

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-220288

(P2007-220288A)

(43) 公開日 平成19年8月30日(2007.8.30)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
G 11 B 5/84 (2006.01)	G 11 B 5/84	A 5 D 0 4 2
G 11 B 5/60 (2006.01)	G 11 B 5/60	Z 5 D 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2007-62542 (P2007-62542)	(71) 出願人	591037649 コマッグ・インコーポレイテッド KOMAG, INCORPORATED アメリカ合衆国カリフォルニア州9513 1-1873・サンノゼ・オートメーショ ンパークウェイ 1710
(22) 出願日	平成19年2月13日 (2007.2.13)	(71) 出願人	507078946 アヘッド マグネティクス インコーポレ イテッド
(31) 優先権主張番号	60/773,190	(71) 出願人	アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 119 サン ホセ ヴィア デル オロ 6410
(32) 優先日	平成18年2月13日 (2006.2.13)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 賢男
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	60/773,266		
(32) 優先日	平成18年2月14日 (2006.2.14)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	11/399,883		
(32) 優先日	平成18年4月7日 (2006.4.7)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

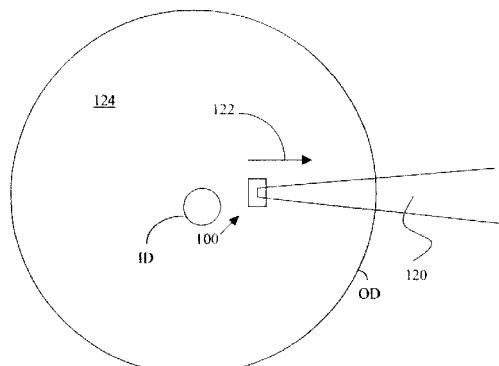
(54) 【発明の名称】バニシングヘッド

(57) 【要約】

【課題】バニシングヘッドの飛行特性を改善する。

【解決手段】バニシングヘッドは少なくとも2つのレールを備え、各レールは内壁および外壁を有する。外壁は互いに、かつバニシングヘッドの中心軸線に対して所定の角度となっている。このような角度によって、バニシングヘッドがバニス仕上げすべきディスクに接触した場合、ヘッドは、改善された回復時間を示すことができる。レールの壁は垂直であり、レールの壁とレールの頂部表面との間のコーナーはシャープとなっている。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

前縁および後縁を有する、所定材料の本体と、

内壁および外壁を備え、前記材料の本体から延びた第1レールおよび第2レールとを備え、前縁に最も近い前記第1レールの前記外壁の部分が後縁に最も近い前記第1レールの前記外壁部分よりも中心軸に近くなるよう、前記第1レールの前記外壁が前記バニシングヘッドの中心軸に対して所定の角度となっており、前縁に最も近い前縁第2レールの前記外壁部分のほうが、後縁に最も近い前記第2レールの前記外壁部分よりも中心軸線に近くなるよう、前記第2レールの前記外壁が中心軸線に対して所定の角度となっているバニシングヘッド。

10

【請求項 2】

前記外壁と前記中心軸線との間の角度の各々が、約5～25°の間にある、請求項1記載のバニシングヘッド。

【請求項 3】

前記レールの高さが、30μmよりも高い、請求項1記載のバニシングヘッド。

【請求項 4】

磁気ディスクをバニス仕上げするための方法であって、

前記磁気ディスクを回転させるステップと、

前記磁気ディスクの上にバニシングヘッドを飛行させるステップとを備え、

前記バニシングヘッドが、所定材料の本体と、前記所定材料の本体から延びた第1レールおよび第2レールとを備え、前記第1レールおよび前記第2レールが内壁および外壁を備え、前記前縁に最も近い前記第1レールの前記外壁の部分が後縁に最も近い前記第1レールの前記外壁部分よりも中心軸に近くなるよう、前記第1レールの前記外壁が前記バニシングヘッドの中心軸に対して所定の角度となっており、前縁に最も近い前縁第2レールの前記外壁部分のほうが、後縁に最も近い前記第2レールの前記外壁部分よりも中心軸線に近くなるよう、前記第2レールの前記外壁が、中心軸線に対して所定の角度となっている方法。

20

【請求項 5】

前記外壁と前記中心軸線との間の角度の各々が、約5～25°の間にある、請求項4記載の方法。

30

【請求項 6】

前記レールの高さが、30μmよりも高い、請求項6記載の方法。

【請求項 7】

前記第1レールと前記第2レールとが、前記バニシングヘッドの飛行性を高めるよう、前記中心軸線に対して対称的となっている、請求項4記載の方法。

【請求項 8】

前記第1レールと前記第2レールとが、前記バニシングヘッドの飛行性を高めるよう、前記中心軸線に対して対称的となっている、請求項1記載のバニシングヘッド。

【請求項 9】

所定材料の本体と、

前記所定材料の本体から30μmよりも長い距離延びている第1レールおよび第2レールを備え、前記第1レールおよび第2レールが内壁および外壁を備え、前記外壁のうちの少なくとも1つが、前記バニシングヘッドの中心軸線に対して所定の角度となっており、前記少なくとも1つのレールが、前記材料の本体の前記バニシング表面に対して75～90°の角度をなし、前記第1レールおよび第2レールの前記外壁と、前記第1レールおよび第2レールのバニシング表面との間の曲率半径が、0.0127mm(0.5ミル)未満であるバニシングヘッド。

40

【請求項 10】

前記磁気ディスクを回転させるステップと、

前記磁気ディスクの上にバニシングを飛行させるステップとを備え、

50

前記バニシングヘッドが所定材料の本体と、

前記所定材料の本体から $30\text{ }\mu\text{m}$ よりも長い距離延びている第1レールおよび第2レールを備え、前記第1レールおよび第2レールは内壁および外壁を備え、前記外壁のうちの少なくとも1つが前記バニシングヘッドの中心軸線に対して所定の角度となっており、前記少なくとも1つのレールが前記材料の本体の前記バニシング表面に対して $75\sim90^\circ$ の角度をなし、前記第1レールおよび第2レールの前記外壁と、前記第1レールおよび第2レールのバニシング表面との間の曲率半径が、 0.0127 mm (0.5 ミル)未満である、磁気ディスクをバニス仕上げする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、磁気ディスクをバニス仕上げするためのバニシングヘッドおよび磁気ディスクをバニス仕上げするための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気ディスクは、一般に次の方法によって製造される。

1. アルミニウム合金基板にニッケル-リン合金を無電解メッキする。

2. メッキされたこの基板をテクスチャー仕上げする。

3. メッキされ、テクスチャー仕上げされた基板に1つ以上の下部層、1つ以上の磁気層および1つ以上の保護オーバーコートをデポジットする。(基板に同じように他の層をデポジットすることも知られている。)

20

4. 保護オーバーコートに潤滑剤を塗布する。

5. この結果得られたディスクを、次にバニス仕上げする。

【0003】

バニス仕上げ中、ディスクを回転し、ディスクの上でバニシングヘッドを飛行させ、好ましくない汚染粒子を除去する。かかる汚染粒子は「キスバフ(kiss-buff)」プロセス中、またはエッジバスプロセス中に生じるA12O3を含むことがある。バニス仕上げ中の粒子除去効率を高めることができ、このプロセスの重要な目的である。図1は、磁気ディスク12をバニス仕上げする従来のバニシングヘッド10を示す。ディスク12が方向16に回転している間、ヘッド10は、サスペンション14によって保持されている。ヘッド10は、ディスク12の走行運動に対して約 15° の角度に保持される。バニス仕上げ中、ヘッド10はディスク12の表面から汚染粒子を除去する。

