

薄膜磁気ヘッドスライダ用セラミック材

(1978年～現在)

今回紹介するアルミナチタンカーバイド材 (AlTiC 材) は、ハードディスクドライブ (HDD) に使用されるセラミックス材料である。HDD は高速で回転するディスク上に磁気方式で記録していくデバイスであり、AlTiC 材はその磁気記録を読み書きする素子に用いられる。薄膜磁気ヘッドと呼ばれるこの素子は、AlTiC 材からなる基板 (ウエハ) 上に半導体プロセスを用い回路素子が形成された後、スライダと呼ばれる個片に切断加工される。その製造方法ならびに用途から、AlTiC 基板は高い表面平滑性、平坦性、緻密性、精密な被加工性が要求されるため、高い技術レベルの加圧焼結プロセスが適用されている。また、常に高品質の AlTiC 材を安定して製造するため、原料から最終加工まで個々のプロセスは厳密に管理されている。HDD は情報化時代のコストパフォーマンスに優れた情報記録装置であり、データセンターにおいて中核的な地位を占めている。現在、IoT、5G、DX の拡大を背景として HDD の需要は伸長する予想であり、今後も AlTiC 材は活躍が期待される材料である。

1. 製品適用分野

ハードディスクドライブ (HDD) の薄膜磁気ヘッド^{注1}

¹⁾用基板 (図1)

2. 適用分野の背景

コンピュータ分野における記憶装置は高容量化と小型化が追求されてきた。従来、磁気ヘッドにはパーマロイや酸化フェライトなどのバルク材が開発され量産化されてきた。IBM 社は "Winchester Technology" と呼ばれる磁気ヘッドの空気浮上型記録装置を開発した。1978 年に発表された 3370 型以降は基板上に磁気回路を半導体製造プロセスにより形成した薄膜磁気ヘッド (図2) が使用され、そのセラミック基板に Al₂O₃-TiC 材料 (以下、AlTiC) が使用された。

AlTiC は、Al₂O₃ と TiC を分散させることにより Al₂O₃ の硬度や靱性を改善した材料であり、日本タングステンが 1965 年に加圧焼結技術^{注2}を用いて耐磨耗性に優れたセラミック切削工具として市場へ投入した。当時

は主に米国の自動車産業で多用されており、IBM 社の評価対象の一材料として選定されたのであろう。

その後、薄膜磁気ヘッド用の基板には AlTiC が標準材料として用いられることになり現在に至っている。この間、急激な記録密度の向上と小型化に伴い AlTiC 材へも過酷な要求があり継続的な改善がなされてきた。

3. セラミックの特徴と仕様

工具では主に耐磨耗が要求されるが、薄膜磁気ヘッド基板では異なる特性が要求される。IBM 社は基板の選定には非常に多くの材料と多くの項目について評価したと聞く。図2に示されるように AlTiC には、磁気回路を形成させる基板として要求される特性とともに記録媒体 (ディスク) とのインターフェイスから派生する要求特性が必要となる。これらの特性を満遍なく有する材料として AlTiC セラミック材料が選定されている。図3に Al₂O₃-TiC セラミックのミクロ組織を示

Key-words : アルミナチタンカーバイド、薄膜磁気ヘッド

注1 ハードディスク内の磁気データの読み書きをする役割を持つ。磁気回路は半導体製造プロセス、スライダは、超精密加工によって製造され、最先端の技術、信頼性が要求される。

注2 焼結時に適正な圧力を制御し負荷することにより緻密化を促進させる焼結方法である。一般には、ホットプレス法 (HP) や熱間静水圧プレス (HIP) などを目指す。

