

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4088453号  
(P4088453)

(45) 発行日 平成20年5月21日(2008.5.21)

(24) 登録日 平成20年2月29日(2008.2.29)

(51) Int.Cl.

F I

**G 1 1 B 5/31 (2006.01)**

G 1 1 B 5/31 D

**G 1 1 B 5/02 (2006.01)**

G 1 1 B 5/31 C

**G 1 1 B 5/127 (2006.01)**

G 1 1 B 5/02 B

**G 1 1 B 5/187 (2006.01)**

G 1 1 B 5/127 B

G 1 1 B 5/127 R

請求項の数 2 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-36126 (P2002-36126)  
 (22) 出願日 平成14年2月14日(2002.2.14)  
 (65) 公開番号 特開2003-242607 (P2003-242607A)  
 (43) 公開日 平成15年8月29日(2003.8.29)  
 審査請求日 平成17年2月14日(2005.2.14)

(73) 特許権者 503136004  
 株式会社日立グローバルストレージテクノ  
 ロジーズ  
 神奈川県小田原市国府津2880番地  
 (74) 代理人 100100310  
 弁理士 井上 学  
 (72) 発明者 中村 敦  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 (72) 発明者 望月 正文  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 (72) 発明者 岡田 智弘  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直記録用磁気ヘッド及びそれを搭載した磁気ディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも主磁極を備えた磁気ヘッドにおいて、

磁気ヘッド浮上面における前記主磁極の輪郭線形状は、リーディング側端部からトレー  
 リング側に向かってトラック幅方向の長さが連続的に増加する第1の部分と、該第1の部  
 分のトレーリング側に接する第2の部分とを有し、

前記第1の部分のトレーリング側端部のトラック幅方向の長さ、前記第2の部分のリー  
 ディング側端部のトラック幅方向の長さが等しく、該第2の部分のトレーリング側端  
 部のトラック幅方向の長さは、前記第2の部分のリーディング側端部のトラック幅方向の  
 長さより大きく、

前記第2の部分のトラック走行方向の長さは前記第1の部分のトラック走行方向の長さ  
 よりも小さく、

リーディング側からトレーリング側に向かう方向に対する前記第2の部分のトラック幅  
 方向の長さの増加の割合が、前記第1の部分のトラック幅方向の長さの増加の割合より小  
 さく、

前記第1の部分は前記第2の部分とは飽和磁束密度が異なる第1の磁性膜であり、前記  
 第2の部分は前記第1の磁性膜のトレーリング側に形成された第2の磁性膜であり、

前記第1の磁性膜を構成する材料の飽和磁束密度Bs1は前記第2の磁性膜を構成する材  
 料の飽和磁束密度Bs2よりも大きいことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】

少なくとも主磁極を備えた磁気ヘッドと、磁気ディスク媒体と、該磁気ディスク媒体を一定方向に回転駆動する手段とを備えた磁気ディスク装置において、

磁気ヘッド浮上面上における前記主磁極の輪郭線形状は、前記磁気ディスク回転方向の上流面から下流面に向かってトラック幅方向の長さが連続的に増加する第1の部分と、該第1の部分のディスク回転方向に対する下流側に接する第2の部分とを有し、前記第1の部分のトレーリング側端部のトラック幅方向の長さ、前記第2の部分のリーディング側端部のトラック幅方向の長さが等しく、該第2の部分のトレーリング側端部のトラック幅方向の長さは、前記第2の部分のリーディング側端部のトラック幅方向の長さより大きく、前記第2の部分のトラック走行方向の長さは前記第1の部分のトラック走行方向の長さよりも小さく、前記磁気ディスク媒体の回転方向の上流側から下流側へ向かう方向に対する前記第2の部分のトラック幅方向の長さの増加の割合が、前記磁気ディスク媒体の回転方向の上流側から下流側へ向かう方向に対する前記第1の部分のトラック幅方向の長さの増加の割合より小さく、

10

前記第1の部分は前記第2の部分とは飽和磁束密度が異なる第1の磁性膜であり、前記第2の部分は前記第1の磁性膜の磁気ディスク回転方向の下流側に形成された第2の磁性膜であり、

前記第1の磁性膜を構成する材料の飽和磁束密度Bs1は前記第2の磁性膜を構成する材料の飽和磁束密度Bs2よりも大きいことを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直磁気記録用磁気ヘッドの主磁極構造とその製造方法及びそれを搭載した磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気ディスクの面記録密度を向上させるため、従来の面内磁気記録方式に代わって垂直磁気記録方式を用いることが考えられる。垂直磁気記録は、記録媒体に形成する記録磁化の向きを、膜面に対して垂直方向とするものであり、微細な記録磁化が熱的に安定となる利点がある。垂直磁気記録に用いられる磁気ヘッドは記録再生分離ヘッドが考えられ、再生ヘッドには磁気抵抗効果型ヘッドが用いられるが、記録ヘッドには主磁極と補助磁極からなる単磁極ヘッドを用いる必要がある。単磁極ヘッドでは、記録トラック幅に応じて加工された主磁極から記録に必要な磁界が発生される。このため、記録媒体に対向するヘッド表面での主磁極の形状が記録磁化分布に大きな影響を及ぼす。例えば図1(a)(b)に示すように、主磁極12の形状がトラック幅と磁極厚さにより規定された長方形の場合、記録トラック11に直交する方向と主磁極のトラック幅方向のなす角、いわゆるヨー角が0°の場合(a)では、記録は主磁極の媒体移動方向15に対して下流側の辺の幅に対応してなされ、記録にじみが生じないのに対して、ヨー角がついた場合(b)では、主磁極の厚さ方向の辺に対応した記録にじみ13が大幅に増えてしまう。これを防止する方法として、図1(c)(d)に示すように主磁極12の形状を台形にする試みがなされている。すなわち、主磁極の、媒体移動方向15の下流側の辺とこれに交わる側辺のなす角度を鋭角にした構造である。この構造については、例えば、特願2000-286842号明細書や、ダイジェスト・オブ・ピー・エム・アール・シー2000(2000年)、131頁～132頁(Digests of PMRC 2000 (2000) pp131-132)において言及されている。