30

【0004】

図2A、2Bおよび2Cは、ヘッド10の側面図、背面図および底面図をそれぞれ示す。これら図から分かるように、ヘッド10は、このヘッド10の底部表面から延びる第1レール18aと第2レール18bを含む。レール18a、18bは、ヘッド10の中心軸線Cに対して平行であり、これらレールは、ヘッド10がディスク12の上方を飛行することを助ける傾斜した部分、すなわちランプ20を含む。レール18a、18bは、 $100\text{ }\mu\text{m}$ の高さH1を有し、これらレールは機械加工プロセスによって形成される。レール18a、18bはヘッド10の本体に対して実質的に垂直な側壁22を有し、更にシャープなレールのコーナーを有する。(レールのコーナーとは、レールの側壁22がレールの空気ペアリング表面24に合流するコーナーを意味する。)

40

【0005】

これまでには、バニシングヘッドをエッチングプロセスによって製造していたことも知られている。エッチングプロセスによって形成されたレールは、約 $5\sim10\text{ }\mu\text{m}$ の高さを有する。(これよりも実質的に高いレールをエッチングするには、長い時間がかかる。)エッティングプロセスによって形成される従来の一部のバニシングヘッドは、丸くされたレールコーナーを有し、エッティングプロセスによって形成された従来技術の一部のヘッドは、かなりシャープなレールコーナーを有する。更に、エッティングプロセスによって形成された一部の従来のバニシングヘッドレールは、水平線に対して所定の角度、例えば約 60° 。

50

の側壁を有し、一方、エッティングプロセスによって形成された従来の他のバニシングヘッドは、垂直に近い側壁を有する。しかしながら、我々の最良の知識の範囲内では、レールが約 $10\text{ }\mu\text{m}$ の高さしかないときに垂直の壁を有する従来のレールを形成するのに使用されるエッティングプロセスの条件を、例えば $75\text{ }\mu\text{m}$ 程度に、より高いレールを形成するのに使用した場合、その結果傾斜した壁が得られることが分かっている。

【0006】

(バニシングヘッド10は一対のレールを含むが、従来技術ではナニスに付与された米国特許第4,845,816号、バーガに付与された米国特許第6,267,645号および米国公開特許出願第US2002/0029448A1号に示されているようなバニシング表面を有するバニシングヘッドを提供することも知られている。)

10

【0007】

バニシングヘッドは読み出し・書き込みヘッドとは構造および機能の点で異なる。カブラに付与された米国特許第5,949,614号には、読み出し・書き込みヘッドの一例が開示されている。ディスクドライブ内に読み出し・書き込みヘッドが実装されており、かかるヘッドは使用中に磁気ディスクの上方を飛行する。読み出し・書き込みヘッドの後端部に設けられたトランスジューサが、ディスクとの間でデータを読み出したり書き込んだりするようになっている。バニシングヘッドは、一般にかかるトランスジューサを有していない。

【0008】

磁気ディスクの表面上のアスペリティを検出するためには、別のタイプのヘッドが使用される。かかるヘッドは、アスペリティに対するヘッドの機械的衝撃を検出するためのセンサを含む。バニシングヘッドも一般に、このタイプのトランスジューサを有していない。かかるヘッドは、米国特許第5,963,396号および同第6,138,502号において、バーガ外によって記述されている。

20

【0009】

不幸なことに、バニシングヘッド10は時々バニス仕上げ中にディスク10に接触したり、アバランシュモードのままになることがあり得る。ヘッド10がかかる接触からリカバーし、ディスク10の表面上の飛行を再開し、その後、ディスク10のバニス仕上げを再開するのには時間がかかる。ヘッド10がリカバーするのに必要な時間を短縮することが望ましい。また、バニシングヘッド10は、ディスク10の外側エッジの近くにおいて不安定な飛行特性を示す。その理由は、スライダー本体がABSの下の空気流の方向に平行でないからである。ヘッドの飛行が不安定である結果、ヘッドとディスクの相互作用が生じ、ディスク上の欠陥を生じさせ得るので、このようなことはバニス仕上げ作業にとって望ましくないことである。また、バニシングヘッドのこれら特徴を改善することが好ましい。

30

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係わるバニシングヘッドは、このヘッドの中心軸線に対して所定の角度となっている外壁を有するレールを備える。このことは、粒子を除去するのに望ましい。更にスライダーの中心軸線はサスペンションの中心軸線に平行であるので、良好な飛行特性に起因してヘッドとディスクの相互作用が生じたときに、ヘッドがリカバーする時間が短くなる。

40

【0011】

一実施形態では、側方レールの外壁はヘッドの中心軸線に対して $5\sim25^\circ$ （一般的には 15° ）の角度を有する。この角度は汚染粒子がディスク表面に埋没するのを防止することが実証されている。その理由は、粒子はランプ20に最初には衝突せず、その代わりに粒子をすくい上げるレールのエッジに衝突するからである。ディスクが回転している間に粒子がランプ20の下方に入ると、粒子はランプによって生じた垂直力に起因し、ディスク内に進入できる。この理由は、レールが $5\sim25^\circ$ の間の角度となっているからであ

50

る。

【0012】

一実施形態では、バニシングヘッドはディスクとヘッドとの相対的運動の方向に平行に維持される。

【0013】

従来のバニシングヘッドと比較して、バニシングレールの高さを高くすると、性能が高まることを、我々は発見した。これらレールは一般に $30 \mu m$ 高い高さとなっており、一実施形態では $50 \sim 100 \mu m$ の高さを有する。レールの壁をより高くすると、ヘッドとディスクの境界から放出すべき変位した粒子に対し、これら粒子を再付着させることなく、自由スペースおよび空気流を増加できると考えられる。

10

【0014】

垂直に近い側壁を有するレールを設けることによっても、バニシング性能を高めることができることも発見した。一実施形態では、側壁は 75° よりも大きい角度であり、一実施形態では $80 \sim 90^\circ$ の間である。レールの側壁を急にすることによってすぐれた性能が得られる。その理由は、レールの壁が急でない場合、バニシングヘッドにより汚染粒子に加えられる力の垂直成分は、ディスク表面から離間するように粒子をスイープするのではなく、粒子をディスク内に下方に駆動するように働くからであると考えられる。また側壁を急にした結果、空気の漏れが増加することに起因し、空気ベアリングがより剛性となり、更に表面の異常性または粒状性に対するコンプライアンスが低下するからである。

20

【0015】

レールの側壁と、レールの空気ベアリング表面との間の曲率半径を最小にすることを保証できることも発見した。一実施形態では、このような曲率半径は $0.0127 mm$ (0.5 ミル) 未満、例えば $0.0127 mm \sim 0.00127 mm$ ($0.5 \sim 0.05$ ミル) 、一般には $0.00508 \sim 0.00254 mm$ ($0.2 \sim 0.1$ ミル) の間である。曲率半径を最小にすることが望ましい理由は、バニス仕上げ中に丸くされたコーナーが粒子に衝突した場合、粒子は望ましいフルな衝撃を受けないからである。

20

【0016】

本発明の一実施形態に係わるバニシングヘッドは、*AlTiC* を含む。しかしながら、他の硬質材料、例えば *SiC* または炭素も使用できる。

30

【0017】

以下、本発明に係わるバニシングヘッドの上記およびそれ以外の特徴について、より詳細に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

図 3A ~ 3C は、本発明に従って構成されたバニシングヘッド 100 を示す。このバニシングヘッド 100 は、ヘッド 100 の、全体に平坦な底部表面 104 から延びるレール 102a, 102b を備える。レール 102a, 102b のうちのヘッド 100 の前縁 108 に隣接する部分 106a, 106b は、空気力学的理由から、角度 α で傾斜している。一実施形態では、この角度 α はレール 102a, 102b の空気ベアリング表面 110a, 110b の他の部分に対して 18 分となっている。

