

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年9月25日 (25.09.2003)

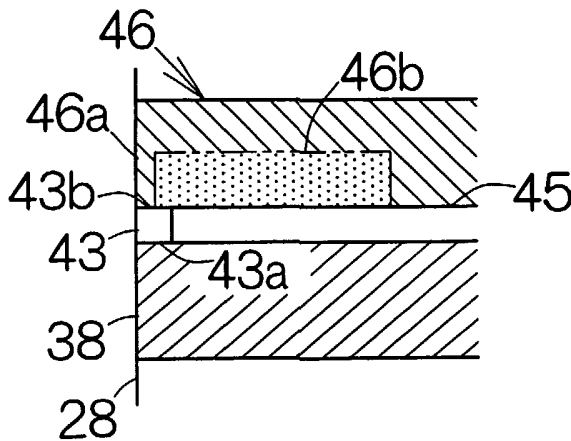
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/079331 A1

- (51) 国際特許分類: G11B 5/39
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02684
  - (22) 国際出願日: 2002年3月20日 (20.03.2002)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大島 弘敬 (OSHIMA, Hiroataka) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 清水 豊 (SHIMIZU, Yutaka) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
  - (74) 代理人: 山崎 薫 (YAMAZAKI, Kaoru); 〒102-0074 東京都 千代田区 九段南 4丁目6番13号 ニュー九段マンション 403 Tokyo (JP).
  - (81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.
  - (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MAGNETORESISTIVE ELEMENT OF CPP STRUCTURE

(54) 発明の名称: CPP構造磁気抵抗効果素子



(57) Abstract: A magnetoresistive film (43) spreads from a medium opposing plane (28) of a head slider toward its rear side. An upper electrode layer (46) is stacked on an upper boundary surface (43b) of the magnetoresistive film. In the upper electrode layer (46), a low resistance region (46a) is formed to spread from the front end exposed to the medium opposing plane (28) along the upper boundary surface (43b) toward the rear side and a high resistance region (46b) having a higher resistivity than the low resistance region is formed to spread from the rear end of the low resistance region (46a) along the upper boundary surface (43b) toward the rear side. In the magnetoresistive film (43), the high resistance region (46b) functions to shift a sense current passage toward the side of the medium opposing plane (28). Sense current flow is concentrated along the medium opposing plane (28). When magnetization rotation is realized with a sufficient rotation amount in the magnetoresistive film (43) in the vicinity of the medium opposing plane (28), a sufficient resistance change

can be maintained in the magnetoresistive element of the CPP structure. It is possible to obtain a sufficient sensitivity.

(57) 要約: 磁気抵抗効果膜 (43) は、ヘッドスライダの媒体対向面 (28) から後方に広がる。磁気抵抗効果膜の上側境界面 (43b) には上側電極層 (46) が重ね合わせられる。上側電極層 (46) には、媒体対向面 (28) に露出する前端から上側境界面 (43b) に沿って後方に広がる低抵抗領域 (46a) と、低抵抗領域 (46a) の後端から上側境界面 (43b) に沿って後方に広がり、低抵抗領域よりも高い抵抗率を有する高抵抗領域 (46b) とが形成される。磁気抵抗効果膜 (43) では高抵抗領域 (46b) の働きでセンス電流の通り道は媒体対向面 (28) 側に寄せられる。媒体対向面 (28) に沿って集中的にセンス電流は流通する。媒体対向面 (28) の近傍で磁気抵抗効果膜 (43) 内に十分な回転量で磁化の回転が実現されれば、CPP構造磁気抵抗効果素子では十分な抵抗変化量は維持される。十分な感度は確保される。

WO 03/079331 A1

## 明細書

## C P P 構造磁気抵抗効果素子

## 5 技術分野

本発明は、例えばトンネル接合膜やスピバルブ膜といった磁気抵抗効果膜を利用する磁気抵抗効果素子に関し、特に、任意の基準面に積層される磁気抵抗効果膜に、基準面に直交する垂直方向にセンス電流を流通させるC P P ( C u r r e n t P e r p e n d i c u l a r - t o - t h e - P l a n e ) 構造磁気抵抗効果素子に関する。

## 背景技術

任意の基準面に沿って積層形成されるスピバルブ膜といった磁気抵抗効果膜は広く知られる。C P P 構造磁気抵抗効果素子の実現にあたって、磁気抵抗効果膜は上側電極および下側電極に挟まれる。上側電極および下側電極の間では、基準面に直交する垂直方向にセンス電流は流通する。