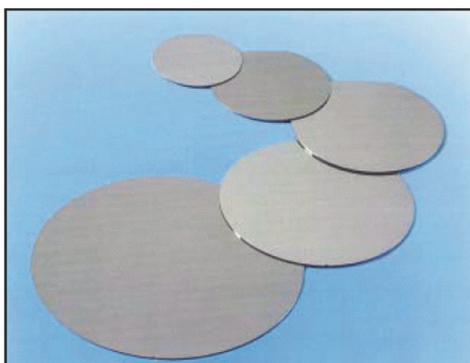


図1 薄膜磁気ヘッド用基板

当初は□2", φ2"であったが現在はφ6"～φ8"が主流で厚みは磁気ヘッドの小型化に伴い、4.0mm ⇒ 2.8mm ⇒ 2.0mm ⇒ 1.2mm と薄くなっている。

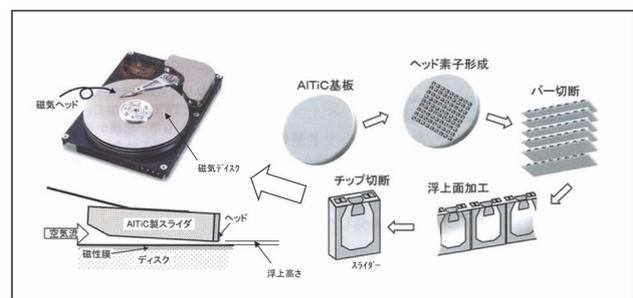


図2 AlTiC スライダについて

AlTiC は磁気回路形成基板であるとともに、磁気ディスクとインターフェイスを形成する部材でもありスライダとも称される。

している。Al₂O₃マトリックス(黒色)の中にTiC(灰色)が分散した組織となっている。また、表1にはAlTiC系磁気ヘッド基板の特性を示している。

(1) 磁気回路形成用基板としての要求

①基板の易加工性(鏡面加工, 切断加工など)

磁気回路形成は薄膜プロセスでありSi基板同様に表面は鏡面に加工される。傷がなく容易に鏡面が得られることが必要である。また、回路形成後にはダイヤモンド砥石で切断され個々のヘッドに分離される。この際、基板の切断容易性が生産性に大きく影響を与える。また、切断時のチップング(欠け)発生も問題であり粒子脱落はHDDの信頼性に影響を与える。AlTiCはTiCの分散によりAl₂O₃の加工性と耐チップング性を大幅に改善している。

②残存ポアの低減

焼結後の残留ポア^{注3)}は発塵の要因になるため低減される必要がある。TiCの存在により焼結性を低下させるが組成制御と加圧焼結により残存ポア

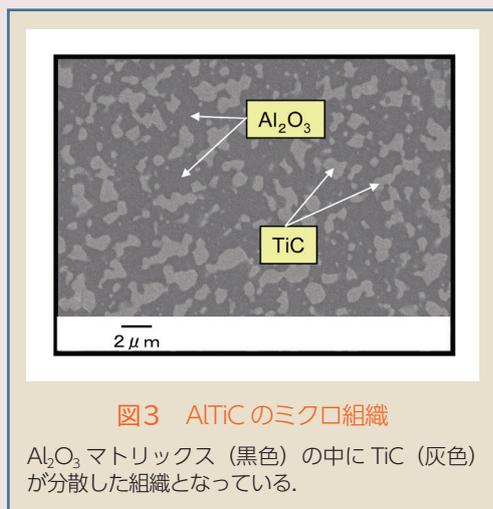


表1 AlTiC材料の機械的, 物理的特性

特性	単位	Al ₂ O ₃ -TiC (AC-72)	Al ₂ O ₃
密度	g/cm ³	4.30	3.97
比抵抗	mΩ・cm	2.0	>10 ¹⁶
硬度	Hv	2000	1900
ヤング率	GPa	390	400
曲げ強度	MPa	880	800
破壊靱性	MPa・m ^{1/2}	3.8	3.0
熱伝導率	W/(m・K)	24	29
熱膨張係数	ppm/K	7.6	7.6
結晶粒径	μm	1.0	5.0
光学定数	n	2.24	λ=5461 Åで測定
	k	0.45	