30

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術は、ヨー角がついた場合に記録にじみが小さくなるように考慮されたものであるが、磁極厚さがトラックエッジ部分で減少していくため、トラックエッジに近づくほどヘッドの記録能力が低下し、実効トラック幅が狭くなるという問題がある。これはトラック密度向上の妨げになる。本発明の目的は、記録にじみを抑制しながら、トラックエッ

50

ジの記録能力を高め、実効トラック幅の減少を防ぐことにある。本発明の他の目的はこのようなヘッドを用いてトラック密度を向上させた磁気ディスク装置を提供することにある。

#### 【 0 0 0 4 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の主磁極は、浮上面における輪郭線形状が、媒体移動方向の上流側（即ちリーディング側）端部から媒体移動方向の下流側（即ちトレーリング側）に向かってトラック幅方向の長さが連続的に増加する第1の部分と、該第1の部分のトレーリング側に位置する第2の部分とを備えるように形成し、更に、第1の部分と第2の部分の部分が接する領域のトラック幅方向の長さが、トレーリング側端部における第2の部分のトラック幅方向の長さと同じか短くなるように形成する。

10

#### 【 0 0 0 5 】

このような輪郭線形状を備えた主磁極を持つ磁気ヘッドを用いることにより、記録にじみを抑制しながら、トラックエッジの記録能力を高め、実効トラック幅の減少を防ぐことができる。さらに、本発明の主磁極を備えた磁気ヘッドを搭載することによりトラック密度を向上させた磁気ディスク装置を提供できる。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【発明の実施の形態】

##### （実施例1）

図18は本発明の実施形態の一例である磁気ディスク装置の概略図である。ロータリーアクチュエータ181に支持されたサスペンションアーム182の先端にスライダ183が固定されている。図では省略されているが、サスペンション先端部にはジンバルと呼ばれる支持具が取り付けられており、スライダはジンバルを介してサスペンションに固定されている。スライダの端部に設けられた磁気ヘッド素子部184により図の回転方向185に回転する垂直磁気記録媒体186に情報を記録再生する。磁気ヘッド素子部184における記録ヘッドには単磁極ヘッド、再生ヘッドには磁気抵抗効果型ヘッドを用いた。ロータリーアクチュエータ181が回転することによりヘッド素子184をディスクの異なる半径位置へと移動させ位置決めすることが可能となる。このとき、媒体上には同心円の記録トラック187が形成される。ひとつの記録トラックの半径とそれに隣接する記録トラックの半径の差がトラックピッチTである。図2に示すように半径位置によってヘッドと記録トラックのなす角度すなわちヨー角28がさまざまに変化する。また、ヨー角の最大値は、ロータリーアクチュエータの回転軸の中心と磁気ヘッドとの距離と、ロータリーアクチュエータの回転軸の中心と磁気ディスク媒体の回転中心との距離と、磁気ディスク媒体の記録領域の半径とにより定まる。図2(a)はヨー角は0°の場合を、図2(b)はヨー角が0°でない場合をそれぞれ示している。

20

30

図3は垂直磁気記録の記録過程におけるヘッドと媒体の間の磁束の流れを示す模式図である。主磁極31と補助磁極32とコイル33からなる記録ヘッドと、記録層34と軟磁性裏打ち層35を有する垂直記録媒体が相対して配置される。コイルに電流を流して励磁すると、主磁極先端と軟磁性裏打ち層の間に垂直方向の磁界が生じ、これにより垂直記録媒体の記録層に記録がなされる。軟磁性裏打ち層へ流れた磁束は補助磁極へと戻り磁気回路を作る。この際主磁極の形状によって記録磁化分布が決まるが、特に、媒体移動方向36に対する下流側の主磁極端部によって記録がなされることがわかる。また、補助磁極32と下部シールド37の間に設けた磁気抵抗効果素子38により再生がなされる。

40

図4は本実施例に用いた磁気ヘッドの主磁極の、媒体に対向する面における形状と、記録トラックの模式図を示したものである。図4(a)はヨー角は0°の場合を、図4(b)はヨー角が0°でない場合をそれぞれ示している。

本発明の主磁極は、図4に示すように、浮上面における輪郭線形状が、リーディング側端部からトレーリング側に向かってトラック幅方向の長さが連続的に増加する第1の部分41と、該第1の部分のトレーリング側に位置する第2の部分42とを備えるように形成し、更に、第1の部分と第2の部分の部分が接する領域のトラック幅方向の長さwが、トレーリン

50

グ側端部における第2の部分のトラック幅方向の長さと同じか短くなるように形成する。リーディング側からトレーリング側に向かう第2の部分のトラック幅方向の長さの変化する割合(変化率)は、第1の部分のリーディング側からトレーリング側に向かうトラック幅方向の長さの変化率とは異なっている。

第2の部分のトレーリング側の端辺の垂線と第1の部分のトラックエッジ側の側辺とのなす角度 $\alpha$ は、第2の部分のトレーリング側の端辺と、媒体移動方向に直交する方向とがなす角(いわゆるヨー角)の最大値 $s$ に対して、 $\alpha < s$ を満たす方がよい。第2の部分の厚さ $t$ は、ヨー角の最大値 $s$ 、記録トラックの中心とこの記録トラックに隣接するトラックの中心との間隔をトラックピッチ $T$ とすると、 $t = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$ を満たすことが好ましい。

10

本実施例では、主磁極は二つの部分からなっており、媒体移動方向44の上流側に当たる第1の部分41はリーディング側からトレーリング側に向けて幅が連続的に増加しており、この部分の厚さは350nm、トレーリング側の幅 $w$ は250nmである。媒体移動方向44の下流側に当たる第2の部分42は第1の部分41の媒体のトレーリング側の幅と同じ幅 $w$ で形成され、リーディング側からトレーリング側に向けて幅が同じである。すなわち、リーディング側からトレーリング側に向かう第2の部分42のトラック幅方向の長さは変化せず、第1の部分のリーディング側からトレーリング側に向かうトラック幅方向の長さの変化は不連続となる。より具体的に説明すると、図4の(a)、(b)で、第1の部分においては、トラック幅方向の長さはリーディング側からトレーリング側へ向かう方向に対して連続的に増加しているので、トラック幅方向の長さの変化率はゼロでない一定値である。一方、第2の部分においてはトラック幅方向の長さは変化しないので、第2の部分のトラック幅方向の長さの変化率は0となる。第2の部分のトレーリング側の端辺の垂線と第1の部分のトラックエッジ側の側辺とのなす角度 $\alpha$ は10°である。本実施例に用いた磁気ディスク装置の最大ヨー角は10°であった。これは、前記角度 $\alpha$ と一致している。第2の部分の厚さ $t$ は100nmとした。これは、ヨー角の最大値 $s = 10^\circ$ 、トラックピッチ $T = 300nm$ とすると、 $t = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$ を満たす。

