

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4713174号  
(P4713174)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(51) Int.CI.

G 11 B 5/31 (2006.01)

F 1

G 11 B 5/31 D  
G 11 B 5/31 C  
G 11 B 5/31 K

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-35400 (P2005-35400)  
 (22) 出願日 平成17年2月14日 (2005.2.14)  
 (62) 分割の表示 特願2000-328405 (P2000-328405)  
 原出願日 平成12年10月23日 (2000.10.23)  
 (65) 公開番号 特開2005-166259 (P2005-166259A)  
 (43) 公開日 平成17年6月23日 (2005.6.23)  
 審査請求日 平成17年2月18日 (2005.2.18)  
 審判番号 不服2008-25092 (P2008-25092/J1)  
 審判請求日 平成20年10月1日 (2008.10.1)

(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 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 西田 靖孝  
 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】

裏打ち層及び記録層を有する垂直磁気記録媒体と、主磁極及び補助磁極を有し、前記主磁極から出た磁界は、閉磁路を構成するように、前記垂直磁気記録媒体の記録層及び裏打ち層を通り、前記補助磁極に入る単磁極ヘッドとを備える磁気ディスク装置において、

前記主磁極は、先端部とトラック幅方向の幅が前記先端部のトラック幅方向の幅よりも大きい後部とを有し、前記主磁極の先端部には、前記垂直磁気記録媒体に対向する面からテープ面が設けられ、前記テープ面は、前記主磁極のトレーリング側面に、浮上面から見た浮上高さ方向に傾斜するように形成されており、前記主磁極の浮上面と前記テープ面のなす角度が30度以上、75度以下であることを特徴とする磁気ディスク装置。

## 【請求項 2】

前記単磁極ヘッドと、更に再生ヘッドとを有する記録再生ヘッドを備えることを特徴とする請求項1記載の磁気ディスク装置。

## 【請求項 3】

前記主磁極の浮上面と前記テープ面のなす角度が45度以上、75度以下であることを特徴とする請求項1記載の磁気ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

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。

【背景技術】

【0002】

磁気ディスク装置では、記録媒体上のデ・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、面記録密度を向上する必要がある。しかしながら、現行の面内記録方式では、記録ビットの大きさが小さくなると、熱搖らぎのために記録ビットが消失し面記録密度が上げられないという問題がある。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検討されており、研究・開発が進行している。

【0003】

10

再生ヘッドに関しては、垂直記録方式、面内記録方式共に同じヘッド、例えば、巨大磁気抵抗効果型ヘッド（GMRヘッド）やトンネル磁気抵抗効果型ヘッド（TMRヘッド）を用いることができる。

一方、記録ヘッドに関しては、面内記録と同じリングヘッドを用いることもできるが、リングヘッドは上部磁極から下部磁極へ環流する磁束の垂直成分のみを用いて記録を行うため、磁界強度が弱く、垂直方向の磁界勾配も急峻でないという問題がある。このため、垂直記録に適した記録ヘッドとして単磁極ヘッドが提案されている。単磁極ヘッドの場合、図2に示すように、記録磁界分布は主磁極膜厚4に依存した幅を有し、主磁極形状が媒体の磁化パターンに大きな影響を与える。

【0004】

20

【特許文献1】特開2002-092821号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

記録密度の向上のためには、トラック密度と線記録密度を向上する必要があるが、記録密度を高める上で垂直、面内記録方式に共通して障害となっている点に、ヨー角への対応がある。ヨー角とは、磁気ディスク上にある磁気ヘッドのトラック走行方向に対する傾きをいい、具体的には、記録ヘッドの主磁極位置におけるトラック走行方向と記録ヘッドが搭載されているスライダの長手方向とのなす角を言う。図3(a)のように、ヨー角が0度の場合には記録幅は主磁極の幾何学的トラック幅5に依存し、主磁極膜厚4には依存しないが、同図(b)のようにヨー角が付いた場合、すなわちヨー角が0度以外の場合、主磁極膜厚に依存して記録幅が実効的に広くなってしまい、隣接トラックを消去してしまうという問題がある。

30

【0006】

ヨー角を常に0とするためには、2段式のアクチュエータを用いる方法があるが、2段式のアクチュエータは高価なため、製造コストの上昇が問題となる。

【0007】

ヨー角がついた場合への対応策として、特願2000-286842号明細書には、ヘッドの浮上面から見た主磁極形状を図4(a)に示されるような台形形状にすることによって隣接トラックの消去を防止する技術が開示されている。ここで、図4(a)のは、台形の斜辺とトラック走行方向とのなす角度である。

