

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4130868号  
(P4130868)

(45) 発行日 平成20年8月6日(2008.8.6)

(24) 登録日 平成20年5月30日(2008.5.30)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/31 (2006.01)

F I

G 1 1 B 5/31 C

G 1 1 B 5/31 D

G 1 1 B 5/31 K

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-77419 (P2001-77419)	(73) 特許権者	503136004
(22) 出願日	平成13年3月19日 (2001.3.19)		株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2002-279606 (P2002-279606A)		神奈川県小田原市国府津2880番地
(43) 公開日	平成14年9月27日 (2002.9.27)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成16年3月30日 (2004.3.30)		弁理士 井上 学
審判番号	不服2006-14178 (P2006-14178/J1)	(72) 発明者	望月 正文
審判請求日	平成18年7月5日 (2006.7.5)		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
		(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
			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】

主磁極と補助磁極とを備えた記録ヘッドと、再生素子を備えた再生ヘッドとを有し、  
前記主磁極は、浮上面のトレーリング側に、トレーリング側端部からリーディング側方向へ凹形状の凹部を有し、  
前記浮上面における前記主磁極のトレーリング側端部と前記凹部のリーディング側方向の端部との差を凹部の深さHとすると、前記Hは、前記主磁極におけるトラック幅方向の長さの1/10より大きく、前記主磁極におけるトラック幅方向の長さよりも小さく、  
磁化反転が決定される磁界分布が直線的であることを特徴とする垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 2】

垂直磁気記録媒体と、主磁極と補助磁極とを備えた記録ヘッドと、再生素子を備えた再生ヘッドと、前記垂直磁気記録媒体を一定方向に回転駆動する駆動装置とを有し、  
前記記録ヘッドの前記主磁極は、浮上面のトレーリング側に、トレーリング側端部からリーディング側方向へ凹形状の凹部を有し、前記浮上面における前記主磁極のトレーリング側端部と前記凹部のリーディング側方向の端部との差を凹部の深さHとすると、前記Hは、前記主磁極におけるトラック幅方向の長さの1/10より大きく、前記主磁極におけるトラック幅方向の長さよりも小さく、  
磁化反転が決定される磁界分布が直線的であることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、垂直記録用磁気ヘッドとその作製方法及びその垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来の技術 】

磁気ディスク装置では、記録媒体上のデータは磁気ヘッドによって読み書きされる。磁気ディスクの単位面積当たりの記録容量を多くするためには、面記録密度を高密度化する必要がある。しかしながら、現状の面内記録方式では、記録されるビット長が小さくなると、媒体の磁化の熱揺らぎのために面記録密度があげられない問題がある。この問題の解決のために媒体に垂直な方向に磁化信号を記録する垂直記録方式がある。

垂直記録方式には、記録媒体として軟磁性の裏打層を備えた二層垂直媒体を用いる方式と、裏打層を有さない単層垂直媒体を用いる方式の２種類があるが、記録媒体として二層垂直媒体を用いる場合には、主磁極と補助磁極とを備えたいわゆる単磁極ヘッドを用いて記録を行う必要がある。

また、記録密度の向上のためには、垂直記録においてもトラック密度と線記録密度を向上する必要があるが、トラック密度向上のためには、磁気ヘッドのトラック幅を微細、高精度化する必要がある。二層垂直媒体と単磁極ヘッドとを用いた垂直磁気記録を行う場合、単磁極ヘッドの磁極磁極から発生する記録磁界の分布は面内磁気記録のそれとは大幅に異なっており、例えば、図 2 (a) に示すように、ヘッド記録磁界強度の等高線は、主磁極の中心部を最大強度として同心円状に分布し、等高線の外側ほど膨らんだ分布をする。したがって、主磁極の浮上面形状が媒体の記録磁化パターンに大きな影響を与える。