20

主磁極の断面積は、媒体に対向する表面からこの面の法線方向に沿って磁極内部に向かう方向に距離 $L_y$ の位置までは同じ断面積を保ち、表面からの距離が $L_y$ を超えるとその断面積を増加させる。このとき第1の部分形成する膜の $L_y$ を $L_{y1}$ 、第2の部分形成する膜の $L_y$ を $L_{y2}$ とすると、 $L_{y1} < L_{y2}$ とするのがよい。より大きな磁界強度を得るためには、第1の部分形成する膜の飽和磁束密度 $B_{s1}$ を、第2の部分形成する膜の飽和磁束密度 $B_{s2}$ 以上とするのがよい。より大きな磁界勾配を得るためには第2の部分形成する膜の $B_{s2}$ を第1の部分形成する膜の $B_{s1}$ 以上とするのがよい。

30

本実施例では、図5に示すように、主磁極の幅 $w$ を、媒体に対向する表面からこの面の法線方向に沿って磁極内部に向かう方向に距離 $L_y$ の位置までは同じ幅を保ち、表面からの距離が $L_y$ を超えるとその幅を増加させた。このとき第1の部分と第2の部分とは同じ距離 $L_y$ を有し、本実施例では $L_y = 500nm$ とした。第1の部分と第2の部分とは同じ飽和磁束密度 $B_s$ を有し $B_s = 1.6T$ とした。このとき、ヘッド表面からの距離30nmの位置でトラック中心に沿う直線上での磁界強度分布を計算機シミュレーションにより見積もった結果が図6である。比較のため、主磁極の浮上面における輪郭線形状が、リーディング側からトレーリング側に向けて幅が連続的に増加している一つの部分からなり、主磁極の厚さが450nm、トレーリング側の幅は250nmである他は全く同じ構成の磁気ヘッドについても計算した。この場合もトレーリング側の端辺の垂線とこの端辺に交差する側辺とのなす角度 $\alpha$ は10°である。本実施例のヘッドは比較例のヘッドに比べて約5%磁界強度が増加していた。これは磁極の断面積が異なることに起因するものであった。

40

図7はトラック中心から120nm離れた直線上、すなわちトラック端部での磁界強度分布を示す。本実施例のヘッドは比較例に比べて磁界強度が18%増加していることがわかる。トラックエッジでの磁界強度が増加しているため、トラックエッジの記録能力が高く

50

なり、有効なトラック幅の増加が図れる。これらのヘッドの実効トラック幅を見積もったところ、本実施例のヘッドで243 nm、比較例では225 nmであった。本実施例のヘッドを用いることにより、実効トラック幅の拡大によってS/N比が改善され、本実施例の磁気ディスク装置が、所定のトラック密度で動作することが確認できた。

(実施例2)

実施例1と同様の磁気ディスク装置において、トラックピッチ $T = 230 \text{ nm}$ 、ヨー角の最大値 $s = 13^\circ$ とした。これに用いる単磁極ヘッドの主磁極の浮上面における輪郭線形状の模式図を図8に示す。リーディング側からトレーリング側に向けて幅が連続的に増加する第1の部分81のトレーリング側の幅は190 nmとした。第1の部分の厚さは350 nmとした。第1の部分のトレーリング側に形成された第2の部分は、リーディング側からトレーリング側に向けて幅がわずかに増加していた。すなわち第2の部分のリーディング側の幅は190 nm、トレーリング側の幅は200 nmであった。この場合もリーディング側からトレーリング側に向かう第2の部分のトラック幅方向の長さの変化は、第1の部分のリーディング側からトレーリング側に向かうトラック幅方向の長さの変化とは不連続である。第2の部分82の厚さ $t$ は50 nmとした。第2の部分のトレーリング側の端辺の垂線と、第1の部分のトラックエッジ側の側辺とのなす角度 $x$ は $15^\circ$ とした。この場合、第1の部分81の形状はほぼ三角形に近い形となっている。磁極幅 $w$ が同じである長さ $L_y$ に関しては第1の部分の $L_{y1} = 220 \text{ nm}$ 、第2の部分の $L_{y2} = 500 \text{ nm}$ とした。また本実施例では第1の部分の膜の飽和磁束密度 $B_{s1}$ を1.6 T、第1の部分の膜の $B_{s2}$ を2.0 Tとした。比較のために第1の部分と第2の部分の $B_s$ がともに1.6 Tのヘッドについても調べた。このとき、ヘッド表面からの距離30 nmの位置でトラック中心に沿う直線上での磁界強度分布を計算機シミュレーションにより見積もった結果を図9である。磁界強度は両方のヘッドでほぼ同じであることがわかる。

図10は、媒体移動方向の下流側での磁界強度分布において、横軸に磁界強度、縦軸にそのときの磁界勾配をプロットしたものである。この場合、第2の部分の膜の $B_{s2}$ を2.0 Tとしたヘッドで磁界勾配の絶対値が大きくなっていることがわかる。磁界勾配が大きくなることで記録再生時のS/N比の改善が図れる。二つのヘッドで記録した場合のS/N比では第二層目の $B_{s2}$ を2.0 Tとした場合が、第2の部分の膜の $B_{s2}$ が1.6 Tの場合に比べて1.3 dB改善されていた。

(実施例3)

実施例2と同様のヘッドにおいて、第1の部分の膜の $B_{s1}$ を2.0 T、第2の部分の膜の $B_{s2}$ を1.6 Tとした他は実施例2と同じ構成の磁気ヘッドについて調べた。図11はヘッド表面からの距離30 nmの位置でトラック中心に沿う直線上での磁界強度分布を計算機シミュレーションにより見積もった結果である。比較のために第1の部分の膜と第2の部分の膜の $B_s$ がともに1.6 Tのヘッドの結果も示した。第1の部分の膜の $B_{s1}$ が2.0 Tのヘッドは磁界強度が約15%増加していることがわかる。これにより保磁力の大きな記録媒体に対しても十分な記録ができる。本実施例のヘッドは保磁力4.7 kOeの媒体に対して記録密度88 kFCIで記録した上に記録密度700 kFCIでオーバーライトした際、オーバーライト値32 dBを示した。