40

しかし、主磁極の浮上面形状を台形にすると記録磁界強度が減少してしまう。図4(b)に、浮上面形状が台形である主磁極の最大磁界強度との関係を示す。

を大きくすると磁界強度が減少している事がわかる。また、特願2000-76333号明細書には、記録ヘッド磁極の一部を除去することにより磁極の隣接トラックへのみ出しを低減し、隣接トラックの消去を防止する技術が開示されている。しかし、この場合もヘッド磁界強度が減少してしまう。記録ビットの大きさが小さくなるほど熱搖らぎの問題は顕著になるので、熱搖らぎ対策として媒体の保磁力は増加する傾向にある。ヘッドの記録磁界は媒体へ記録を行うことができる程度に必要十分な大きさを有することが要求されるので、記録磁界強度の減少は面記録密度を向上する上で大きな障害となる。

50

**【0008】**

本発明は記録磁界強度を減少させずに、ヨー角がついた場合にも隣接トラックの消去のない主磁極形状を持つ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。

**【課題を解決するための手段】****【0009】**

本発明者らは、単磁極ヘッドの主磁極先端に斜面部分を設けた形状にすることにより、記録磁界強度を減少させずにあるいは増加させて、ヨー角による隣接トラックの消去を防止できることを見い出した。本発明の単磁極ヘッドにおいては、記録ヘッドが対抗する記録媒体の回転方向の上流方向、すなわちリーディング側に位置する前記主磁極の面を、主磁極の浮上面に対して傾斜させる。つまり、主磁極先端部にテーパ面を設ける。このようにテーパ面を設けることにより、発生する記録磁界強度をテーパを設けない場合よりも強めることができる。

**【0010】**

また、このテーパ面の主磁極の浮上面に対する傾け方を最適化することにより、記録磁界を強めるだけではなく、発生する記録磁界をより絞ることができる。具体的には、テーパ面と主磁極浮上面のなす角度（以後、主磁極先端角度と略）を45度以上75度以下にする。

前記テーパ面は、主磁極のトレーリング側ではなくリーディング側に設けても良い。また、トレーリング側、リーディング側の両方に設けても良い。

**【0011】**

このようなテーパ面を有する主磁極の製造方法としては、下記の3種類がある。

第1の製造方法は、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、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、斜面を形成する工程と、該レジストパターンを除去する工程と、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、前記レジストパターンを除去する工程と、該磁性膜を研磨による平坦化する工程を順次行う製造方法である。

研磨方法としては、ケミカルメカニカルポリッシング法が一般的に用いられているが、その他の適切な手法を用いても良い。

**【0012】**

また、第2の製造方法はいわゆるリフトオフ法によりテーパ面を形成する方法であり、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成し、無機絶縁膜上をスパッタし、該レジストパターンとそれに付着した無機絶縁膜を除去し、斜面を形成する工程と、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記無機絶縁膜上に磁性膜を形成する工程と、前記レジストパターンを除去する工程と、該磁性膜を研磨により平坦化する工程を順次行う製造方法である。

**【0013】**

また、第3の製造方法は、磁性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磁性膜をエッチングし、斜面を形成する工程を順次行う製造方法である。

**【0014】**

このように主磁極を製造することにより、記録磁界強度の減少を防ぎ、あるいは磁界強度を増大させつつ、隣接トラックの消去が無い優れた単磁極ヘッドを提供することができる。また、軟磁性裏打層を有する垂直二層媒体とこの単磁極ヘッドを搭載した磁気記録装置により、面内記録方式に比べて、耐熱搖らぎ性に優れ面記録密度の高い磁気記録装置を提供することができる。

**【発明の効果】****【0015】**

主磁極のリーディング側またはトレーリング側先端部にテーパ面を設けた形状にすることにより、ヨー角が付いた場合でも、最大記録磁界強度を劣化させずにあるいは増加させ

10

20

30

40

50

て、幾何学的トラック幅より記録幅の増加の程度を抑え、隣接トラックの消去をない垂直記録用磁気ヘッドを提供でき、また、本ヘッドを搭載することにより、隣接トラックの消去のない磁気ディスク装置を製造できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(実施例1)

以下、本発明を図面を用いて説明する。図5は本発明を用いた磁気ディスク装置の媒体ヘッド系の概略図である(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11上に、サスペンションアーム12の先端に固定されたスライダー13についている磁気ヘッド14によって磁化信号の記録再生を行なう。磁気ヘッドは、サスペンションアームのスイング動作によって、ディスクの半径方向への移動(シーク動作)を行う。このとき、図に5に示すようにヨー角Sが発生する。現行の磁気記録装置においては、ヨー角Sの範囲は±30°程度である。図6に垂直用記録再生ヘッドと磁気ディスクとの関係の概略図を示す。垂直用記録再生ヘッドは、記録ヘッド部16と再生ヘッド部17からなる。記録ヘッドはいわゆる単磁極ヘッドであり、再生ヘッドは、軟磁性の第1のシールド層と第2のシールド層に挟まれて配置された再生素子を備えた構造を有している。再生素子としては、高感度であることから、巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)やトンネル磁気抵抗効果素子(TMR素子)等が用いられる。図7には、垂直用記録再生ヘッドの概略図を示す。単磁極ヘッドの主磁極からでた磁界は記録層、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。