図 2 (a) は、シミュレーションによって得られた従来技術における主磁極形状のヘッド磁界の垂直成分の分布図である。図 2 (a) から、トレーリング側に磁界分布が湾曲していることが分かる。ここで、トレーリング側とはディスクの回転方向の下流側を意味し、図 2 (a) でディスク回転方向 17 と示された矢印の方向を意味する。逆に、ディスクの回転方向の上流側をリーディング側という。このような磁界分布を有するヘッドを用いた場合の媒体に記録された磁化状態をシミュレーションにより得た図が図 2 (b) である。図 2 (b) より、トラック端部よりトラック中心部の磁化反転位置がディスク回転方向側に位置し媒体磁化反転形状が湾曲していることが分かる。このような現象は実際に磁気力顕微鏡 (MFM : Magnetic Force Microscopy) の観察結果から明らかとなっている。

## 【 0 0 0 3 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

図 2 (b) のように媒体磁化反転形状がトラック方向に対して湾曲すると、MR/GMRヘッド等で再生する際に磁化反転幅が大きく見えて孤立波の半値幅が増大すると同時に、記録トラック幅が線記録密度の上昇に伴い狭められるといった問題が生じる。これらは高密度記録を実現する際の大きな障害となる。

## 【 0 0 0 4 】

本発明は、磁化反転形状の湾曲の度合いが低減されたビットを記録できる垂直記録用磁気ヘッドとその作製方法及びその垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置を提供するものである。

## 【 0 0 0 5 】

## 【 課題を解決するための手段 】

本発明では、単磁極型垂直記録ヘッドの主磁極に対して、磁気記録媒体の回転方向の下流側すなわちトレーリング側に凹部、すなわち窪みを設ける。

主磁極から発生する記録磁界強度は、その等高線が主磁極の中心部の強度を最大として同心円状に分布するが、記録媒体に記録される記録磁化反転形状は記録磁界強度が記録媒体の保磁力と等しくなる等高線の形状を反映して決定されると考えられる。したがって、主磁極の浮上面形状は記録磁界の強度分布に影響を及ぼす。

ヘッドの磁極形状を変えた従来技術としては、上部磁極とギャップを挟んで対抗する上部

10

20

30

40

50

磁極のリーディング側に突起を設けることにより記録磁界のトラック幅方向への広がりを低減した面内記録用ヘッドが、特開平 1 1 - 2 1 3 3 3 4 号公報に開示されている。しかし、特開平 1 1 - 2 1 3 3 3 4 号公報に記載の技術は、トラック幅方向の記録磁界の形状を改善するための技術であるため、特開平 1 1 - 2 1 3 3 3 4 号公報に記載の技術を単に垂直記録へ転用しても、トラック幅方向への媒体磁化反転形状の湾曲は改善できない。本発明の発明者らは、主磁極浮上面のトレーリング側を凹形状形状にすると、磁化反転が決定される磁界分布を、より直線的にできることを見いだした。このような主磁極形状の単磁極型ヘッドを用いることにより、磁化反転形状の湾曲の度合いを低減することができ、再生ヘッドで再生する際に磁化反転幅が大きく見えて孤立波の半値幅が増大すると同時に、記録トラック幅が線記録密度の上昇に伴い狭められるといった問題を低減できる。さらに、このような単磁極型ヘッドを搭載することにより、従来よりもトラック密度の向上した磁気ディスク装置を提供できる。

10

【 0 0 0 6 】

【発明の実施の形態】

(実施例 1)

以下、図面を用いて本発明を説明する。図 3 は本発明を用いた磁気ディスク装置の概念の概略図である（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。磁気ディスク装置は、磁気ディスク 1 1 上に、サスペンションアーム 1 2 の先端に固定されたスライダ 1 3 に搭載された磁気ヘッド 1 4 によって磁化信号の記録再生を行なう。図 4 に垂直記録用磁気ヘッドと磁気ディスクとの関係の概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図 5 には、垂直記録の概略図を示す。主磁極から出た磁界は記録層、裏打ち層を通り、補助磁極である上部シールド 3 に入る磁気回路を形成し、記録層に磁化パターンを記録する。記録層と裏打ち層の間には中間層が形成されている場合もある。