(実施例4)

実施例1と同様のヘッドにおいて、第2の部分の厚さ $t$ を100 nm、200 nm、300 nmとした。本実施例では、ヨー角の最大値 $s = 15^\circ$ である。第2の部分のトレーリング側の端辺の垂線と、第1の部分のトラックエッジ側の側辺とのなす角度 $x$ は $17^\circ$ とした。トラックピッチ $T = 300 \text{ nm}$ とするとき、 $t = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$ を満たすのは $t$ が100 nm、200 nmの場合である。このとき、ヘッド表面からの距離30 nmの位置でトラック中心に沿う直線上での磁界強度の最大値を見積もった結果を図12である。第2の部分の厚さが厚いほど磁界強度が増加した。次にこれらのヘッドの記録にじみ量を見積もったところ図13のようになった。装置の記録にじみの許容量がトラックピッチの25%とすると、トラックピッチ $T = 300 \text{ nm}$ の場合の最大許容記録にじみ量は75 nmである。したがってヨー角の最大値 $s = 15^\circ$ のときの、第2の部分の

厚さの許容最大値は  $0.25 \cdot T / (\sin(s)) = 290 \text{ nm}$  である。  $t = 300 \text{ nm}$  のヘッドは記録にじみ量が大きくオフトラックマージンが不足するためトラックピッチ  $T = 300 \text{ nm}$  を実現できない。すなわち本発明の効果は  $t = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$  を満たす場合に有効に作用する。

(実施例 5)

図 14 は本実施例に用いた磁気ヘッドの主磁極の、媒体に対向する面における形状である。主磁極は三つの部分からなっており、最もリーディング側に当たる第 1 の部分 141 はリーディング側からトレーリング側に向けて幅が連続的に増加している。第 1 の部分の厚さは  $350 \text{ nm}$  とした。第 1 の部分のトレーリング側の幅は  $190 \text{ nm}$  である。

第 1 の部分のトレーリング側に形成された第 2 の部分 142 は、リーディング側の幅は第 1 の部分 141 のトレーリング側の幅と同じ幅で形成され、リーディング側からトレーリング側に向けて幅がわずかに増加していた。第 2 の部分の厚さ  $t_2$  は  $50 \text{ nm}$  とした。さらに第 2 の部分のトレーリング側に当たる第 3 の部分 143 は第 2 の部分 142 のトレーリング側の幅と同じ幅で形成され、リーディング側からトレーリング側に向けて幅が同じであった。この幅は  $200 \text{ nm}$  であった。第 3 の部分の厚さ  $t_3$  は  $50 \text{ nm}$  とした。この場合、リーディング側からトレーリング側に向かうトラック幅方向の長さの変化は、第 1 の部分と第 2 の部分の接する個所と、第 2 の部分と第 3 の部分の接する個所において不連続である。第 3 の部分のトレーリング側の端辺の垂線と第 1 の部分のトラックエッジ側の側辺とのなす角度  $\alpha$  は  $15^\circ$  である。この場合、ヨー角の最大値  $s = 13^\circ$ 、第 3 の部分のトラック幅  $w = 200 \text{ nm}$ 、トラックピッチ  $T = 230 \text{ nm}$  とするとき、第 2 の部分の厚さと第 3 の部分の厚さの合計  $t'$  は  $t' = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$  を満たす。第 1 の部分の  $L_y$  を  $L_{y1}$ 、第 2 の部分の  $L_y$  を  $L_{y2}$ 、第 3 の部分の  $L_y$  を  $L_{y3}$  とすると、本実施例では  $L_{y1} = L_{y2} = L_{y3} = 500 \text{ nm}$  とした。第 1 の部分の膜の飽和磁束密度  $B_s$  と第 2 の部分の膜の  $B_s$  は同じで  $1.8 \text{ T}$  とし、第 3 の部分の膜の  $B_s$  は  $2.0 \text{ T}$  とした。このヘッドの記録にじみ量は約  $18 \text{ nm}$  と小さく、 $S/N$  比も実施例 2 のヘッドに比較してさらに  $0.7 \text{ dB}$  改善されていた。

(実施例 6)

実施例 1 ~ 5 で説明したような主磁極を作製する方法は、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、このレジストパターンをマスクとして無機絶縁膜を異方性エッチングし側壁が膜面に対して垂直な溝を形成する工程と、テーパエッチングにより側壁が傾斜した溝を形成する工程と、レジストパターンを除去する工程と、この溝を含む無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、この磁性膜をケミカルメカニカルポリッシング (CMP) またはエッチングにより平坦化する工程を順次行う。

また、平坦化の工程において、無機絶縁膜に対して磁性膜がくぼんだ状態まで除去した後、別の磁性膜を形成する工程と、磁性膜上面を平坦化する工程をさらに順次行ってもよい。また、別の方法では、第一の無機絶縁膜上に別の材料からなる第二の無機絶縁膜を形成する工程と、第二の無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、このレジストパターンをマスクとして第二の無機絶縁膜を異方性エッチングし側壁が膜面に対して垂直な溝を形成する工程と、第一の無機絶縁膜をテーパエッチングにより側壁が傾斜した溝を形成する工程と、レジストパターンを除去する工程と、この溝を含む無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、この磁性膜をケミカルメカニカルポリッシング (CMP) またはエッチングにより無機絶縁膜に対して磁性膜がくぼんだ状態まで除去する工程と、別の磁性膜を形成する工程と、磁性膜上面を平坦化する工程を順次行う。

図 15 に、本発明の磁気ヘッドの主磁極の製造工程の該略図を示す (但し、図の拡大倍率は均一では無い)。再生ヘッド部は省略している。(a) の無機絶縁膜 151 上にレジストパターン 152 を形成したところを (b) に示す。無機絶縁膜は、従来用いられている  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を用いたが、他に  $\text{SiC}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiC}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  等が使用可能である。レジストパターンは、 $\text{KrF}$  エキシマレーザーステッパを用いて露光を行い、レジストとしては、東京応化工業 (株) 製ポジレジスト TDUR-P201 を用いた。レジスト膜厚  $0.7 \mu\text{m}$  を用いた場合、 $0.2 \mu\text{m}$  が解像できた。このレジスト