10

【0017】

図8に本発明の磁気ヘッドの主磁極形状を示す。ディスク回転方向の上流側に位置するリーディング側の主磁極の浮上面側の角をとり傾斜した形状にした。この形状にした場合の先端角度qと最大磁界強度の関係、及び主磁極から発生する記録磁界分布のディスク回転方向の半値幅と先端角度の関係を図1に示す。先端角度が45度付近までは磁界強度が大きくなりその後減少しているが、先端角度が0度から75度付近までは主磁極先端部に角度をつけない場合より大きな磁界強度が得られている。磁性体の尖った部分には磁束が集中しやすいと考えられるので、これは、主磁極の角から裏打ち層に流れる磁束の量が減ったためと考えられる。

20

【0018】

30

また、図1に示された主磁極から発生する記録磁界分布のディスク回転方向の半値幅と先端角度の関係から、ディスク回転方向の磁界の半値幅は減少、すなわち記録磁界がより収束されることが分かる。これは、テープ面を設けることにより、浮上面露出主磁極膜厚22が小さくなつたためであると考えられる。半値幅は先端角度45度付近までは急激に減少し、その後の変化は小さい。以上、記録磁界の収束効果を得るために、先端角度qを45度以上75度以下の範囲にすることが有効である。

【0019】

30

図9には、本発明の単磁極ヘッドと、従来技術である先端角度が0度である単磁極ヘッドのディスク回転方向の記録磁界分布を示す。従来技術に比べて、本発明の単磁極ヘッドの方が、最大磁界強度も大きく記録磁界の幅も狭いことが分かる。この時、記録磁化パターンに大きく影響するトレーリング側の磁界勾配は劣化していない。したがつて、ヨー角がついた場合でも記録幅が広がらず、隣接トラックの消去を防ぐことができる。

40

【0020】

(実施例2)

実施例1では、主磁極先端部のリーディング側にテープ面を設けたが、主磁極のトレーリング側にテープ面を設けても良い。図10(a)に示すように、ディスク回転方向の下流側に位置するトレーリング側の主磁極の浮上面側の角をとり傾斜した形状にした単磁極ヘッドの形状を示す。この場合でも、磁界強度を劣化させずにあるいは増加させてディスク回転方向の磁界幅を狭くでき、ヨー角が付いた場合でも、幾何学的トラック幅より記録幅の増加の程度を抑え、隣接トラックの消去をない、垂直記録用磁気ヘッドを提供できる。

50

## 【0021】

## (実施例3)

実施例3では、図10(b)に示すように、主磁極先端部のリーディング側とトレーリング側両方にテーパ面を設けた。リーディング側、トレーリング側の角度は独立に設定して良い。この場合であっても、主磁極の浮上面側の角をとり傾斜した形状にしても磁界強度の劣化させずにあるいは増加させてディスク回転方向の磁界幅を狭くでき、ヨー角が付いた場合でも、幾何学的トラック幅より記録幅の増加の程度を抑え、隣接トラックの消去のない、垂直記録用磁気ヘッドを提供できる。

## 【0022】

## (実施例4)

10

実施例4は主磁極先端部に設けるテーパ面が曲面である場合の実施例である。

製造プロセス上、テーパ面が平面とならずに曲面となる場合があり得るが、テーパ面が曲面であっても同じ効果が得られる。

図11は単磁極ヘッドをトラック幅方向から見た場合の断面図である。主磁極先端部に設けられたテーパ面はこの場合曲面である。図11中、 $h$ で示される長さは、主磁極先端部をトラック方向から見た場合に曲面形状のテーパ面がなす曲線の、浮上高さ方向に対する射影長、 $W$ で示される長さは、前記曲面形状のテーパ面がなす曲線の浮上面に対する長である。

また、この場合であっても、 $W/h$ の逆タンジェントで定義される角度 $q$ 、つまり $q = \arctan(W/h)$ が45度以上75度以下の範囲であれば、先端角度を45度以上75度以下に規定した場合と同じ効果が得られる。