40

【0019】

一実施形態では、レール 102 は表面 104 から $50 \sim 100 \mu m$ の間の高さ H_2 だけ延びている。ヘッド 100 は 60 ミルの幅 W_1 および 80 ミルの長さ L_1 を有する。レール 102a, 102b は、長さ L_1 の半分よりも長い距離だけ延びており、一般に長さ L_1 か、または長さ L_1 より若干短い距離だけ延びている。レール 102a, 102b の外壁 112a, 112b はヘッド 100 の中心軸線 C に対して 15° の角度 β をなしている。しかしながら、これら寸法は単なる例にすぎない。

【0020】

バニシングヘッド 100 は、任意の適当な硬質材料から製造できる。例えば一実施形態では、ヘッド 100 は *AlTiC*, *SiC* または炭素を含むことができる。これとは異な

50

り、ヘッド 100 は AlTiC のような材料の本体と、例えばスパッタリングまたは CVD によりその本体上にデポジットされた SiC または炭素の層とを含むことができる。(当技術分野で知られているように) AlTiC は Al2O3 と TiC を含む二相材料である。)

【0021】

図 3C を参照すると、レール 102a, 102b の壁 112a, 112b は、垂直に近くなっている。更に、壁 112a, 112b がレール 102a, 102b の表面 110a, 110b に合流するコーナー 114a, 114b は、一般にシャープな 90 度の角度となっている。

【0022】

壁 112a, 112b は、垂直に示されている(このように垂直であることが好ましい)が、壁 112a, 112b は垂直から若干ずれた角度、例えば 75°。よりも大きい角度となっていてもよい。上記のように、コーナー 114a, 114b のシャープさ、および壁 112a, 112b の垂直の性質が、ヘッド 100 の性能を改善している。

【0023】

使用中、ヘッド 100 は図 4 に示されるように、サスペンション 120 に取り付けられている。バニス仕上げ中のディスク 124 が第 2 モータ(図示されていない)によって回転されている間、第 1 モータ(これも図示されず)は方向 122 へ、サスペンション 120(従ってヘッド 100)を移動させる。バニス仕上げ中、ディスク 124 はヘッド 100 に対して毎秒 152.4 cm(60 インチ(ip s))の速度で移動する。ヘッド 100 は一般にディスク 124 の表面よりも約 8.89 μm(約 0.35 μインチ)上方で飛行する。一般にバニス仕上げ中、ディスク 124 の ID でスタートし、ヘッドを外側に移動させる。しかしながら、別の実施形態ではヘッドを OD から ID に向けて移動させることができるが、このことはディスクの ID に汚染粒子を残す傾向があるので、あまり好ましいことではなく、この部分はデータ記録ゾーンの一部であると考えられる。

【0024】

図 4 の実施形態では、ヘッド 100 の中心軸線 C はディスク 124 の運動方向 128 に平行となっている。このことは、ヘッド 10 が図 1 において取り付けられている角度と対照的である。

【0025】

一実施形態では、バニシングヘッド上のレールは、例えば次のプロセスを使ったエッチングにより形成される。

1. 図 5A に示されるように、例えばスパッタリングにより、材料の本体 202 上に銅の層 200 をデポジットする。(本体 202 は、一般に AlTiC である。)

2. 銅の層 200 の上にフォトレジスト層 204 を形成する。

3. フォトレジスト層 204 をリソグラフィによりパターン形成する。(リソグラフィパターン形成の代わりに、一部の実施形態では電子ビームパターン形成を使用する。)(図 5A および 5B は、材料の本体 202 の小さい部分しか示していない。一般に、本体 202 内に多数のバニシングヘッドが同時に形成される。)

4. この結果得られた構造体は水性塩化鉄(FeCl3)溶液を使ったエッティングステップを受け、フォトレジスト層 204 内のパターンを銅の層 200 へ転写する。次に、例えばアセトンを使ってフォトレジスト層 204 の残りの部分を除去する。

5. 図 5B を参照する。次に、この結果得られた構造体を、フッ素とアルゴンの混合物をプロセスガスとして使用する RIE プロセスを受ける。一実施形態では、フッ素のソースは SF6 であるが、別の実施形態では、他のフッ素を含むガスを使用できる。更に、一実施形態では、エッティング装置内に 20SCCM の SF6 および 15SCCM のアルゴンが流入する。このエッティングプロセスは 30 ~ 100 μmまでの深さ、一実施形態では 65 ~ 100 μmまでの深さにエッティングが行われ得まで続く。

6. その後、水性塩化鉄溶液を使って銅の層 202 の残りの部分を除去する。

7. 次に材料の本体 202 を個々のバニシングヘッドにカットする。

10

20

30

40

50

8. ヘッド上に部分 106a および 106b を機械的に形成する。

【0026】

本願で参考例として援用する「加工部品をエッティングするための方法」を発明の名称とし、サイモン・グリエールによって2006年2月13日に出願された米国仮特許出願第60/773,225号には上記プロセスが記載されている。このプロセスは単なる例にすぎず、別の実施形態では他のプロセスを使用できる。

【0027】

図6Aは、本発明の別の実施形態に従って構成されたバニシングヘッド250を示す。このバニシングヘッド250は、台形のレール252aおよび252bを含む。理解できるように、レール252a, 252bの外壁254a, 254bは、ヘッド250の中心軸線Cに対して角度αとなっている。角度αは5~25°の間であり、一般に約15°である。10

【0028】

図6Bはヘッド250の背面図である。図3の実施形態と同じように、レール252a, 252bは、30~100μmまでの高さH3を有し、一実施形態では65μmの高さを有する。レール252a, 252bの壁は垂直に近い角度、例えば75°より大きい角度、一実施形態では80~90°までの角度をなす。

【0029】

上記実施形態では、レールの双方の外壁はヘッドの中心軸線Cに対して角度αとなっている。(バニシングヘッドがIDからODまで移動するケースに対して) ODに最も近いレールの壁が角度αとなっていることが主に重要である。反対のレールの反対の壁は一般に対称性および飛行の安定性の理由から、この角度αとなっている。(バニシングヘッドがODからIDに向かって移動するケースでは、IDに最も近いレールの壁の角度が主に重要である。)20

【0030】

上記のように、本発明に係わるヘッドの主な利点の1つは、例えば図7に示されるように指向性が改善されることである。図7では、バニス仕上げ中にバニシングヘッドをディスクのODに向かって移動させる実験を行った。ディスクの半径は約47.5mm(1.87インチ)であり、ヘッド351, 352および353は、図1および2に示されるように従来のバニシングヘッドであった。図7から分かるように、平均的にこの設計のヘッドはアバランシュの発生前には約47.117mm(約1.855インチ)までしか到達できない。(ヘッドが飛行を停止し、ディスクに抗力を加えたときにアバランシュが生じる。)アバランシュ後、ヘッド351, 352および353はディスクIDに向かってフルバックされた。理解できるように、ヘッド351, 352および353はこれらが45.9232mm(1.808インチ)の平均半径上に位置するまでリカバーせず、再び飛行を開始することはない。30

【0031】

これと対照的に、(図6Aおよび6Bの構造に係わる)ヘッド301, 302および303は、優れた性能を発揮した。特にこれら援用するは約47.45mm(1.868インチ)の半径(平均値)に到達するまでアバランシュを開始せず、約47.22mm(1.859インチ)の平均半径でリカバーした。従って、この設計のヘッドは優れた飛行性能を呈した。40