10

20

30

40

50

パターンをマスクとして用いて、無機絶縁膜を異方性のエッチングを行ったところを(c)に示す。

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた場合は、エッチングガスとしてBCl<sub>3</sub>またはBCl<sub>3</sub>とCl<sub>2</sub>またはBCl<sub>3</sub>とArの混合ガスを用いれば良い。他にAlNを用いた場合は、上記の塩素系ガスが良いが、エッチングしやすいTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiC、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、SiC等を用いた場合は、フッ素系のCHF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>等を用いることができる。エッチング深さは0.2 μmとした。(d)続いて、エッチング条件を変更し、テーパエッチングを行う。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をエッチングする場合、例えばBCl<sub>3</sub>にCHF<sub>3</sub>を添加したものが使用できる。エッチング後、レジストを除去したところを(e)に示す。(f)次に磁性膜153の形成を行う。めっき法を用いる場合は、めっき下地膜を形成後、電気めっきを行う。磁性材料としては、CoNiFe、FeNi、CoFeCu、FeCo等を使用できる。ここでは図示していないが、めっき下地膜後工程において、平坦化のためにCMPを用いる場合はCMP用のストッパ膜を設け、エッチングを行う場合はエッチングストッパを設けることができる。平坦化工程において、膜厚の制御性が十分である場合は、このストッパ膜の形成工程を省略することも可能である。

CMP用のストッパ膜としてはC、Ta、Mo、Nb、W、Cr等の単層膜や合金膜積層膜が使用可能である。今回は、Cをスパッタしたものをを用いた。Cは、化学的に安定なため、化学的には研磨されず、機械的に研磨された場合は、研磨廃液の色が黒色になるため、研磨の終点が検知しやすく、主磁極の膜厚制御性が向上する。

エッチングストッパ膜としては、貴金属類が反応性エッチングされないため使用可能で、Au、Pt、Pd、Ru、Rh、Cu、Ag、Tc、Re、Os、Irの単層膜または積層膜または合金膜がよい。他にCr、Ni等も反応性エッチングされないため、使用可能である。これらは、全てスパッタ法で形成可能である。次に磁性膜を形成したところを(f)に示す。形成方法は、メッキでもスパッタ法でもどちらでもよい。電解メッキの場合は、メッキの下地膜を形成後、メッキする必要がある。スパッタ法の場合は、c、d及びeの工程で形成した溝のアスペクト比が大きいため、指向性のよい方法、例えばロングスロースパッタ、コリメーションスパッタ法等を用いて、磁性膜の中に空隙が形成しないようにする必要がある。電解メッキ法を用いる場合、飽和磁束密度が1.6 TのFe<sub>55</sub>Ni<sub>45</sub>または、飽和磁束密度が2.2 TのCoNiFeを用いることができる。メッキ下地膜は、メッキ膜と同じ組成の磁性膜を用いても、非磁性膜を用いてもよい。(g)に磁性膜上面の平坦化を行い、主磁極154を形成したところを示す。平坦化は、CMP等の研磨法を用いれば、ストッパ膜で研磨をストップすることにより、膜厚を制御できると同時に上面の完全な平坦化が可能で、トラック幅となる溝の中全体で1 nm以下の平坦化が可能であった。このときトラック幅は、(b)の工程のレジストパターンと同じ0.2 μmが得られ、主磁極下部側面のテーパ角度は、(d)の工程で形成したままの10°であった。また、この平坦化工程において、エッチングを用いた場合は、一旦、レジストを塗布し、塩素系ガス、例えばBCl<sub>3</sub>またはBCl<sub>3</sub>とCl<sub>2</sub>の混合ガスを用いて、エッチングを行い、(即ちいわゆるエッチバックにより)、平坦化を行うことが可能である。このときは、上記の貴金属類からなるストッパ膜やNi、Cr等のストッパ膜が有効である。本実施例における製造方法に従えば、多数の素子を作製した際のトラック幅のばらつきが少なく、トラック幅の作製精度が高くなる利点があった。

以上、本発明の主磁極の製造方法に従えば、多数の素子を作製した際のトラック幅のばらつきが少なく、トラック幅の公差を小さくすることができる。

(実施例7)

本実施例は実施例6と同様の本発明の主磁極の製造工程において、図16に示す通り(a)~(f)は、図15と同様である。(g)の工程において、例えばCMPのスラリーの酸性度を高め、磁性膜が無機絶縁膜に対して、窪んだ形状、いわゆるディッシングした状態にする。(h)の工程において、例えばスパッタ法で磁性膜164を形成する。このとき例えば、飽和磁束密度Bsが2.4 TのFeCoのような材料を用いることができる。上面に、高飽和密度の材料を用いることで、ヘッドからの磁界勾配をより急峻にすること

10

20

30

40

50

が可能で、記録特性を向上させることができる。(i)の工程において、今度は(g)とは別のスラリーを用いて、磁性膜上面を平坦化し、主磁極165を得た。

(実施例8)

図17に、本発明の主磁極の製造工程の該略図を示す(但し、図の拡大倍率は均一ではない)。再生ヘッド部は省略している。(a)には、無機絶縁膜171上に、別の材料からなる無機絶縁膜176を形成したところを示す。無機絶縁膜171に $Al_2O_3$ を用いた場合、無機絶縁膜176には、例えば $SiO_2$ を用いることができる。(b)この上にレジストパターン172を形成したところを示す。(c)では、レジストパターン172をマスクに無機絶縁膜176をエッチングしたところを示す。無機絶縁膜176に $SiO_2$ を用いた場合、エッチングガスとして、例えば $CHF_3$ 、 $CF_4$ 等が使用でき、側面形状を垂直に形成できる。(d)では、無機絶縁膜171を、例えば $BCl_3$ のガスを用いて、エッチングしたところを示す。本工程では、側面をテーパ形状にエッチングする。無機絶縁膜171と無機絶縁膜176で材料が異なっているため、エッチング条件を変えることで、形状制御を行いやすい。(e)では、レジストパターン172を除去したところを示す。(f)では、磁性膜173を形成したところを示す。(g)において、図16と同様に磁性膜を無機絶縁膜176からディッシングするように加工したところを示す。(h)において、磁性膜174を形成したところを示す。(i)において、磁性膜174の上面を平坦化し、主磁極175を得た。