20

## 【0023】

## (実施例5)

図12、図13に実施例1に示した単磁極ヘッドの製造方法の行程図を示す。理解しやすさのため、図中の膜厚等の縮尺は一定では無くしている。図12の(a)は、無機絶縁膜上にレジストパターンを形成したところを示す。無機絶縁膜の下部には、再生ヘッド部と補助磁極層とが形成されている。無機絶縁膜は、従来用いられている $Al_2O_3$ の他に $SiC$ 、 $AlN$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiC$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 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。簡便のため、図12の(b)以降の図面では、再生ヘッド部と補助磁極層は省略して書いている。レジスト端部はレジストの陰になるのでエッチングされにくく、エッチングにより図12(b)のような斜面が形成される。エッチングガスとしては、絶縁膜として $Al_2O_3$ 、 $AlN$ を用いた場合には $BCl_3$ 、または $BCl_3$ と $Cl_2$ の混合ガスが好適である。 $SiC$ 、 $AlN$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiC$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ の場合は、エッチングされやすいためフッ素系の $CHF_3$ 、 $CF_4$ 、 $SF_6$ 、 $C_4F_8$ 等を用いることができる。

30

## 【0024】

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、レジストパターンを形成したところを示した。図13の(e)には磁性膜をめっきしたところを示した。飽和磁束密度が大きく軟磁気特性が良好であることから、磁性膜の材料としては $Fe_{55}Ni_{45}$ や $CoNiFe$ 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。

40

(f)はレジストを除去したところを示す。(g)は、研磨により磁性膜浮上面の平坦化を行い主磁極を形成したところを示す。平坦化には、ケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法を用いれば良い。浮上面を出す行程において、浮上面は一点鎖線の位置にすれば良い。この製造方法により、リーディング側にテーパ面がある場合の本発明の垂直用単磁極ヘッドを製造できる。

本実施例は、主磁極のリーディング側にテーパ面を設けた場合の単磁極ヘッドの製造法を示したものであるが、レジストの形成パターンを左右逆にすることにより、トレーリング側にテーパ面がある単磁極ヘッドを製造することができる。

50

## 【0025】

## (実施例6)

図14に、リフトオフ方式による本発明の単磁極ヘッドの別の製造方法の行程図を示す。図12と同様、無機絶縁膜の下部には、再生ヘッド部と補助磁極層が形成されているが、簡便のため省略する。第1に、無機絶縁膜上に図14のような形状のレジストパターンを形成する。無機絶縁膜の下には、再生ヘッドと、補助磁極用の軟磁性膜が形成されているが、図では省略する。レジストパターンが形成されたところを(a)に示す。次に、斜面を形成するために、レジストパターンと無機絶縁膜上にスパッタリングを行う。スパッタを行ったところを(b)に示す。斜面の角度は、スパッタリングの際のターゲット・基板間距離、スパッタ時のガス圧、ターゲットに対する基板の角度などを調整することにより制御できる。

10

## 【0026】

スパッタ後、レジスト及びそれに付着した無機絶縁膜を除去する。(c)には、レジストを除去したところを示す。(d)には、レジストパターンを形成したところを示した。(e)には磁性膜をめっきしたところを示した。(f)はレジストを除去したところを示した。(g)に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。浮上面を出す行程において、浮上面は一点鎖線の位置にすれば良い。この製造方法により、リーディング側に傾斜がある本発明の垂直記録用磁気ヘッドを製造できる。

20

## 【0027】

## (実施例7)

図15に、本発明の単磁極ヘッドの別の製造方法の行程図を示す。無機絶縁膜、主磁極となる磁性膜の順に積層された上に、図のような形状のレジストパターンを形成したところを(a)に示す。このレジストパターンをマスクとして用いて、磁性膜のエッチングを行ったところを(b)に示す。エッチング後、レジストを除去したところを(c)に示す。浮上面を出す行程において、浮上面は一点鎖線の位置にすれば良い。この製造方法により、トレーリング側に傾斜がある本発明の垂直記録用磁気ヘッドを製造できる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0028】