20

図 1 (a) は、本発明の単磁極型ヘッドを浮上面（記録媒体との対抗面）側から見た模式図である。本実施例の単磁極ヘッドは、基板上に生素子を含む再生ヘッドを形成した後、磁気シールドを兼用する補助磁極である軟磁性層を形成し、補助磁極層の上に非磁性層を介して主磁極である軟磁性層を形成している。再生ヘッド上にまた図 1 (b) は本発明の単磁極型ヘッドを浮上面から見た場合の主磁極形状である。図 1 (b) の主磁極はトレーリング側の辺が凹形状となっている。ここで、トレーリング側とはディスク回転方向の下流側であるこの形状をしたヘッドの磁界分布を図 6 (a) に示す。トレーリング側の磁界分布が従来の図 2 (a) で示したものより直線的、言い換えればリーディング側の曲率半径が大きくなり等高線の勾配が緩やかになっていることがわかる。図中の数字は、ヘッド磁界垂直成分の磁界強度を  $0e$ （エルステッド）単位で示してある。ここで、SI 単位系では  $10e$  は  $100/4$ （79.6）A/m に相当する。また、本発明の磁気ヘッド磁界分布を用いて媒体磁化状態をシミュレーションにより得た図が図 6 (b) であり、従来の図 2 (b) で示したものより直線的になっていることがわかる。この垂直媒体の保磁力は  $50000e$  を仮定しており、保磁力と等しい磁界強度が直線に分布するように、凹形状の掘り込み程度が決定される。また、図 7 は線記録密度（FCI）を変化させたとき従来構造のヘッドと本発明のヘッドによる、媒体磁化状態をシミュレーションした結果である。線記録密度をあげても、本発明のヘッドの方が直線的な磁化反転を持つ磁化状態を得られることがわかる。

30

40

【 0 0 0 7 】

また、本実施例においては、凹部の深さは主磁極の幅よりも小さいことが望ましい。ここで、本実施例では、凹部の深さを、凹部が形成されている主磁極トレーリング側のトラック幅方向端部と、凹部が最も深くなっている部分との長さの差で定義している。例えば、図 1 においては長さ  $H$  を凹部の深さに相当する。

図 1 3 は凹部の掘り込み深さが  $200nm$  とトラック幅  $150nm$  よりも大きな場合の媒体磁化状態を示す。このように、凹形状の掘り込み程度が大きくなると磁界強度が小さくなってしまったり、磁界分布が乱れるために直線的な磁化反転形状を記録できない事を我々は見出している。したがって、主磁極のトレーリング側に位置する辺の中心部から、辺の両端を結ぶ線に下ろした垂線の長さ、すなわち、図 1 で示す  $H$  がトラック幅以下であることが望まし

50

い。

#### 【 0 0 0 8 】

また、本実施例においては、凹部の深さが主磁極の幅の1/10よりも大きいことが望ましく、凹部の深さが浅いと、磁化反転形状の湾曲は解消できない事を我々は見出している。図 1 2 には、凹部の堀込み深さが10nmとトラック幅の1/10よりも小さい場合の記録ヘッド磁界分布を示す。堀込み深さが浅いので図 2 (a) に示した記録ヘッド磁界分布と比較して等高線の分布には変化がない。したがって、主磁極のトレーリング側に位置する辺の中心部から、辺の両端を結ぶ線に下ろした垂線の長さ、すなわち、図 1 で示すHがトラック幅の1/10よりも大きいことが望ましい。

#### ( 実施例 2 )

実施例 1 では、主磁極のトレーリング側に設ける凹部の形状を曲線形状としたが、他の形状でも磁化反転形状の湾曲を改善する効果が得られる。例えば、図 8 (a) に示すように凹型の形状は台形としてもよい。また、図 8 (b)、図 8 (c) に示すように、凹型の形状は三角形あるいは方形としてもよい。上に示したいずれの形状でも、磁化反転形状の湾曲を改善する効果が得られるが、要するに、前記主磁極を浮上面側からみた輪郭線には、補助磁極と対抗する側の輪郭線を規定する第 1 の線分と、該第 1 の線分と対抗する側の輪郭線を規定する第 2 の線分とが備わっており、第 2 の線分の途中には第 2 の線分の両端よりも前記第 1 の線分に近い点が 1 つ以上存在している場合には、上記の図 8 (a)、図 8 (b)、図 8 (c) の形状が満たされていると言える。