(実施例9)

本発明の第9の実施例は、

無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして前記無機絶縁膜を異方性エッチングし側壁が膜面に対してほぼ垂直な溝を形成する工程と、テーパエッチングにより側壁が傾斜した溝を形成する工程と、前記レジストパターンを除去する工程と、この溝を含む前記無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、前記磁性膜をケミカルメカニカルポリッシング(CMP)またはエッチングにより平坦化する工程を順次行うことにより主磁極を形成することを特徴とする単磁極ヘッドの製造方法にある。

【0007】

また、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして前記無機絶縁膜を異方性エッチングし側壁が膜面に対してほぼ垂直な溝を形成する工程と、テーパエッチングにより側壁が傾斜した溝を形成する工程と、前記レジストパターンを除去する工程と、この溝を含む前記無機絶縁膜上に第一の磁性膜を形成する工程と、前記第一の磁性膜をケミカルメカニカルポリッシング(CMP)またはエッチングにより前記無機絶縁膜に対して前記第一の磁性膜がくぼんだ状態まで除去する工程と、前記第一の磁性膜を有する溝を含む前記無機絶縁膜上に第二の磁性膜を形成する工程と、前記第二の磁性膜の上面を平坦化する工程を順次行うことにより主磁極を形成することを特徴とする単磁極ヘッドの製造方法にある。

【0008】

或いはまた、第一の無機絶縁膜上に別の材料からなる第二の無機絶縁膜を形成する工程と、前記第二の無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして前記第二の無機絶縁膜を異方性エッチングし側壁が膜面に対してほぼ垂直な溝を形成する工程と、前記第一の無機絶縁膜をテーパエッチングにより側壁が傾斜した溝を形成する工程と、前記レジストパターンを除去する工程と、この溝を含む前記無機絶縁膜上に第一の磁性膜を形成する工程と、前記第一の磁性膜をケミカルメカニカルポリッシング(CMP)またはエッチングにより前記無機絶縁膜に対して前記第一の磁性膜がくぼんだ状態まで除去する工程と、前記第一の磁性膜を有する溝を含む前記無機絶縁膜上に第二の磁性膜を形成する工程と、前記第二の磁性膜上面を平坦化する工程を順次行うことにより主磁極を形成することを特徴とする単磁極ヘッドの製造方法、にある。

(実施例10)

本発明の第10の実施例は、



主磁極を有する記録素子と、再生素子とを備えた磁気ヘッドと、空気流入端と空気流出端とを備えたスライダとを有し、前記主磁極は、第１の部分と該第１の部分の空気流出端側に設けられた第２の部分とを備え、該第２の部分の厚さは第１の部分の厚さよりも小さく、磁気ヘッド浮上面における前記第１の部分の輪郭線形状は、トラック幅方向の長さが前記空気流入端側から空気流出端側にかけて連続的に増加する形状であることを特徴とする磁気ヘッドスライダである。

【０００９】

ヘッドスライダの概略図を図１９に示す。磁気ヘッドスライダ１９１は、浮上面１９２にレール１９６および１９７を備え、回転する垂直磁気記録媒体上に配置した際、空気流入端１９３から空気流出端１９４への気流により浮上させることができる。空気流出端側の端部に磁気ヘッド素子部１９５を備え、磁気ヘッド素子との情報の入出力を行うための電極１９８を設けている。

（実施例１１）

本発明の第１１の実施例は、

主磁極を有する記録素子と、再生素子とを備えた磁気ヘッドと、空気流入端と空気流出端とを備えたスライダと、該スライダを支持するサスペンションと、該サスペンションを支持するロータリーアクチュエータと、前記磁気ヘッドに対向して設けられた磁気ディスク媒体とを有し、前記主磁極は、第１の部分と該第１の部分の空気流出端側に設けられた第２の部分とを備え、該第２の部分の厚さは第１の部分の厚さよりも小さく、磁気ヘッド浮上面における前記第１の部分の輪郭線形状は、トラック幅方向の長さが前記空気流入端側から空気流出端側にかけて連続的に増加する形状であることを特徴とするヘッドディスクアセンブリである。

また、請求項１９に記載のヘッドディスクアセンブリにおいて、前記磁気ディスク媒体は複数の記録トラックを備え、主磁極の前記第２の部分の厚さを $t$ 、ヨー角の最大値を $s$ 、前記複数の記録トラックのうちの任意のトラックの中心と、該記録トラックに隣接するトラックの中心との間隔をトラックピッチ $T$ とすると、 $t = 0.25 \cdot T / (\sin(s))$ を満たすことを特徴とするヘッドディスクアセンブリ、にある。

【００１０】

【発明の効果】

本発明は、垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、少なくとも二つの部分からなり、第１の部分は媒体移動方向の上流側から下流側に向けて幅が連続的に増加し、第２の部分は第１の部分の媒体移動方向の下流側の幅と同じ幅でかつ媒体移動方向の上流側から下流側に向けてほぼ等しい幅で形成された構造を有する主磁極を用いた結果、記録にじみを抑制しながら、トラックエッジの記録能力を高め、実効トラック幅の減少を防ぐことができる。第２の部分形成する膜の飽和磁束密度を高くすることにより、記録磁界勾配が急峻になり、 $S/N$ 比を改善することができる。あるいは、第１の部分形成する膜の飽和磁束密度を高くすることにより記録磁界の絶対値を増加させ、高保磁力の記録媒体に対して有効な記録能力が得られる。

本発明の主磁極の製造方法に従えば、多数の素子を作製した際のトラック幅のばらつきが少なく、トラック幅の公差を小さくすることができる。さらに、このようなヘッドを用いてトラック密度を向上させた磁気ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】従来の主磁極形状と記録トラックを示す模式図である。