【0032】

図6Aおよび6Bの設計に係わるヘッドは優れた飛行性能を呈したが、バニシングヘッドはバニス仕上げ中の良好な粒子除去性能を呈する必要もある。図6Aおよび6Bの構造を有するヘッドは、機械加工によっては容易に形成できない。かかるヘッドをエッティングによって形成できるかどうかを判断するために、エッティング技術を用いて実験を行った。図8はバニシングヘッド401~406を用いた実験中に得られる結果を示す表であり、各ヘッドは下記のような選択された特性を有する。バニシングヘッド401は機械加工によって形成した図1および2に示されるような従来のバニシングヘッドであった。ヘッド50

401のためのレールは、 $100\text{ }\mu\text{m}$ の高さを有していた。実験中、別のA12O3汚染粒子を含む潤滑剤にディスクを浸漬し、次に汚染粒子の新しいカウント数を得るために潤滑剤を検査することにより、ディスク上の汚染粒子の数を判断するための光学的検査装置によってディスクを検査した。次に、ディスクをバニシングヘッドを用いてバニス仕上げした。バニス仕上げ中、IDからODまでヘッドをスイープし、次にODからIDまでヘッドをスイープした。次に再び上記装置を用いてディスクを検査し、どれだけ多くの汚染粒子が除去されたかを判断した。

【0033】

ヘッドを潤滑剤に浸漬したときに、ヘッド401がディスクに加えられた粒子の数に等しい汚染粒子の数を除去した。すなわち、除去された汚染粒子数は、浸漬中に加えられた粒子数の100%に等しい。（この実験中、バニス仕上げ中に除去された粒子は、浸漬に起因して、必ずしもディスク上に載っているすべての同じ粒子とは限らない。しかしながら、バニス仕上げ中に除去される粒子数は浸漬に起因してディスクに載った粒子数と同じであった。）

【0034】

ヘッド402は、ヘッド401に類似しているが、a)ヘッド402がエッチングによって製造されていること、b)ヘッド402のレール高さが $10\text{ }\mu\text{m}$ であること、c)レールの壁が 60° であること、d)ヘッド402に対するレールのコーナーにおける曲率のほうが（シャープなコーナーを有する）ヘッド401よりも大きい（すなわち 0.0508 mm （2ミル）大きい）ことが異なっていた。理解できるように、ヘッド402は、良好でないバニス仕上げ性能を発生し、潤滑剤に浸漬中に加えられた粒子の84.1%だけ等しい粒子の数を除去した。

【0035】

ヘッド403はヘッド402と同じであるが、レールの高さが $10\text{ }\mu\text{m}$ ではなく、 $75\text{ }\mu\text{m}$ であった点が異なっていた。理解できるように、これによって粒子除去効率は96.0%まで上昇した。

【0036】

ヘッド404は、ヘッド403と同じであるが、レールのコーナーはヘッド404において、よりシャープである点が異なっていた。この設計変更は、粒子除去効率を98.4%まで増加させた。

【0037】

ヘッド405はヘッド404と同じであったが、レールの壁が垂直である点が異なっていた。これによって、粒子除去効率は102.05%まで増加した。（このヘッドは汚染粒子を含む潤滑剤にディスクを浸漬したときに加えられた粒子数に等しい数の粒子を除去しただけでなく、浸漬前にディスクに存在していた汚染粒子も除去したので、このような効率が生じ得る。）

【0038】

ヘッド406は、図6Aおよび6Bに係わる設計であった。ヘッド406は、 $75\text{ }\mu\text{m}$ のレール高さ、垂直壁およびシャープなコーナーを有していた。理解できるように、ヘッド406は101.0%の粒子除去効率を呈した。

【0039】

上記実験は、良好なバニス仕上げ性能および良好な飛行性能を達成できるバニシングヘッドを形成できることを示す。

【0040】

異常で、特定の実施形態を参照し、本発明について説明したが、当業者であれば、本発明の要旨から逸脱することなく、形状および細部に関して変更を行うことが可能であることを理解できよう。例えばバニシングヘッドは異なる製造技術を使って製造でき、異なる機械的寸法を有し、異なる材料から製造できる。本発明に係わるバニシングヘッドは全ての特性を有しなくてもよく、上記目的のすべてを満たさなくてもよい。また、バニス仕上げ中に異なる速度でディスクを回転してもよい。従って、これら変更は本発明の範囲内で

10

20

30

40

50

ある。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】磁気ディスクをバニス仕上げするための、従来のバニシングヘッドを示す。

【図2A】図1のバニシングヘッドの側面図である。

【図2B】図2Aのバニシングヘッドの背面図である。

【図2C】図2Aおよび図2Bのバニシングヘッドの底部の平面図である。

【図3A】本発明に係わるバニシングヘッドの側面図である。

【図3B】図3Aのバニシングヘッドの背面図である。

【図3C】図3Aおよび図3Bのバニシングヘッドの底部の平面図である。 10

【図4】磁気ディスクをバニス仕上げするための、サスペンションに取り付けられた図3A～3Cのバニシングヘッドを示す。

【図5A】バニシングヘッドを製造するための方法を示す。

【図5B】バニシングヘッドを製造するための方法を示す。

【図6A】本発明の別の実施形態に従って構成されたバニシングヘッドの底面図である。

【図6B】図6Aのバニシングヘッドの背面図である。

【図7】本発明に係わるバニシングヘッドの飛行性能と、従来技術に係わるバニシングヘッドの飛行性能とを比較する表である。

【図8】種々の特性を有するバニシングヘッドのバニス仕上げ性能を比較数表である。

【符号の説明】 20

【0042】

10 バニシングヘッド

12 磁気ディスク

14 サスペンション

18 a 第1レール

18 b 第2レール

20 ランプ

100 バニシングヘッド

102 a, 102 b レール

110 a, 110 b 空気ベアリング表面

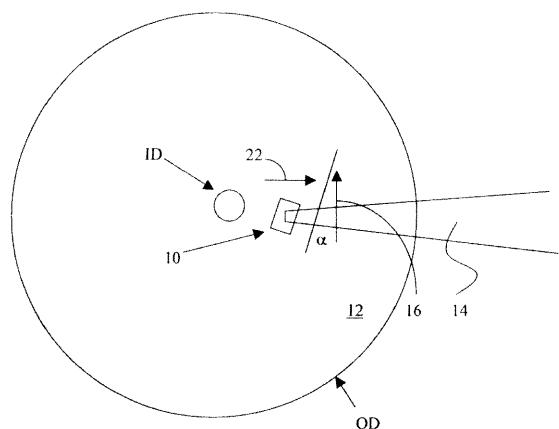
30

112 a, 112 b 壁

120 サスペンション

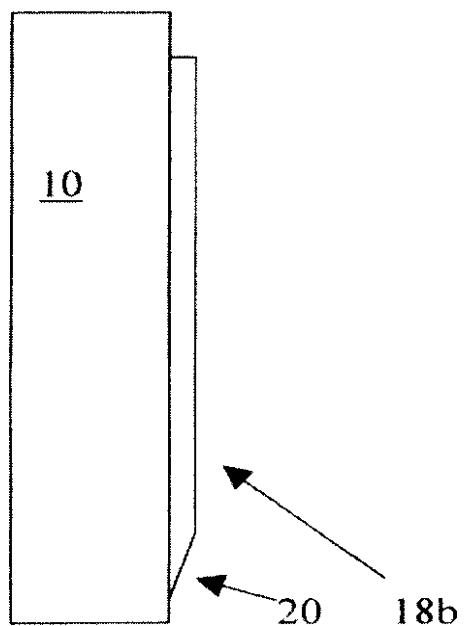
124 ディスク

【図1】



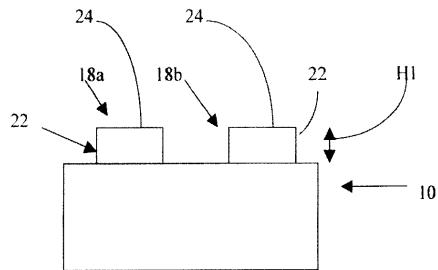
(従来技術)