#### ( 実施例 3 )

実施例 3 では、実施例 1 , 2 で述べた形状の主磁極を実際に製造する方法について説明する。

本実施例の発明は、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、該レジストパターンをマスクに前記無機絶縁膜をエッチングし、溝を形成する工程と、該レジストパターンを除去する工程と、前記無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、該磁性膜を平坦化する工程と、前記磁性膜をエッチングし凹部を形成する工程を順次行い、主磁極を形成することを特徴とする垂直記録用単磁極型磁気ヘッドの製造方法である。

図 9 に本発明の製造行程の概略図を示す(但し、図の拡大倍率は一定では無い)。無機絶縁膜上にレジストパターンを形成したところを(a)に示す。無機絶縁膜は、従来用いられている  $Al_2O_3$  の他に  $SiC$ 、 $AlN$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiC$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$  等が使用可能である。このレジストパターンをマスクとして用いて、無機絶縁膜のエッチングを行ったところを(b)に示す。 $Al_2O_3$  を用いた場合は、エッチングガスとして  $BCl_3$  または  $BCl_3$  と  $Cl_2$  用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  $Ta_2O_5$ 、 $TiC$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $SiC$  等を用いた場合は、フッ素系の  $CHF_3$ 、 $CF_4$ 、 $SF_6$ 、 $C_4F_8$  等を用いることができる。エッチング後、レジストを除去したところを(c)に示す。(d)には、ストッパ膜を形成したところを示した。無機絶縁膜によってエッチングストッパとする場合は省略可能である。(e)には磁性膜をめっきしたところを示した。電解メッキ法を用いる場合、飽和磁束密度が1.6Tの  $Fe_{55}Ni_{45}$  または、飽和磁束密度が2.2Tの  $CoNiFe$  等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良い。(f)には磁性膜上面の平坦化を行い、主磁極を形成したところを示す。平坦化は、ケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法やイオンミリングまたはリアクティブイオンエッチング等を用いたエッチバック法を用いれば良い。(g)にはさらに、エッチングにより磁性膜を掘り込んだところを示した。この製造方法により、トレーリング側に凹部がある本発明の垂直記録用磁気ヘッドを製造できる。

#### 【 0 0 0 9 】

図 1 0 に本発明の製造行程の概略図を示す(但し、図の拡大倍率は一定では無い)。(a)から(f)までの工程は図 9 と同じである。(g)にはトレーリング側に凹部を有する主磁極を形成したところを示す。主磁極をめっきにより作成した場合、表面中心部は成長が重なり膜組成、結晶性が異なり、ケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法やイオ

10

20

30

40

50

ンミリングまたはリアクティブイオンエッチング等を用いたエッチバック法や酸処理を用いれば選択的に中心部の磁性膜が除去でき凹部を形成できる。なお、図10(f)の平坦化の工程において、CMPを強めに行えば、膜組成や結晶性の異なる中心部は自然に除去されるので、平坦化と溝形成の構成をCMPのみで行ってもよい。

#### 【0010】

また、図11に本発明の別の製造行程の概略図を示す(但し、図の拡大倍率は一定ではない)。無機絶縁膜上にレジストパターンを形成したところを(a)に示す。無機絶縁膜は、従来用いられている $Al_2O_3$ の他にSiC、AlN、 $Ta_2O_5$ 、TiC、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 等が使用可能である。(b)には磁性膜をめっきしたところを示した。電解メッキ法を用いる場合、飽和磁束密度が1.6Tの $Fe_{55}Ni_{45}$ または、飽和磁束密度が2.2TのCoNiFe等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良い。(c)にはレジストを除去したところを示す。(d)にはさらに、イオンミリングにより磁性膜を掘り込んだところを示した。この製造方法により、トレーリング側に凹部がある本発明の垂直記録用磁気ヘッドを製造できる。

