)