*比較材は日本タングステン㈱の加圧焼結されたAl₂O₃焼結体である

アの低減を達成している。

③内部応力の低減

基板へ磁気回路等のヘッド素子形成後、図2に示すように棒状切断^{注4)}される。この際に基板に残留応力があると棒材が反り、その後の磁極の高さ調整加工により精度が得られない。そこで、極限まで内部応力を低減させることが求められるが、プロセス制御によりこれを達成している。

(2) ヘッド-ディスクインターフェイスからの要求

④優れた記録媒体とのトライボロジー特性

記録ディスクの回転とともに磁気ヘッドは浮上するが、停止時はディスクと接触する。ディスク表面の記録媒体への影響の点から、特に停止・起動時のトライボロジー特性が評価され、優れたトライボロジー特性が示された。現在はスライダ一面の超精密加工、形状制御、同時にディスクやスライダ一面の保護膜、潤滑膜の技術改善により、10nm以下というナノの領域の低浮上化を達成している。

⑤優れたイオン加工性

記録密度を向上させるためには浮上高さを低下させることが有効であり積極的に技術開発が進められてきた。浮上量の低下とともに磁気ディスク内外の周速差^{注5)}による影響が無視できなくなり、図2のようにディスクとの対向面(ABS: Air Bearing Surface)側は、従来の砥石や砥粒を使用した機械加工でなく半導体プロセス同様、真空中でアルゴンイオンや反応性ガスを使用した精密除去加工により流体力学的な形状を与え解決している。このドライプロセスにおける加工速度や加工後の面性状が重要となっており、AlTiC材の組織や組成制御によりこの課題を解決している。

4. 製法

厳選された原料粉末を所定組成に混合し、加圧焼結で緻密に焼結した後、平坦かつ平滑に加工して磁気ヘッド基板は製造される(図4)。

常に安定した品質が維持できるように、個々のプロセスを

注3 粉体同士の接触部に存在する空孔が、高温高压下での加圧焼結終了後、完全に消滅しなかった残留空孔。液相を介しない固相焼結で生じやすい。

注4 図2に示すようにヘッド素子形成後に棒状切断される。

注5 図2に示すようにディスクの内周と外周でディスク回転速度の違い(周速差)によってスライダのディスクからの浮上高さがディスクの内外で差異が生じないようにスライダ一面の設計が施されている。

*図2中に「磁気ディスク」を記載

厳密に管理する必要があるが、とくに粉末混合条件、および加圧焼結条件を適切かつ正確に制御することによって、基板内の密度や組成がきわめて均質で残留応力が少なく均一な磁気ヘッド基板が得られる。

5. 将来展望

HDD は従来のコンピュータの記録装置としてだけでなく、**図5**のように面記録密度の向上に伴い、大容量化や小型化が図られ、近年ではデータセンター向けのストレージ機器としても搭載されている。スマートフォンなどの様々な電子機器から生成されるデジタルデータ量は爆発的に増加しており、コストパフォーマンスに優れたデジタルデータ保存方法として、今後もHDDの需要は継続すると予想される。

この薄膜磁気ヘッド用スライダ用セラミックス材料(AITC材)もこの小型化、低浮上化に対応したナノテクノロジーを駆使した微細加工スライダの設計要求やHDD内のパーティクル対策に代表されるより信頼性に優れた材料の改善が行われている。

文献

- ・電子材料工業会編, “高機能セラミック基板”, (1994) pp.223 ~ 252.
- ・図5: IDEMA JAPAN 磁気ディスク誕生50周年記念展示会 (2006年6月)