10

#### (実施例4)

本実施例に記載の発明は、主磁極と補助磁極を有する記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生素子を備えた単磁極型の記録再生ヘッドを搭載した磁気ヘッドスライダであり、主磁極の空気流出端側に凹部を設けた磁気ヘッドスライダである。

本実施例の磁気ヘッドスライダの概略は図3に示されており、磁気ヘッド14と示された部分の拡大図における主磁極1は、磁気ヘッドスライダの空気流出端側に凹部が設けられている。主磁極に凹部を設けることにより、記録磁化反転形状の湾曲を改善する効果がある。

20

#### (実施例5)

本実施例に記載の発明は、主磁極と補助磁極を有する記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生素子を備えた単磁極型の記録再生ヘッドを搭載した磁気ヘッドスライダと、磁気ヘッドスライダを支持するジンバルと、ジンバルを固定するサスペンションとを備えたヘッド・アッセンブリであって、前記主磁極のジンバルとサスペンションアームとの固定点側には凹部が形成されていることを特徴とするヘッド・アッセンブリである。

#### 【0011】

本実施例のヘッド・アッセンブリの概略は図3に示されているサスペンションアーム12と磁気ヘッドスライダを組み合わせたものである。図では省略しているが、ジンバルはサスペンションアーム12の先端部に接合されている。したがって、ジンバルとサスペンションアームとは別の部品であるが、サスペンションアーム12の先端部に一体形成されていることもある。

30

#### (実施例6)

本実施例に記載の発明は、二層垂直磁気記録媒体と、単磁極型記録再生ヘッドと、記録媒体を一定方向に回転駆動する駆動装置とを備えた磁気ディスク装置であって、主磁極を浮上面側から見た場合、前記主磁極には前記回転方向の下流側に凹部が形成されていることを特徴とする磁気ディスク装置である。磁化反転形状を湾曲させずにビットを記録できるので、再生ヘッドで記録ビットを再生する際に、磁化反転幅が大きく見えて孤立波の半値幅が増大すると同時に、記録トラック幅が線記録密度の上昇に伴い狭められるといった問題が生じない。また、記録磁化パターンの形状改善に伴いS/N比の向上した磁気ディスク装置を製造することができる。

40

また、磁気記録媒体の両面を使用する場合や磁気記録媒体を複数枚使用した磁気ディスク装置では複数の磁気ヘッドを使用することになる。この場合においても、複数の磁気ヘッドの主磁極のうち、少なくとも一つを上記のように構成することにより、装置全体としてのS/N比は向上するものと考えられる。

#### 【0012】

#### 【発明の効果】

主磁極浮上面のトレーリング側を凹形状にすることにより、磁化反転が決定される磁界分

50

布を直線的にできる。これにより、磁化反転形状を湾曲させずにビットを記録でき、磁気抵抗効果型ヘッドで再生する際に磁化反転幅が大きく見えて孤立波の半値幅が増大すると同時に、記録トラック幅が線記録密度の上昇に伴い狭められるといった問題が生じない垂直記録用磁気ヘッドを提供でき、さらに、これを用いた磁気ディスク装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による単磁極ヘッドの浮上面よりみた平面図で(a)は全体構成を示し、(b)は主磁極部分を拡大した図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 2】従来の単磁極ヘッドと裏打ち層を有する 2 層記録媒体との組み合わせによる、(a)ヘッド磁界垂直成分の分布、(b)記録磁化状態を説明する図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