【図2 A】



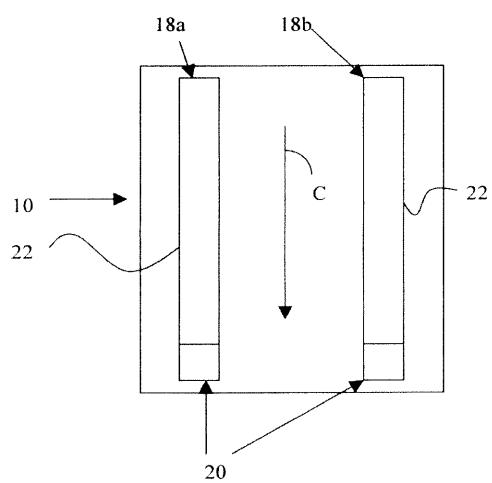
(従来技術)

【図2 B】



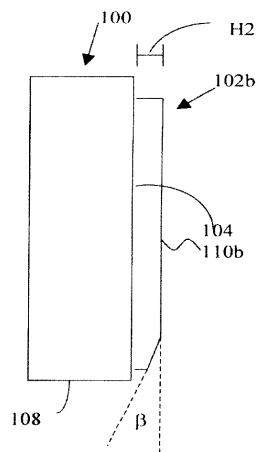
(従来技術)

【図2 C】

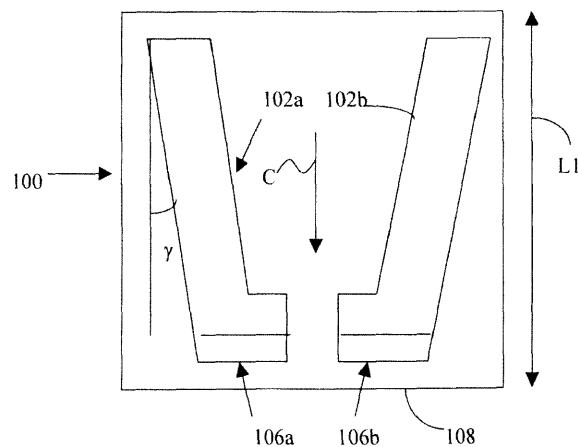


(従来技術)

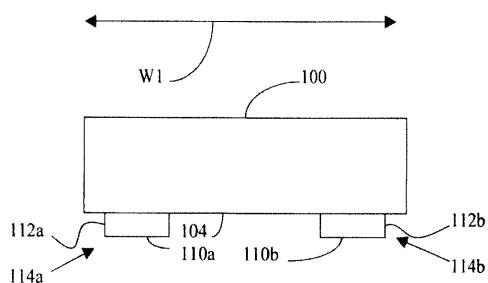
【図3A】



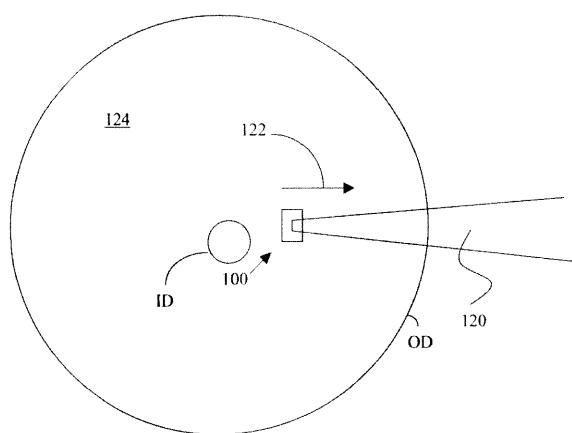
【図3C】



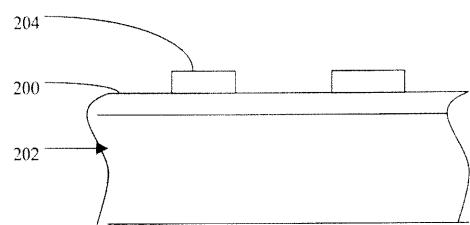
【図3B】



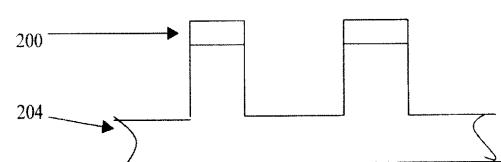
【図4】



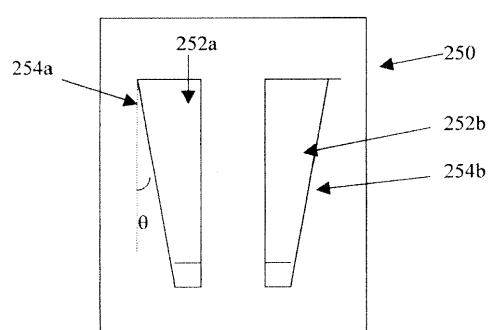
【図5A】



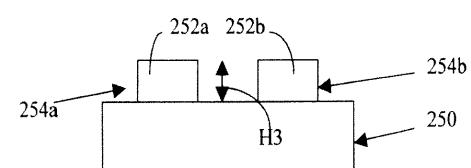
【図5B】



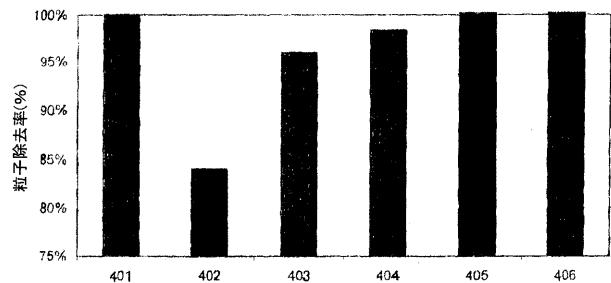
【図6A】



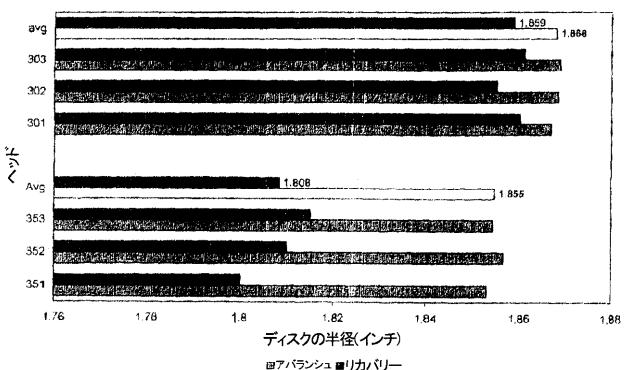
【図6B】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100065189
弁理士 穴戸 嘉一

(74)代理人 100088694
弁理士 弟子丸 健

(74)代理人 100103609
弁理士 井野 砂里

(72)発明者 バルヴィンダー シン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95037 モーガン ヒル サン ガブリエル アベニュー
- 640

(72)発明者 ハワード ジェイ テンブル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95123 サン ホセ ウェイブリッジ ドライブ 51
1

(72)発明者 ジャヤデヴ パテル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95111 サン ホセ ハッシンジャー ドライブ 45
0

F ターム(参考) 5D042 NA02 PA10 QA02
5D112 AA24 GA11

【外國語明細書】

BURNISHING HEAD

Background of the Invention

This invention relates to burnishing heads for burnishing magnetic disks and methods for burnishing magnetic disks.