こういったC P P 構造磁気抵抗効果素子は、例えば媒体対向面で磁気記録媒体に向き合わせられるヘッドスライダに搭載される。ヘッドスライダでは、媒体対向面に直交する1仮想平面に沿って磁気抵抗効果膜は広がる。磁気記録媒体から磁気抵抗効果膜に信号磁界が作用すると、磁気抵抗効果膜内の磁化は回転する。

今後、磁気記録媒体で記録密度の向上がさらに推進されると、磁気記録媒体から漏れ出る信号磁界は弱まることが予想される。信号磁界が弱まると、磁気抵抗効果膜では、媒体対向面から遠ざかるに従って磁化の回転量は著しく減少してしまう。こうした磁化の回転量の減少は素子の感度の低下を招く。

25

## 発明の開示

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、磁気記録媒体から漏れ出る信号磁界に対して十分な感度を確保することができるC P P 構造磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、第1発明によれば、ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から磁気抵抗効果膜の境界面に沿って後方に広がる電極層とを備え、電極層には、  
5 ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から前記境界面に沿って後方に広がる低抵抗領域と、低抵抗領域の後端から前記境界面に沿って後方に広がり、低抵抗領域よりも高い抵抗率を有する高抵抗領域とが形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子が提供される。

こういったC P P構造磁気抵抗効果素子によれば、高抵抗領域の働きで磁気抵抗効果膜内のセンス電流の通り道はヘッドスライダの媒体対向面側に寄せられることができる。したがって、磁気抵抗効果膜では、媒体対向面に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。媒体対向面の近傍で磁気抵抗効果膜内に十分な回転量で磁化の回転が実現されれば、C P P構造磁気抵抗効果素子では十分な抵抗変化量は維持されることができる。こうしてC P P構造磁気抵抗効果素子  
15 では十分な感度は確保されることができる。

また、第2発明によれば、ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から磁気抵抗効果膜の上側境界面に沿って後方に広がる上側電極層と、少なくともヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の下側境界面に接触する下側電極とを備え、  
20 上側電極層には、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から上側境界面に沿って後方に広がる低抵抗領域と、低抵抗領域の後端から上側境界面に沿って後方に広がり、低抵抗領域よりも高い抵抗率を有する高抵抗領域とが形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子が提供される。

こういったC P P構造磁気抵抗効果素子では上側電極層の低抵抗領域および下側電極から磁気抵抗効果膜にセンス電流は供給される。このとき、磁気抵抗効果膜では高抵抗領域の働きでセンス電流の通り道はヘッドスライダの媒体対向面側に寄せられることができる。したがって、磁気抵抗効果膜では、媒体対向面に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。媒体対向面の近傍で磁気抵抗

効果膜内に十分な回転量で磁化の回転が実現されれば、C P P 構造磁気抵抗効果素子では十分な抵抗変化量は維持されることができる。こうしてC P P 構造磁気抵抗効果素子では十分な感度は確保されることができる。

5 以上のようなC P P 構造磁気抵抗効果素子では、高抵抗領域は、電極層内や上側電極層内に取り込まれる酸素原子に基づき形成されればよい。こうして形成される酸化金属領域では低抵抗の金属領域に比べて高い電気抵抗値は実現される。酸素原子の取り込みにあたって、電極層や上側電極層には製造過程で例えば酸素ガスの導入や酸素プラズマの照射が実施されればよい。

10 また、高抵抗領域は、電極層内や上側電極層内に取り込まれるイオン原子に基づき形成されてもよい。こうして実現される局所的な不純物の導入や金属結晶の欠陥などに基づき低抵抗の純粋金属領域に比べて高い電気抵抗値は実現される。純粋金属には例えば合金が含まれる。イオン原子の取り込みにあたって、電極層や上側電極層には製造過程で例えばイオン注入が実施されればよい。

15 その他、電極層内や上側電極層内には、結晶粒の大きさに基づき低抵抗領域および高抵抗領域が区画されてもよい。この場合には、低抵抗領域には、高抵抗領域の結晶粒に比べて大きな結晶粒が含まれればよい。結晶粒の素材は低抵抗領域および高抵抗領域で同一であればよい。結晶粒が小さければ小さいほど、電気抵抗値は高められることができる。例えば結晶粒にレーザーが照射されると、結晶粒は大粒に成長することができる。