【図1】本発明の単磁極ヘッドのヘッド磁界強度と先端角度、及びディスク回転方向の磁界幅と先端角度の関係を示した図。

30

【図2】従来の裏打ち層を有する2層記録媒体と単磁極ヘッドの組み合わせによる、ディスク回転方向のヘッド磁界垂直成分の一般的な分布を説明する図。

【図3】従来の垂直記録用磁気ヘッドの主磁極とディスク上のトラックとの関係の概略図。

【図4】従来技術の単磁極ヘッドの主磁極形状の概略図、及び主磁極形状とヘッド磁界垂直成分の関係を示した図。

【図5】ヨー角の発生理由を説明する概念図。

【図6】本発明の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。

【図7】垂直記録の概念を示した概略図。

【図8】本発明の実施例1に記載された単磁極ヘッドの主磁極形状を示す概略図。

40

【図9】本発明の実施例1に記載された単磁極ヘッドのディスク走行方向の磁界強度分布。

【図10】本発明の実施例2および3に記載された単磁極ヘッドの主磁極形状を示す概略図。

【図11】本発明の実施例4に記載された単磁極ヘッドの主磁極形状を示す概略図。

【図12】本発明の実施例5に記載された単磁極ヘッドの主磁極形成工程の概略図。

【図13】本発明の実施例5に記載された単磁極ヘッドの主磁極形成工程の概略図。

【図14】本発明の実施例6に記載された単磁極ヘッドの主磁極形成工程の概略図。

【図15】本発明の実施例7に記載された単磁極ヘッドの主磁極形成工程の概略図。

【符号の説明】

50

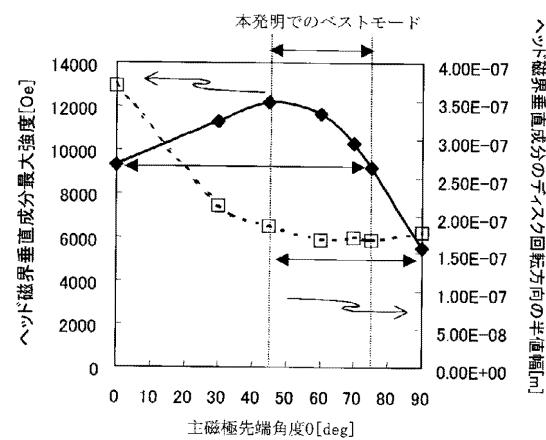
## 【0029】

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、 9 … 自己トラック、 10 … 隣接トラック、 11 … 磁気ディスク、 12 … サスペンションアーム、 13 … 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、 22 … 浮上面露出主磁極膜厚、 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、 26 … 隣接トラック消去領域、 27 … レジスト、 28 … 無機絶縁膜、 29 … 磁性膜、  $q$  … 先端角度、  $q_t$  … トレーリング側先端角度。