Magnetic disks are typically manufactured with the following method:

1. An aluminum alloy substrate is electroless plated with a nickel-phosphorus alloy.
2. The plated substrate is textured.
3. One or more underlayers, one or more magnetic layers, and one or more protective overcoats are deposited on the plated, textured substrate. (It is also known to deposit other layers onto the substrate as well.)
4. A lubricant is applied to the protective overcoat.
5. The resulting disk is then burnished.

During burnishing, the disk is rotated, and a burnishing head flies over the disk to remove undesired contaminant particles. Such contaminant particles can comprise Al_2O_3 generated during a “kiss-buff” process or an edge buff process. Enhancing particle removal efficiency during burnishing is an important process objective. Fig. 1 illustrates a prior art burnishing head 10 burnishing a magnetic disk 12. Head 10 is held by a suspension 14 while disk 12 rotates in a direction 16. Head 10 is held at an angle α of about 15° relative to the motion of travel of disk 12. During burnishing, head 10 removes contaminant particles from the surface of disk 12.

Fig. 2A, 2B and 2C illustrate side, rear and bottom views of head 10. As can be seen, head 10 comprises first and second rails 18a, 18b extending from a bottom surface of head 10. Rails 18a, 18b are parallel to a central axis C of head 10, and comprise an inclined portion or ramp 20 that assists head 10 to "fly" above disk 12. Rails 18a, 18b have a height H1 of about 100 μm , and are formed by a mechanical machining process. Rails 18a, 18b have side walls 22 that are substantially vertical with respect to the body of head 10, and have a sharp rail corner. (By rail corner we mean the corner where rail side walls 22 meet rail air bearing surface 24.)

It is also known that burnish heads have been made with etching process. Rails formed by etching have a height of about 5 to 10 μm . (It would take a long time to etch rails of substantially greater height.) Some prior art burnishing heads formed by etching have rounded rail corners and some prior art heads formed by etching have fairly sharp rail corners. Also, some prior art burnishing head rails formed by etching have side walls at an angle, e.g. about 60° with respect to the horizontal, whereas other prior art burnishing head rails formed by etching have side walls close to vertical. However, to the best of our knowledge, the etching process conditions used to form prior art rails that have vertical walls when the rails are only about 10 μm high, would result in sloped walls if used to form rails that were much higher, e.g. 75 μm high.

(Although burnishing head 10 comprises a pair of rails, it is also known in the art to provide burnishing heads having burnishing surfaces such as those shown in U.S. Patent 4,845,816, issued to Nanis, U.S. Patent 6,267,645, issued to Burga, and U.S. Patent Application publication US 2002/0029448A1.)

Burnishing heads differ in structure and function from read-write heads.

An example of a read-write head is discussed in U.S. Patent 5,949,614, issued to Chhabra.

A read-write head is incorporated into a disk drive. Such a head flies over a magnetic disk during use. A transducer provided at the trailing end of the read-write head reads data from and writes data to the disk. Burnishing heads typically lack such transducers.

Another type of head is used to detect asperities on a magnetic disk surface. Such a head comprises a sensor for sensing mechanical impact of the head against asperities. Burnishing heads typically lack transducers of this type as well. Such heads are discussed in by Burga et al. in U.S. Patent 5,963,396 and 6,138,502.

Unfortunately, from time to time, burnishing head 10 may contact disk 10 during burnishing and stay in the avalanche mode. It takes time for head 10 to "recover" from such contact, resume flight over the surface of disk 10, and thereafter resume burnishing disk 10. It would be desirable to reduce the amount of time required for head 10 to recover. Also, the burnishing head 10 shows unstable flying characteristics near the outer edge of the disk 10 since the slider body is not parallel to the direction of the air flow under ABS. This is undesirable for burnishing operation because unstable flying of the head could result in head-disk interaction causing defect generation on the disk. It would be desirable to improve these aspects of burnishing heads.

Summary

A burnishing head in accordance with our invention comprises rails having outer side walls that are at an angle with respect to a central axis of the head. This is desirable for particle removal. Also, since the central axis of the slider is parallel to that

of suspension, it takes less time for the head to recover when head-disk interaction occurs due to better flying characteristics.

In one embodiment, the outer walls of the side rails have an angle between 5 and 25° (and typically 15°) with respect to the central axis of the head. It has been demonstrated that this angle prevents contaminant particles from embedding into the disk surface since the particles don't hit the ramp 20 first, but instead hit the edge of the rail which shoves the particles. If the particles come under the ramp 20 while the disk is spinning, the particles can embed into the disk due to vertical force exerted by the ramp. That is why the rails are at an angle between 5 and 25 degrees.

In one embodiment, the burnishing head is held parallel to the direction of the relative motion between the disk and the head.

We have discovered that increasing the height of the burnishing rails compared to prior art burnishing heads enhances performance. The rails typically have a height greater than 30 μm , and in one embodiment, between 50 and 100 μm . It is believed that the higher rail walls permit increased free space and air flow for displaced particles to be ejected from the head/disk interface without being reattached.

We have also discovered that providing rails with side walls close to vertical also enhances burnishing performance. In one embodiment, the side walls are at an angle greater than 75°, and in one embodiment between 80 and 90°. We believe that having steep rail side walls is superior because if the rail walls are not steep, the vertical component of the force applied by the burnishing head to the contaminant particles tends to drive the particles downward into the disk instead of sweeping the particles off of the

disk surface. Also the steep side walls result in a stiffer air bearing due to increased air leakage and results in less compliance to surface abnormalities or particulates.

We have also discovered that ensuring that the any radius of curvature between the rail side walls and the rail air bearing surface is minimized. In one embodiment, this radius of curvature is less than 0.5 mils, e.g. between 0.5 and 0.05 mils, and typically between 0.2 and 0.1 mils. We believe that the reason it is desirable to minimize the radius of curvature is that if a rounded corner hits a particle during burnishing the particle does not receive the full desired impact.

A burnishing head in accordance with one embodiment of our invention comprises AlTiC. However, other hard materials can also be used, e.g. SiC or carbon.

These and other features of a burnishing head in accordance with our invention are described in greater detail below.

Brief Description of the Drawings

Fig. 1 illustrates prior art burnishing head burnishing a magnetic disk.

Fig. 2A is a side view of the burnishing head of Fig. 1.

Fig. 2B is a rear view of the burnishing head of Fig. 2A.

Fig. 2C is a plan view of the bottom of the burnishing head of Fig. 2A and 2B.

Fig. 3A is a side view of a burnishing head in accordance with the invention.

Fig. 3B is a rear view of the burnishing head of Fig. 3A.

Fig. 3C is a plan view of the bottom of the burnishing head of Fig. 3A and 3B.

Fig. 4 illustrates the burnishing head of Figs. 3A to 3C mounted on a suspension and burnishing a magnetic disk.

Figs. 5A and 5B illustrate a method for making a burnishing head.

Fig. 6A is a bottom view of a burnishing head constructed in accordance with another embodiment of the invention.

Fig. 6B is a rear view of the burnishing head of Fig. 6A.

Fig. 7 is a table comparing flying performance of burnishing heads in accordance with the invention and burnishing heads in accordance with the prior art.

Fig. 8 is a table comparing burnishing performance of burnishing heads having various characteristics.