20 さらにまた、電極層内や上側電極層内には、膜厚の相違に基づき低抵抗領域および高抵抗領域が区画されてもよい。この場合には、境界面や上側境界面に沿って第1厚みで広がり、低抵抗領域を構成する領域と、同様に境界面や上側境界面に沿って第1厚みよりも小さい第2厚みで広がり、高抵抗領域を構成する領域とが電極層内や上側電極層内に形成されればよい。

25 さらに、第3発明によれば、ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の境界面に接触する電極と、ヘッドスライダの媒体対向面から後退した前端から前記境界面に沿って後方に広がり、電極よりも高い抵抗率を有する高抵抗層とを備

えることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子が提供される。

こういったC P P構造磁気抵抗効果素子によれば、高抵抗層の働きで磁気抵抗効果膜の境界面では電極の接触はヘッドスライダの媒体対向面側に寄せられることができる。したがって、磁気抵抗効果膜では、媒体対向面に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。媒体対向面の近傍で磁気抵抗効果膜内に十分な回転量で磁化の回転が実現されれば、C P P構造磁気抵抗効果素子では十分な抵抗変化量は維持されることができる。こうしてC P P構造磁気抵抗効果素子では十分な感度は確保されることができる。

さらにまた、第4発明によれば、ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の上側境界面に接触する上側電極と、ヘッドスライダの媒体対向面から後退した前端から上側境界面に沿って後方に広がり、少なくとも上側電極よりも高い抵抗率を有する高抵抗層と、少なくともヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の下側境界面に接触する下側電極とを備えることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子が提供される。

こういったC P P構造磁気抵抗効果素子では上側および下側電極から磁気抵抗効果膜にセンス電流は供給される。このとき、磁気抵抗効果膜の境界面では高抵抗層の働きで上側電極の接触はヘッドスライダの媒体対向面側に寄せられることができる。したがって、磁気抵抗効果膜では、媒体対向面に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。媒体対向面の近傍で磁気抵抗効果膜内に十分な回転量で磁化の回転が実現されれば、C P P構造磁気抵抗効果素子では十分な抵抗変化量は維持されることができる。こうしてC P P構造磁気抵抗効果素子では十分な感度は確保されることができる。

以上のようなC P P構造磁気抵抗効果膜は、例えばハードディスク駆動装置(HDD)といった磁気ディスク駆動装置に組み込まれるヘッドスライダに搭載されてもよく、磁気テープ駆動装置といったその他の磁気記録媒体駆動装置に組み込まれるヘッドスライダに搭載されてもよい。

## 図面の簡単な説明

図1は、ハードディスク駆動装置（HDD）の内部構造を概略的に示す平面図である。

5 図2は、一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

図3は、浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を概略的に示す正面図である。

図4は、一具体例に係る磁気抵抗効果（MR）膜の構造を概略的に示す拡大正面図である。

10 図5は、図3の5-5線に沿った拡大部分断面図である。

図6は、図3の6-6線に沿った拡大部分断面図であって、上部磁極の拡大平面図を示す。

図7は、図6に対応する下部磁極の拡大平面図である。

15 図8は、図5に対応し、他の実施形態に係るCPP構造MR読み取り素子の一部を示す拡大部分断面図である。

図9は、図3に対応し、CPP構造MR読み取り素子の一変形例を示す正面図である。

図10は、図5に対応し、さらに他の実施形態に係るCPP構造MR読み取り素子の一部を示す拡大部分断面図である。

20

## 発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照しつつ本発明の実施形態を説明する。

25 図1は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置（HDD）11の内部構造を概略的に示す。このHDD11は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体12を備える。収容空間には、記録媒体としての1枚以上の磁気ディスク13が収容される。磁気ディスク13はスピンドルモータ14の回転軸に装着される。スピンドルモータ14は、例えば7200rpmや10000rpmといった高速度で磁気ディスク13を回転させることができる。筐体本体12には、筐体本体12との間で収容空間を密閉する蓋体す