10

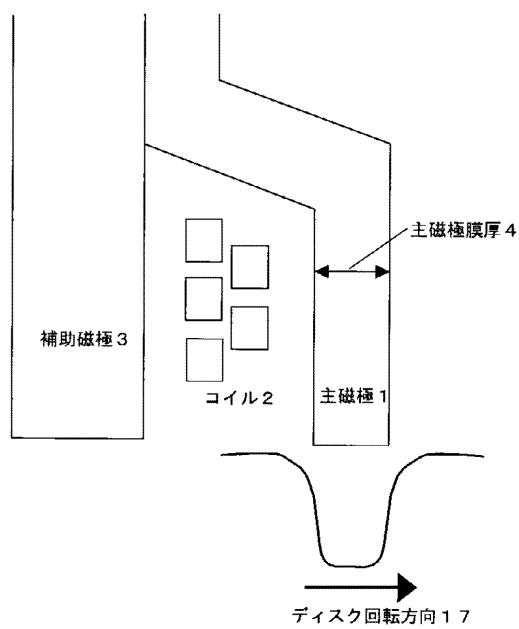
【図1】

図1

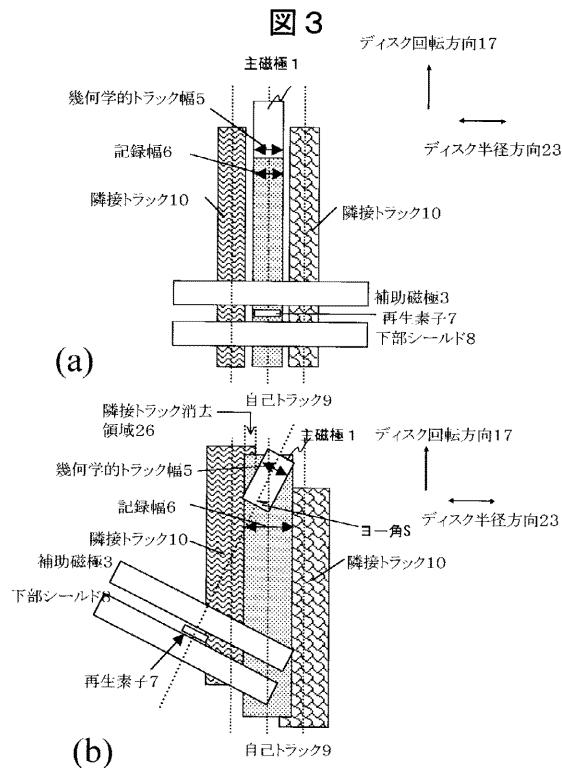


【図2】

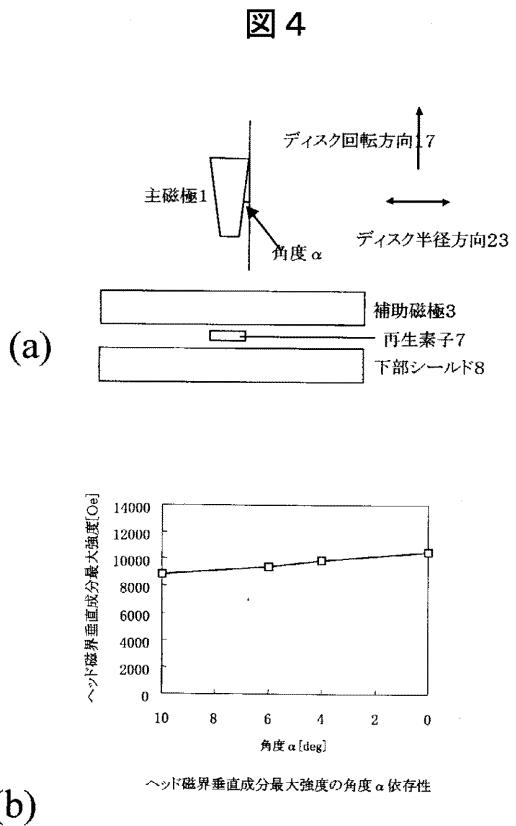
図2



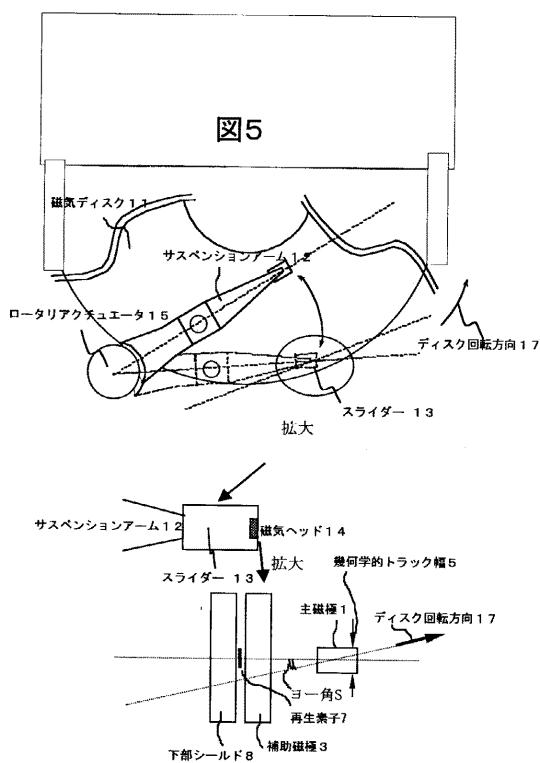
【図3】



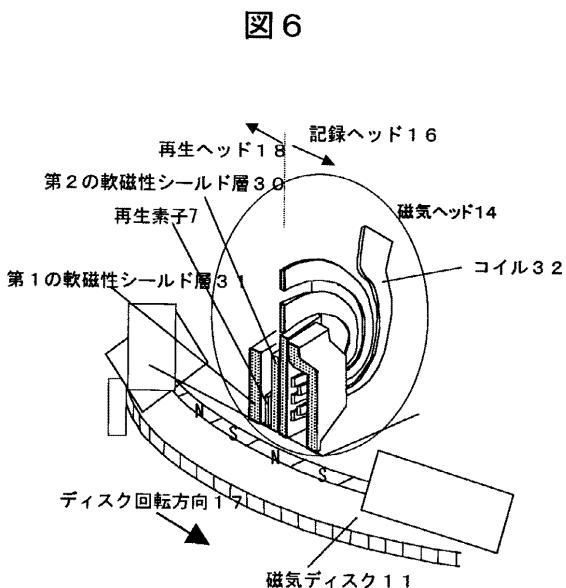
【図4】



【図5】

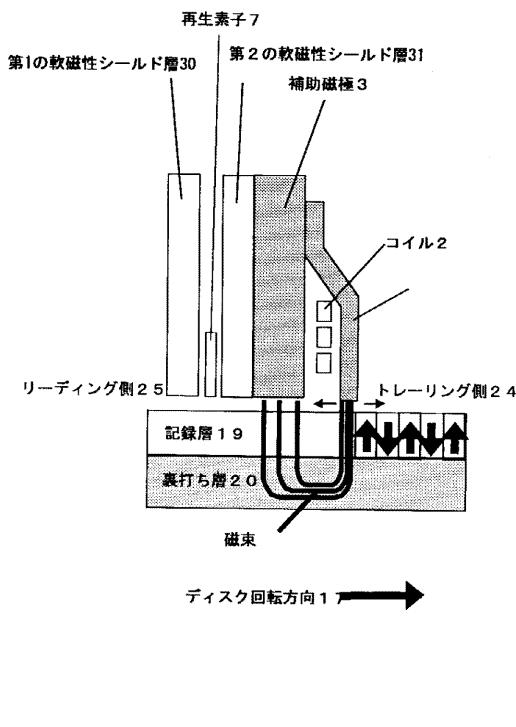


【図6】



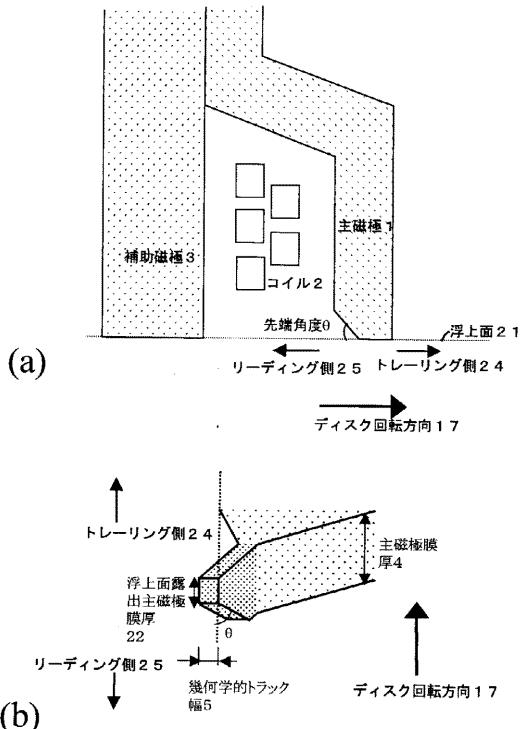