【図２】本発明の一実施例の磁気ディスク装置の概略図である。

【図３】垂直磁気記録の記録過程における磁束の流れを示す模式図である。

【図４】本発明の一実施例の主磁極形状と記録トラックを示す模式図である。

【図５】本発明の一実施例の主磁極構造を示した図である。

【図６】本発明の一実施例の磁界強度分布を示した図である。

【図７】本発明の一実施例の磁界強度分布を示した図である。

【図８】本発明の一実施例の主磁極構造を示す模式図である。

【図 9】本発明の一実施例の磁界強度分布を示した図である。

【図 10】本発明の一実施例の磁界強度に対する磁界勾配の変化を示す図である。

【図 11】本発明の一実施例の磁界強度分布を示した図である。

【図 12】本発明の一実施例の磁界強度の膜厚依存性を示した図である。

【図 13】本発明の一実施例の記録にじみ量の膜厚依存性を示した図である。

【図 14】本発明の一実施例の主磁極構造を示す模式図である。

【図 15】本発明の一実施例の製造工程を示す概略図である。

【図 16】本発明の一実施例の製造工程を示す概略図である。

【図 17】本発明の一実施例の製造工程を示す概略図である。

【図 18】本発明の一実施例の磁気ディスク装置の概略図である。

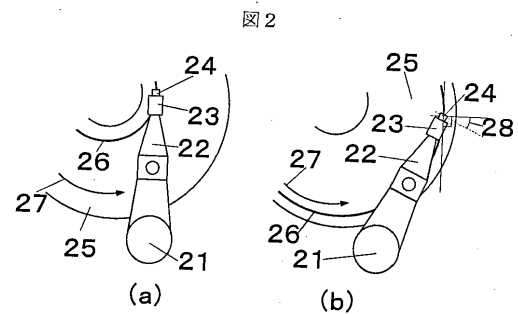
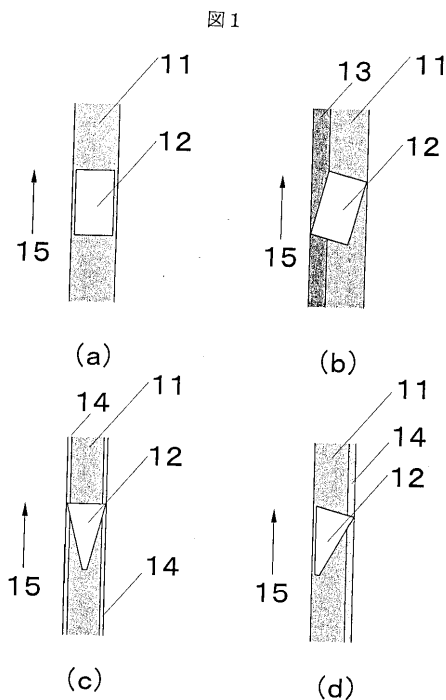
【図 19】本発明の一実施例の磁気ヘッドスライダの概略図である。

【符号の説明】

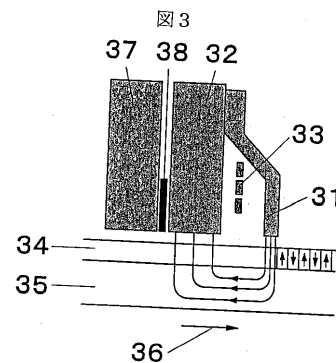
11、26、43、187...記録トラック、12、154、165、175...主磁極、13...記録にじみ、14...記録不十分領域、15、36、44...媒体移動方向、21、181...ロータリーアクチュエータ、22、182...サスペンションアーム、23、183...スライダ、24、184、195...磁気ヘッド素子部、25、186...垂直磁気記録媒体、27、185...ディスク回転方向、28...ヨー角、31...主磁極、32...補助磁極、33...コイル、34...記録層、35...軟磁性裏打ち層、37...下部シールド、38...磁気抵抗効果素子、41、81、141...主磁極の第1の部分、42、82、142...主磁極の第2の部分、83、144...ヨー角0°のときの媒体移動方向、143...主磁極の第3の部分、151、161...無機絶縁膜、152、162、172...レジスト、153...磁性膜、163、173...第一の磁性膜、164、174...第二の磁性膜、171...第一の無機絶縁膜、176...第二の無機絶縁膜、191...磁気ヘッドスライダ、192...浮上面、193...空気流入端、194...空気流出端、196、197...レール、198...電極。