10

【図 3】本発明の実施の形態における磁気ディスク装置の概念の概略図である(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 4】本発明の実施の形態における垂直記録用磁気ヘッドと磁気ディスクとの関係の概略図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 5】垂直記録の概略図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 6】本発明による単磁極ヘッドと裏打ち層を有する 2 層記録媒体との組み合わせによる、(a)ヘッド磁界垂直成分の分布、(b)記録磁化状態を説明する図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 7】本発明による単磁極ヘッドと従来構造の単磁極ヘッドの記録磁化状態を比較する図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

20

【図 8】本発明による単磁極ヘッドの浮上面よりみた平面図で主磁極部分を拡大した図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 9】本発明の実施の形態における主磁極形成工程の概略図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 10】本発明の実施の形態における主磁極形成工程の概略図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 11】本発明の実施の形態における主磁極形成工程の概略図(但し、拡大倍率は均一ではない)。

【図 12】堀込み深さが浅い場合の比較例。

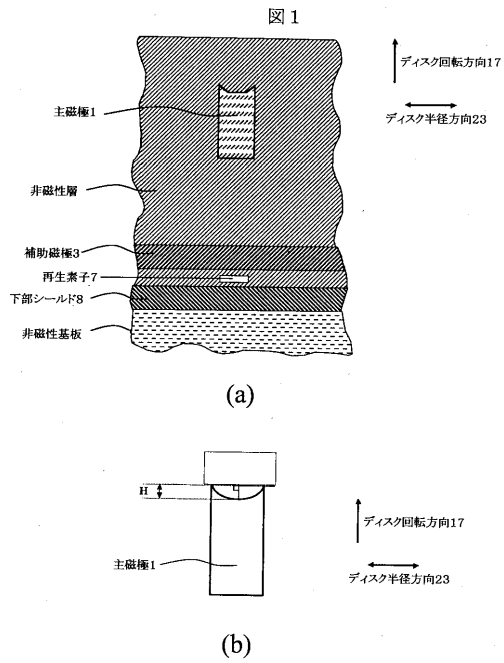
30

【図 13】堀込み深さが深い場合の比較例。

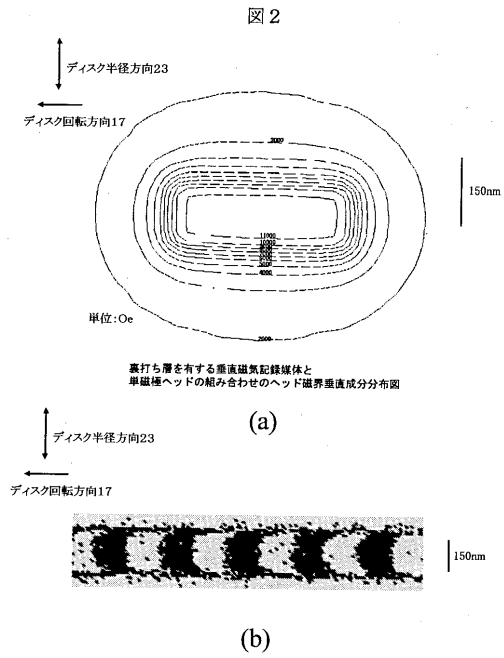
【符号の説明】

1 ... 主磁極、2 ... コイル、3 ... 補助磁極、4 ... 主磁極膜厚、5 ... 幾何学的トラック幅、6 ... 記録幅、7 ... 再生素子、8 ... 下部シールド、11 ... 磁気ディスク、12 ... サスペンションアーム、13 ... 磁気ヘッドスライダー、14 ... 磁気ヘッド、15 ... ロータリーアクチュエータ、16 ... 記録ヘッド、17 ... ディスク回転方向、18 ... 再生ヘッド、19 ... 記録層、20 ... 裏打ち層、21 ... 浮上面、23 ... ディスク半径方向、24 ... トレーリング側、25 ... リーディング側、27 ... レジスト、28 ... 無機絶縁膜、29 ... 磁性膜、30 ... 空気流出端、31 ... 空気流入端。