Detailed Description

Figs. 3A to 3C illustrate a burnishing head 100 constructed in accordance with our invention. Burnishing head 100 comprises rails 102a, 102b extending from a generally planar bottom surface 104 of head 100. Portions 106a, 106b of rails 102a, 102b, adjacent a leading edge 108 of head 100, are sloped at an angle β for aerodynamic reasons. In one embodiment, angle β is 18 minutes with respect to the rest of the air bearing surfaces 110a, 110b of rails 102a, 102b.

In one exemplary embodiment, rails 102 extend a height H2 between 50 and 100 μm from surface 104. Head 100 has a width W1 of 60 mils and a length L1 of 80 mils. Rails 102a, 102b extend a distance greater than half of length L1, and typically

extend length L1 or a distance slightly less than length L1. Outer walls 112a, 112b of rails 102a, 102b form an angle γ of 15° with respect to a central axis C of head 100. These dimensions, however, are merely exemplary.

Burnishing head 100 may be made of any appropriately hard material. For example, in one embodiment, head 100 can comprise AlTiC, SiC or carbon. Alternatively, head 100 can comprise a body of material such as AlTiC and a layer of SiC or carbon deposited thereon, e.g. by sputtering or CVD. (As is known in the art, AlTiC is a two-phase material comprising Al_2O_3 and TiC.)

Referring to Fig. 3C, walls 112a, 112b of rails 102a, 102b are close to vertical. Also, corners 114a, 114b where walls 112a, 112b meet surfaces 110a, 110b of rails 102a, 102b are typically sharp 90° angles.

While walls 112a, 112b are illustrated as vertical (and are preferably vertical), walls 112a, 112b can be slightly off vertical, e.g. at an angle greater than 75°. As explained above, the sharpness of corners 114a, 114b and the vertical nature of walls 112a, 112b improve the performance of head 100.

During use, head 100 is mounted to a suspension 120 as shown in Fig. 4. A first motor (not shown) moves suspension 120 (and therefore head 100) in a direction 122 while a disk 124 being burnished is rotated by a second motor (also not shown). During burnishing, disk 124 moves at a rate of 600 inches per second ("ips") relative to head 100. Head 100 typically flies at about 0.35 microinches above the surface of disk 124. Typically, during burnishing, one starts at the ID of disk 124 and moves the head outwardly. However, in other embodiments, the head can be moved from the OD toward

the ID, although this is less desirable, as it would tend to leave contaminant particles at the ID of the disk, and this could conceivably be part of the data recording zone.

In the embodiment of Fig. 4, the central axis C of head 100 is parallel to the direction of motion 128 of disk 124. This is in contrast to the angle α at which head 10 is mounted in Fig. 1.

In one embodiment, the rails on the burnishing head are formed by etching, e.g. using the following process:

1. As shown in Fig. 5A, a copper layer 200 is deposited, e.g. by sputtering, on a body of material 202. (Body 202 is typically AlTiC.)
2. A photoresist layer 204 is formed on copper layer 200.
3. Photoresist layer 204 is lithographically patterned. (In lieu of lithographic patterning, in some embodiments e-beam patterning is used.) (Figs. 5A and 5B only show a small portion of body of material 202. Typically, many burnishing heads are formed in body 202 simultaneously.)
4. The resulting structure is subjected to an etching step using an aqueous ferric chloride (FeCl_3) solution to thereby transfer the pattern in photoresist layer 204 to copper layer 200. The remaining portion of photoresist layer 204 is then removed, e.g. with acetone.
5. Referring to Fig. 5B, the resulting structure is then subjected to a RIE process using a mixture of fluorine and argon as the process gas. In one embodiment, the source of fluorine is SF_6 , but in other embodiments, other fluorine-containing gasses can be used. Also, in one embodiment, 20 SCCM SF_6 and 15 SCCM of argon flow into the etching

apparatus. The etching process continues until etching is performed to a depth from 30 to 100 μm , and in one embodiment, between 65 and 100 μm .

6. Thereafter, the remaining portion of copper layer 202 is removed using an aqueous ferric chloride solution.

7. Body of material 202 is then cut into individual burnishing heads.

8. Portions 106a and 106b are mechanically formed on the heads.

Further details concerning the above-mentioned process are described in U.S. Provisional Patent Application 60/773,225, filed on February 13, 2006 by Simone Guerrier, entitled "Method for Etching a Workpiece", incorporated herein by reference. This process is merely exemplary. In other embodiments, other process can be used.

Fig. 6A illustrates a burnishing head 250 constructed in accordance with an alternative embodiment of our invention. Burnishing head 250 comprises trapezoidal rails 252a and 252b. As can be seen, outer walls 254a, 254b of rails 252a, 252b are at an angle θ with respect to the central axis C of head 250. Angle θ is between 5 and 25°, and typically about 15°.

Fig. 6B is a rear view of head 250. As in the embodiment of Fig. 3, rails 252a, 252b have a height H3 between 30 and 100 μm , and in one embodiment, 65 μm . The walls of rails 252a, 252b form an angle close to the vertical, e.g. greater than 75° and in one embodiment, between 80 and 90°.

In the above-described embodiments, both the outer rail walls are at an angle θ with respect to the head's central axis C. It is primarily important for the rail wall closest to the OD (for the case in which the burnishing head is moved from the ID to the OD) to be at angle θ . The opposite wall of the opposite rail is typically at this angle for

reasons of symmetry and flying stability. (For the case in which the burnishing head is moved from the OD toward the ID, the angle of the rail wall closest to the ID is of primary importance.)

As mentioned above, one of the major advantages of a head in accordance with the invention is an improvement in flyability, e.g. as shown in Fig. 7. In Fig. 7 an experiment was performed in which burnishing heads were moved toward a disk OD during burnishing. The disk radius was 1.87 inches. Heads 351, 352 and 353 were prior burnishing heads as shown in Figs. 1 and 2. As can be seen in Fig. 7, on the average, heads of this design could only reach about 1.855 inches before the onset of avalanching. (Avalanching occurs when the head stops flying and drags on the disk.) After avalanching, heads 351, 352 and 353 were pulled back toward the disk ID. As can be seen, heads 351, 352 and 353 did not recover and begin flying again until they were on an average radius of 1.808 inches.

In contrast, heads 301, 302 and 303 (in accordance with the design of Figs. 6A and 6b) achieved superior performance. In particular, they did not begin avalanching until they reached a radius (on average) of 1.868 inches, and they recovered at an average radius of 1.859 inches. Thus, heads of this design exhibited superior flying performance.

Although heads in accordance with the design of Figs. 6A and 6B exhibited superior flying performance, it is also necessary for burnishing heads to exhibit good particle removal during burnishing. Heads having the Fig. 6A and 6B design are not easily formed by machining. We experimented with etching techniques to determine whether such heads could be formed by etching. Fig. 8 is a table illustrating the results achieved during experiments with burnishing heads 401 to 406, each having selected

characteristics as discussed below. Burnishing head 401 was a prior art burnishing head as shown in Figs. 1 and 2 formed by machining. The rails for head 401 had a height of 100 μm . During the experiments, a disk was examined with optical inspection apparatus to determine the number of contaminant particles thereon, dipped in lubricant which contained additional Al_2O_3 contaminant particles, and examined again to get a new count of contaminant particles. The disk was then burnished with a burnishing head. During burnishing, the head swept from the ID to the OD and then back to the ID. The disk was then examined again with the above-mentioned apparatus to determine how many contaminant particles were removed.

Head 401 eliminated a number of contaminant particles equal to the number of particles added to the disk when it was dipped in lubricant, i.e. the number of contaminant particles removed equals 100% of the number of particles added during dipping. (During this experiment, the particles removed during burnishing were not necessarily all the exact same particles placed on the disk due to dipping. However, the number of particles removed during burnishing was the same as the number of particles placed on the disk due to dipping.)