【図 1】

【図 2】



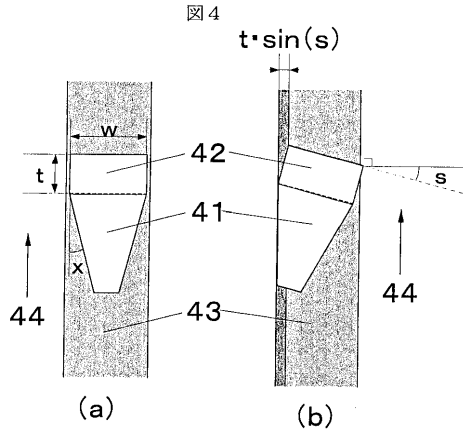
【図 3】



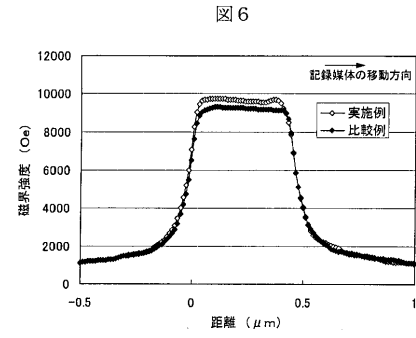
10

20

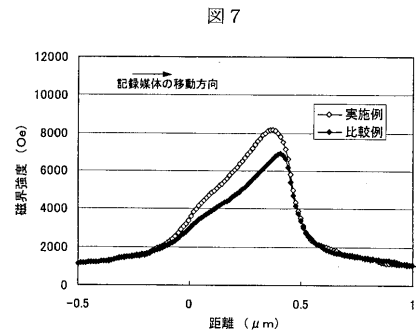
【図 4】



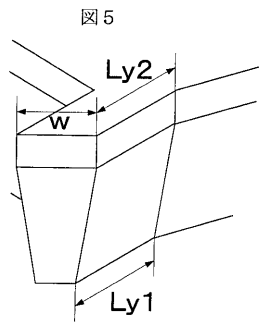
【図 6】



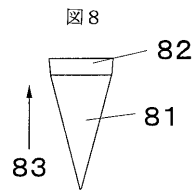
【図 7】



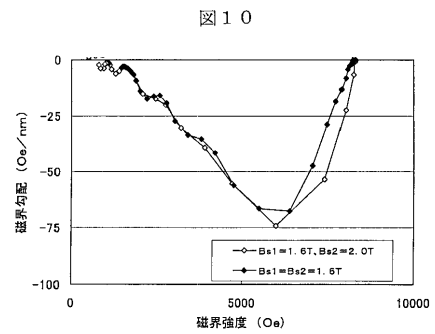
【図 5】



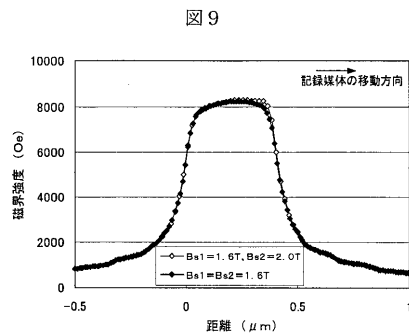
【図 8】



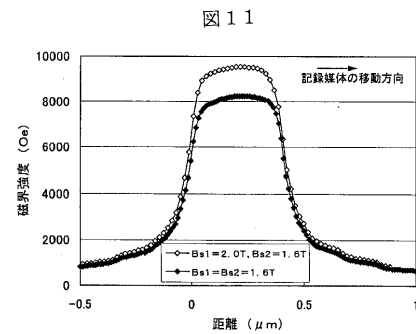
【図 10】



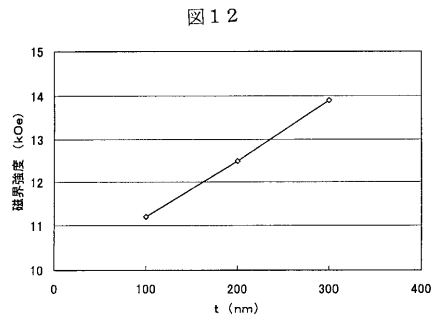
【図 9】



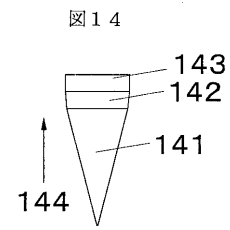
【図 11】



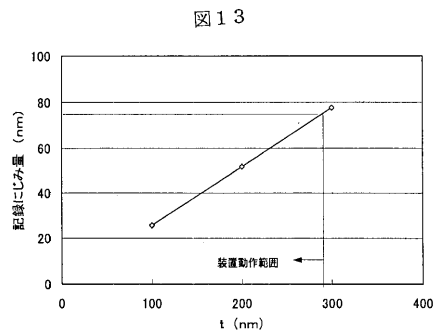
【図 1 2】



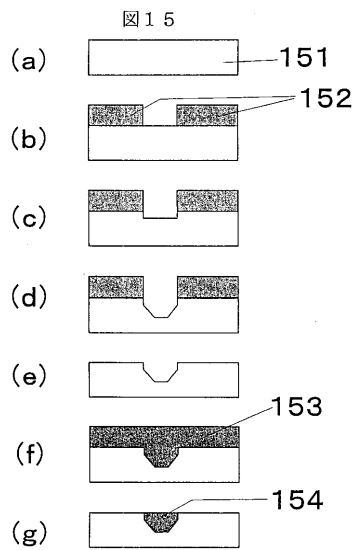
【図 1 4】



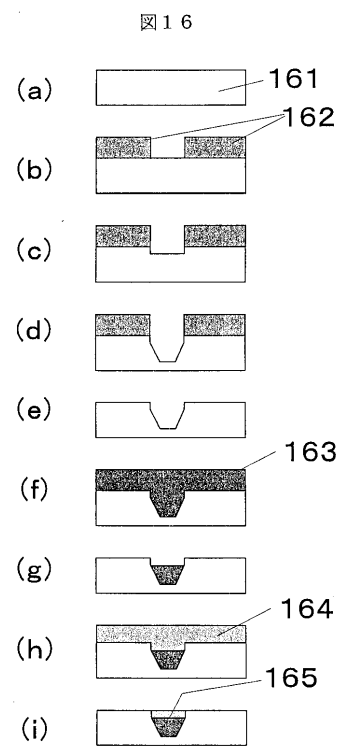
【図 1 3】



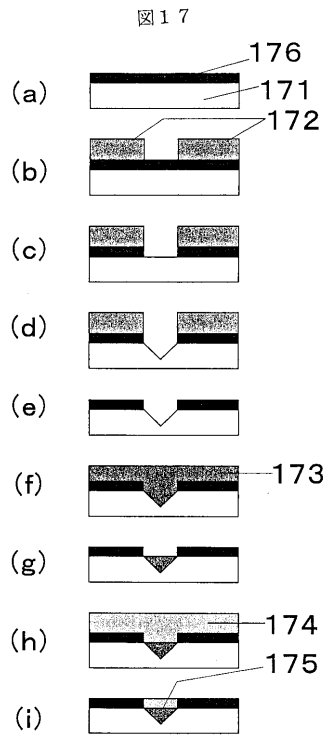
【図 1 5】



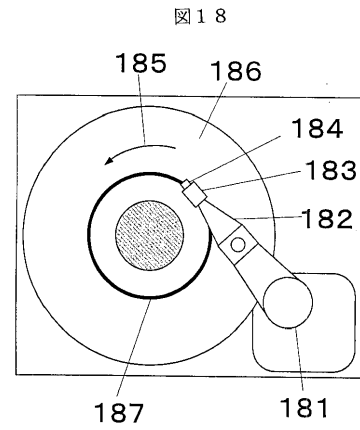
【図 1 6】



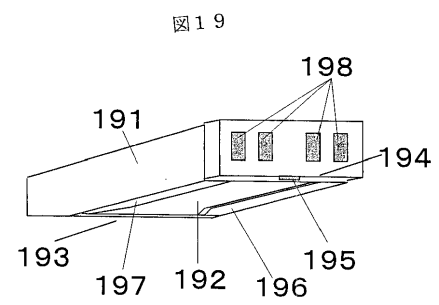
【図 17】



【図 18】



【図 19】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 1 1 B 5/187 B  
G 1 1 B 5/187 R

(72)発明者 江藤 公俊  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 布川 功  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 川戸 良昭  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 斎藤 眞

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 4 2 6 0 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 2 0 8 1 1 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G11B 5/31  
G11B 5/02