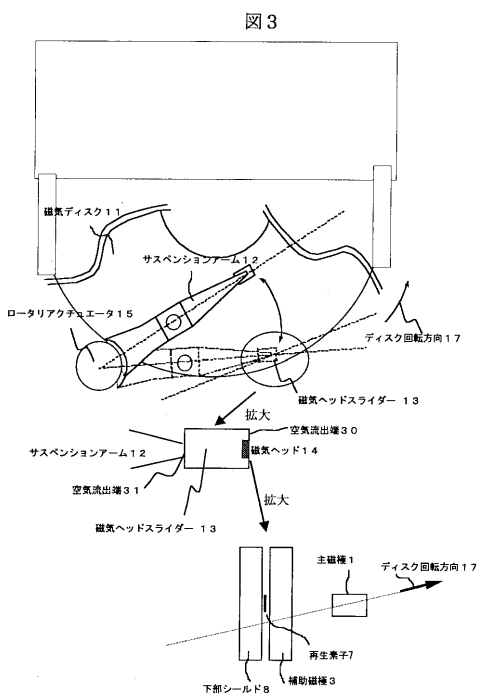
【図 1】



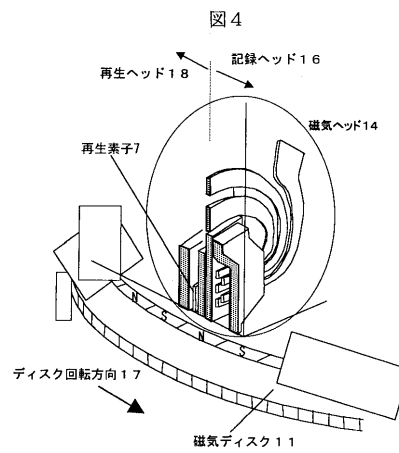
【図 2】



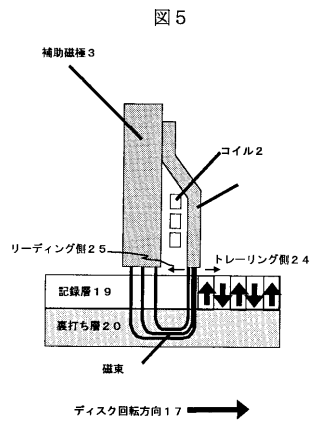
【図 3】



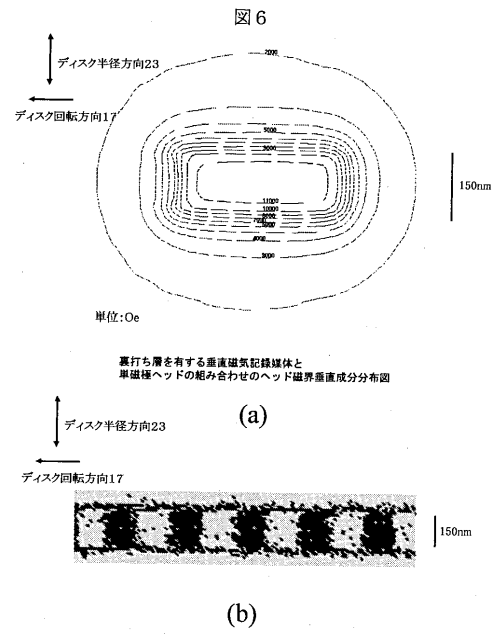
【図 4】



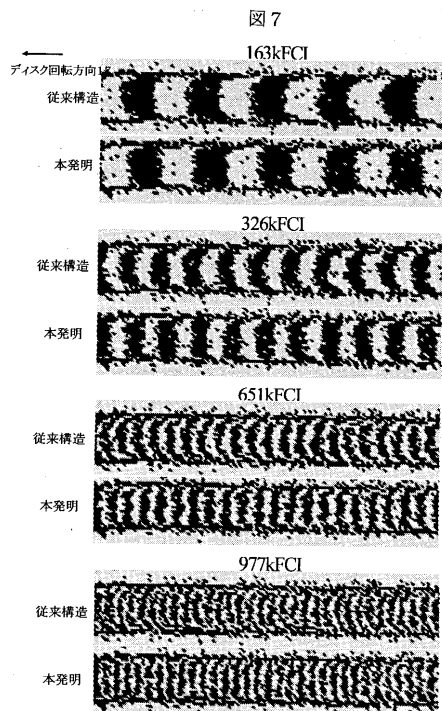
【図 5】



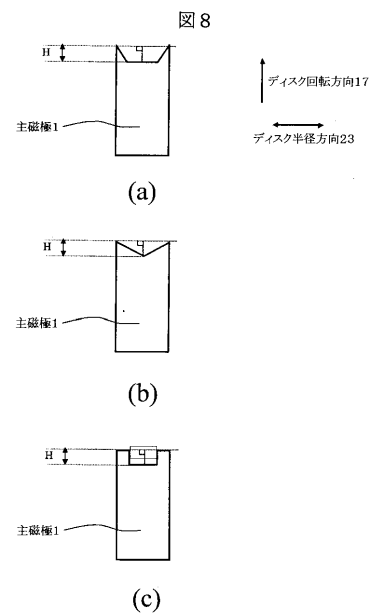
【図 6】



【図 7】

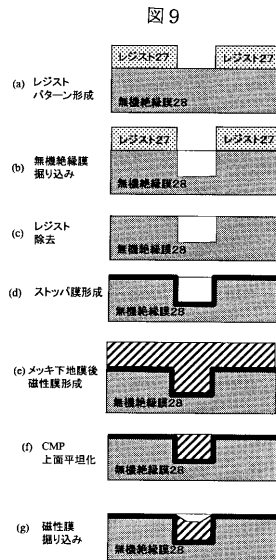


【図 8】

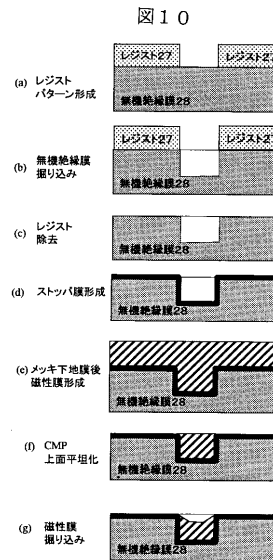