Head 402 was similar to head 401, except a) head 402 was made by etching, b) the rail height for head 402 was 10 μm , c) the rail walls were at 60°, and d) the radius of curvature at the corner of the rails for head 402 were larger (e.g. a couple of mils) than for head 401 (which had sharp corners). As can be seen, head 402 yielded poor burnishing performance, removing a number of particles equal to only 84.1% of the particles that were added during the lubricant dip.

Head 403 was the same as head 402, except that the rail height was 75 μm instead of 10 μm . As can be seen, this caused the particle removal efficiency to rise to 96.0%.

Head 404 was the same as head 403, except the rail corners were much sharper in head 404. This design change caused the particle removal efficiency to rise to 98.4%.

Head 405 was the same as head 404, except that the rail walls were vertical. This caused the particle removal efficiency to rise to 102.0%. (This efficiency was possible because this head removed not only a number of particles equal to what was added when the disk was dipped in the contaminant particle-containing lubricant, but also contaminant particles present on the disk before dipping.)

Head 406 was of the design in accordance with Figs. 6A and 6B. Head 406 had a rail height of 75 μm , vertical walls and sharp corners. As can be seen, head 406 exhibited a particle removal efficiency of 101.0%

The above-mentioned experiments show that one can form a burnishing head that achieves both good burnishing performance and good flyability.

While the invention has been described with respect to a specific embodiment, those skilled in the art will appreciate that changes can be made in form and detail without departing from the spirit and scope of the invention. For example, the burnishing head can be made using different manufacturing techniques, have different mechanical dimensions, and be made from different materials. A burnishing head in accordance with our invention need not have all the characteristics, and meet all of the

objectives set forth above. Also, one can rotate a disk at different velocities during burnishing. Accordingly, all such changes come within the invention.

We claim:

1. A burnishing head comprising:

a body of material having a leading edge and a trailing edge;
first and second rails extending from said body of material, said first and second rails comprising inner and outer walls, said outer wall of said first rail being at an angle with respect to a central axis of said burnishing head such that the portion of said outer wall of said first rail closest to the leading edge is closer to the central axis than the portion of said outer wall of said first rail closest to the trailing edge, said outer wall of said second rail being at an angle with respect to the central axis such that the portion of said outer wall of said second rail closest to the leading edge is closer to the central axis than the portion of said outer wall of said second rail closest to the trailing edge.

2. Burnishing head of claim 1 wherein the angles between said outer walls and the central axis are each between about 5 to 25 degrees.

3. Burnishing head of claim 1 wherein the height of the rails is greater than 30 μm .

4. A method for burnishing a magnetic disk comprising:

rotating said magnetic disk; and
flying a burnishing head over said magnetic disk, said burnishing head comprising a body of material and first and second rails extending from said body of material, said burnishing head having a leading edge and a trailing edge, said first and second rails

comprising inner and outer walls, said outer wall of said first rail being at an angle with respect to a central axis of said burnishing head such that the portion of said outer wall of said first rail closest to the leading edge is closer to the central axis than the portion of said outer wall of said first rail closest to the trailing edge, said outer wall of said second rail being at an angle with respect to the central axis such that the portion of said outer wall of said second rail closest to the leading edge is closer to the central axis than the portion of said outer wall of said second rail closest to the trailing edge.

5. Method of claim 4 wherein the angles between the outer walls and the central axis are each between 5 and 25°.

6. Method of claim 4 wherein said rails have a height greater than 30 µm

7. Method of claim 4 wherein the first and second rails are symmetrical with respect to said central axis to thereby enhance flyability of said burnishing head.

8. Burnishing head of claim 1 wherein the first and second rails are symmetrical with respect to said central axis to thereby enhance flyability of said burnishing head.

9. A burnishing head comprising:

a body of material; and

first and second rails extending from said body of material by a distance greater than 30 µm, said first and second rails comprising inner and outer walls, at least one of

said outer walls being at an angle with respect to a center axis of said burnishing head, wherein said at least one rail forms an angle between 75 and 90° with respect to said burnishing surface of said body of material, and the radius of curvature between said outer walls of said first and second rails and a burnishing surface of said first and second rails is less than 0.5 mils.

10. A method for burnishing a magnetic disk comprising:
 - rotating said magnetic disk; and
 - flying a burnishing head over said magnetic disk, said burnishing head comprising a body of material and first and second rails extending from a burnishing surface of said body of material by a distance greater than 30 μm , said first and second rails comprising inner and outer walls, at least one of said outer walls being at an angle with respect to a central axis of said burnishing head, wherein said at least one outer wall of said first and second rails form an angle between 75 and 90° with respect to said burnishing surface of said body of material, and the radius of curvature between said outer walls of said first and second rails and a burnishing surface of said first and second rails is less than 0.5 mils.

Abstract

A burnishing head comprises at least two rails, each rail having an inner wall and an outer wall. The outer walls are at an angle relative to one another and relative to a central axis of the burnishing head. This angle permits the burnishing head to exhibit improved recovery time if it contacts a disk being burnished. The rail walls are vertical, and the corner between the rail walls and the top surface of the rails is sharp.

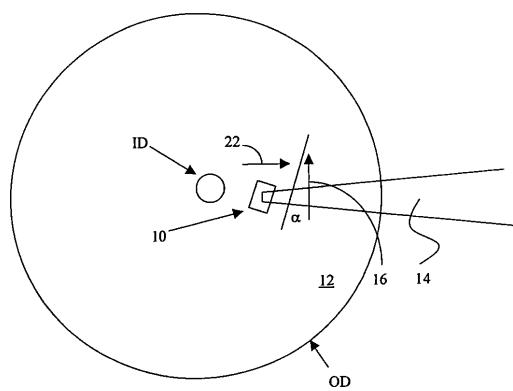


Fig. 1
(Prior Art)

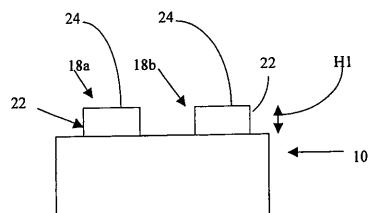


Fig. 2B (Prior Art)

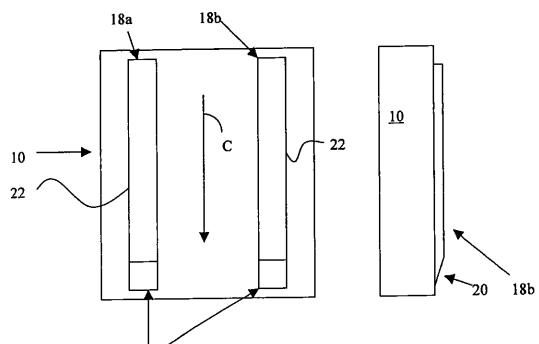


Fig. 2A
(Prior Art)

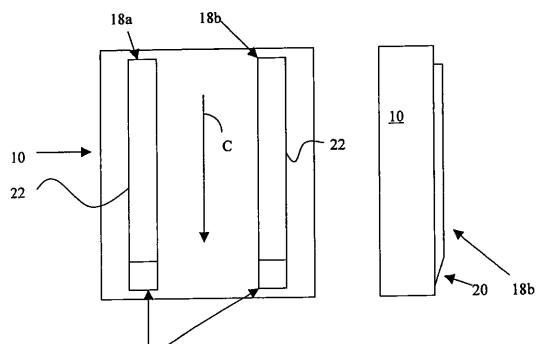


Fig. 2C (Prior Art)