【図7】

図7



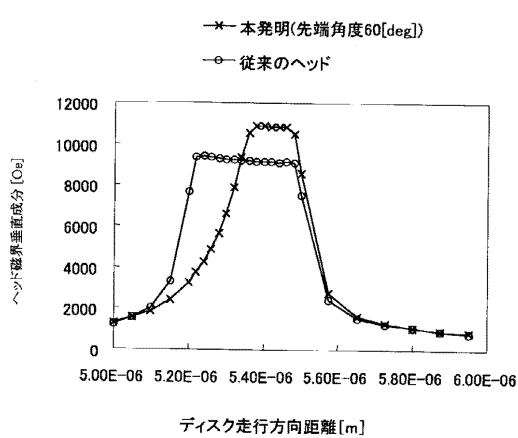
【図8】

図8



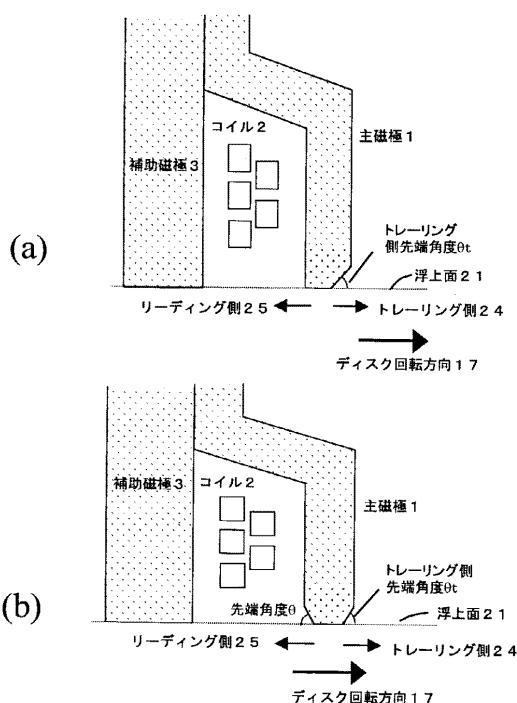
【図9】

図9



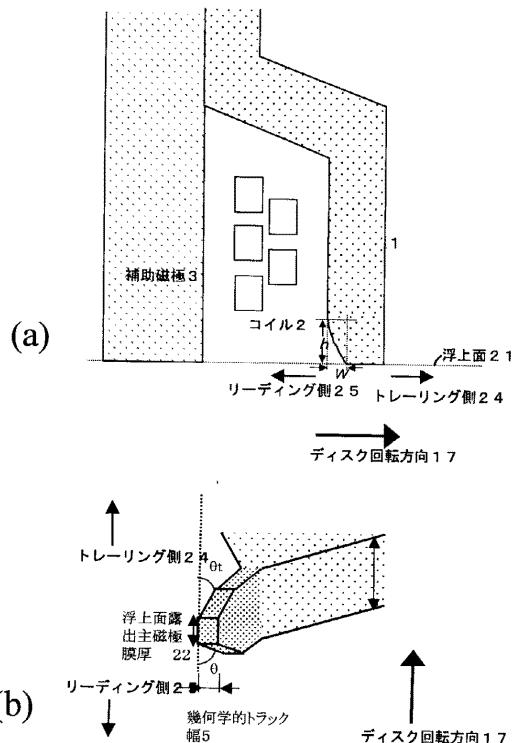
【図10】

図10



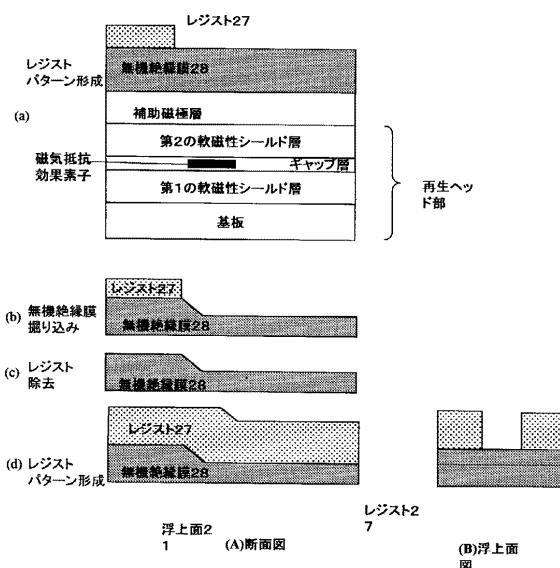
【図11】

図11



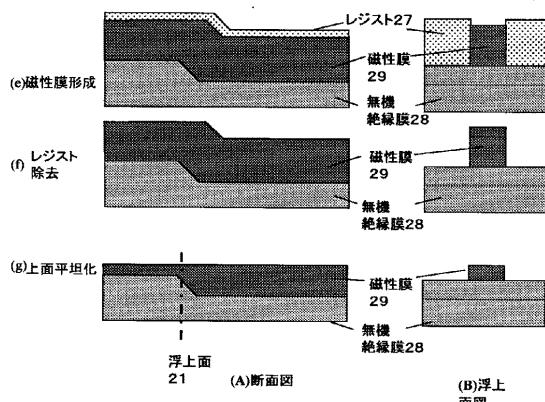
【図12】

図12



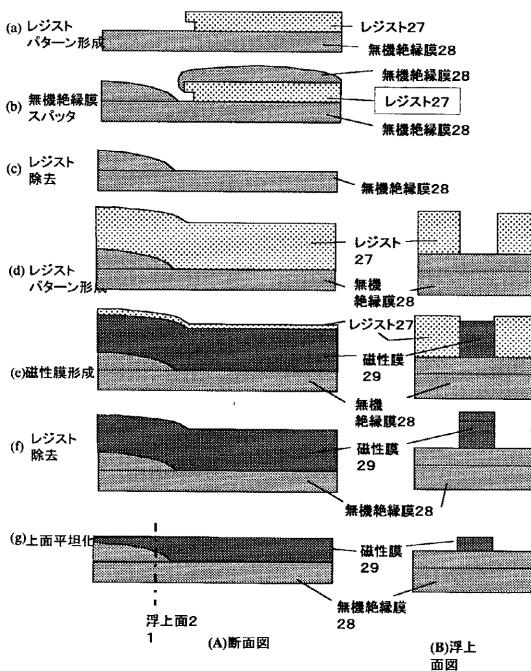
【図13】

図13