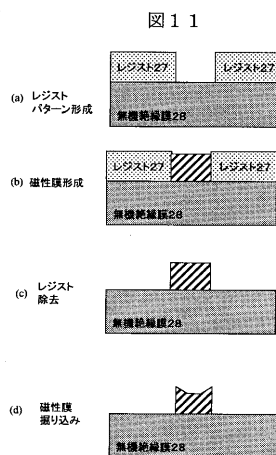
【図 9】



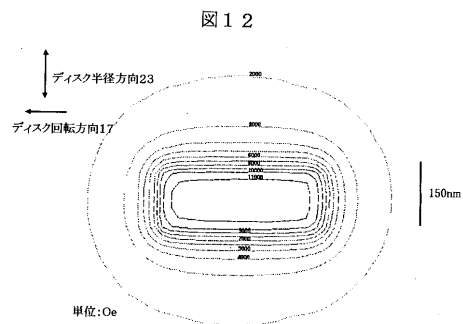
【図 10】



【図 11】



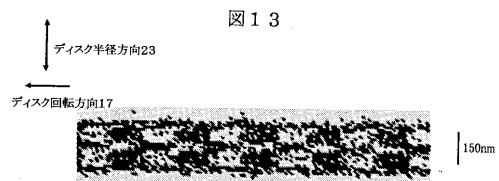
【図 12】



裏打ち層を有する垂直磁気記録媒体と  
単磁極ヘッドの組み合わせのヘッド磁界垂直成分分布図

凹型が浅い場合(H=10nm)

【図 13】



凹型が深い場合(H=200nm)

---

フロントページの続き

合議体

審判長 小林 秀美

審判官 小松 正

審判官 漆原 孝治

(56)参考文献 特開2002-133608(JP,A)  
特開昭59-79416(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G11B5/31,5/187