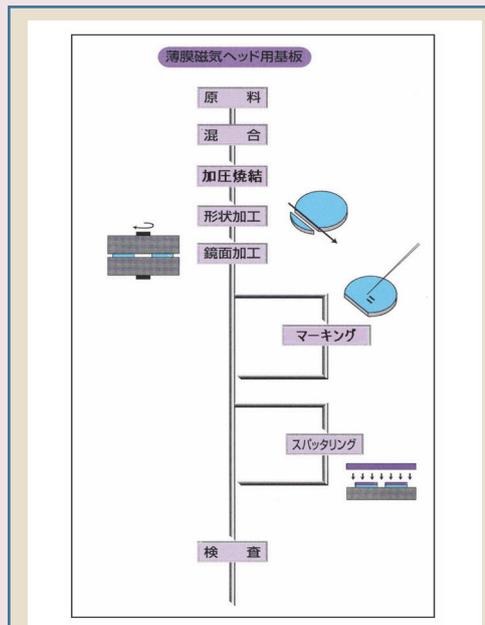


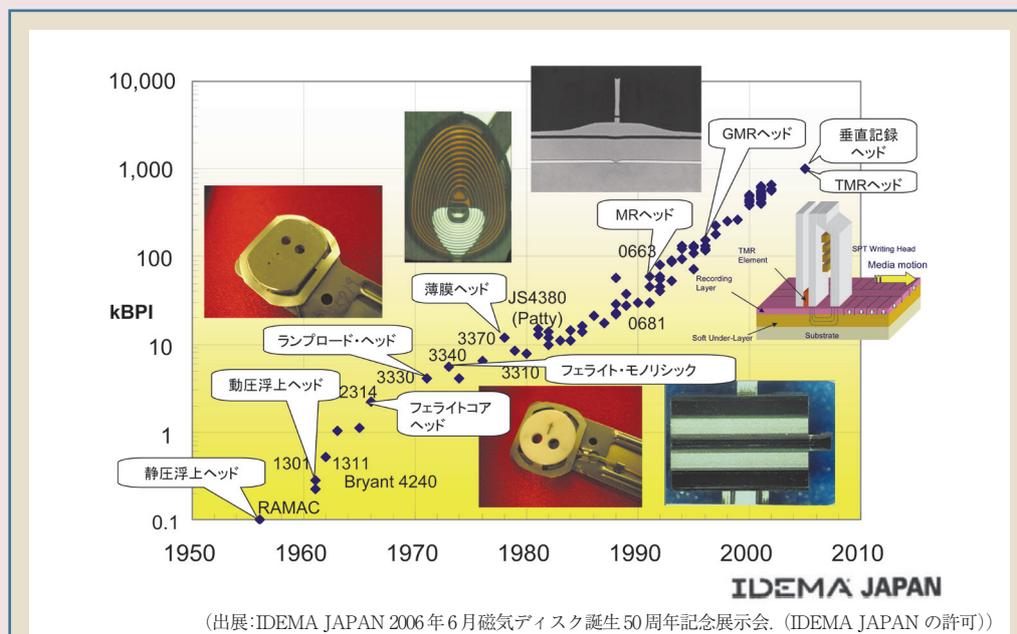
図4 薄膜磁気ヘッド用基板の工程フロー

AITC基板は、緻密に、加圧焼結した後、平坦かつ平滑に加工される。基板は、材料や加工の履歴を示すマーキングが施され、客先要求により、基板面にアルミナ膜が形成される。

[連絡先]

(株) プロテリアル
パワーエレクトロニクス事業部 山崎工場
〒618-0013 大阪府三島郡島本町江川 2-15-17

日本タングステン(株) 機械部品事業本部
〒811-2101 福岡県粕屋郡宇美町大字宇美字 3351



(出展: IDEMA JAPAN 2006年6月磁気ディスク誕生50周年記念展示会。(IDEMA JAPANの許可))

図5 HDD用磁気ヘッド技術の変遷と面記録密度の進化

磁気ヘッド技術の変遷と面記録密度(縦軸)の関係を示す。IBM社が1978年に発表した3370型薄膜磁気ヘッドに、初めて、AITC材が、使用された。