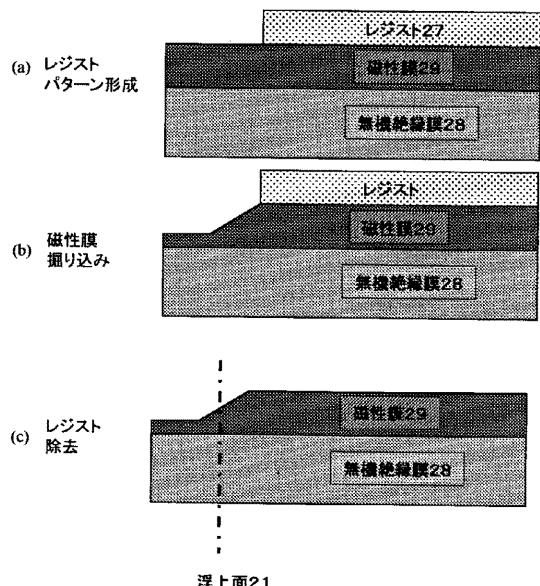
【図14】

図14



【図15】

図15



---

フロントページの続き

(72)発明者 高野 公史

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

合議体

審判長 山田 洋一

審判官 井上 信一

審判官 吉澤 雅博

(56)参考文献 特開2000-182205 (JP, A)

特開昭62-57111 (JP, A)

特開平2-10509 (JP, A)

特開昭54-119220 (JP, A)

特開2001-283411 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/31