なわちカバー（図示されず）が結合される。

収容空間には、垂直方向に延びる支軸 15 回りで揺動するキャリッジ 16 がさらに収容される。このキャリッジ 16 は、支軸 15 から水平方向に延びる剛体の揺動アーム 17 と、この揺動アーム 17 の先端に取り付けられて揺動アーム 17 から前方に延びる弾性サスペンション 18 とを備える。周知の通り、弾性サスペンション 18 の先端では、いわゆるジンバルばね（図示されず）の働きで浮上ヘッドスライダ 19 は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ 19 には、磁気ディスク 13 の表面に向かって弾性サスペンション 18 から押し付け力が作用する。磁気ディスク 13 の回転に基づき磁気ディスク 13 の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ 19 には浮力が作用する。弾性サスペンション 18 の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク 13 の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ 19 は浮上し続けることができる。

こうした浮上ヘッドスライダ 19 の浮上中に、キャリッジ 16 が支軸 15 回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ 19 は半径方向に磁気ディスク 13 の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ 19 は磁気ディスク 13 上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ 16 の揺動は例えばボイスコイルモータ（VCM）といったアクチュエータ 21 の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク 13 が筐体本体 12 内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク 13 同士の間で 1 本の揺動アーム 17 に対して 2 つの弾性サスペンション 18 が搭載される。

図 2 は浮上ヘッドスライダ 19 の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ 19 は、平たい直方体に形成される  $Al_2O_3-TiC$ （アルチック）製のスライダ本体 22 と、このスライダ本体 22 の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッド 23 を内蔵する  $Al_2O_3$ （アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜 24 とを備える。スライダ本体 22 およびヘッド素子内蔵膜 24 には、磁気ディスク 13 に対向する媒体対向面すなわち浮上面 25 が規定される。磁気ディスク 13 の回転に基づき生成される気流 26 は浮上面 25 に受け止められる。

浮上面 25 には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる 2 筋のレール 27 が形成される。各レール 27 の頂上面にはいわゆる ABS（空気軸受け面） 2

8が規定される。ABS 28では気流26の働きに応じて前述の浮力が生成される。ヘッド素子内蔵膜24に埋め込まれた読み出し書き込みヘッド23は、後述されるように、ABS 28で前端を露出させる。ただし、ABS 28の表面には、読み出し書き込みヘッド23の前端に覆い被さるDLC（ダイヤモンドライクカーボン）保護膜が形成されてもよい。なお、浮上ヘッドスライダ19の形態はこ  
5 ういった形態に限られるものではない。

図3は浮上面25の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド23は、薄膜磁気ヘッドすなわち誘導書き込みヘッド素子31とCPP構造電磁変換素子すなわちCPP構造磁気抵抗効果（MR）読み取り素子32とを備える。誘導書き込みヘッド素子31は、周知の通り、例えば導電コイルパターン（図示されず）で  
10 生起される磁界を利用して磁気ディスク13に2値情報を書き込むことができる。CPP構造MR読み取り素子32は、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき2値情報を検出することができる。誘導書き込みヘッド素子31およびCPP構造MR読み取り素子32は、前述のヘッド  
15 素子内蔵膜24の上側半層すなわちオーバーコート膜を構成する $A_1O_3$ （アルミナ）膜33と、下側半層すなわちアンダーコート膜を構成する $A_1O_3$ （アルミナ）膜34との間に挟み込まれる。

誘導書き込みヘッド素子31は、ABS 28で前端を露出させる上部磁極層35と、同様にABS 28で前端を露出させる下部磁極層36とを備える。上部および下部磁極層35、36は例えばFeNやNiFeから形成されればよい。上部および下部磁極層35、36は協働して誘導書き込みヘッド素子31の磁性コアを構成する。  
20

上部および下部磁極層35、36の間には例えば $A_1O_3$ （アルミナ）製の非磁性ギャップ層37が挟み込まれる。周知の通り、導電コイルパターンで磁界が生起されると、非磁性ギャップ層37の働きで、上部磁極層35と下部磁極層36とを行き交う磁束は浮上面25から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束が記録磁界（ギャップ磁界）を形成する。  
25

CPP構造MR読み取り素子32は、アルミナ膜34すなわち下地絶縁層の表面に沿って広がる下側電極38を備える。この下側電極38には、引き出し導電



層 3 8 a と、引き出し導電層 3 8 a の表面から立ち上がる導電端子片 3 8 b とが形成される。下側電極 3 8 は導電性を備えるだけでなく同時に軟磁性を備えてもよい。下側電極 3 8 が例えば Ni Fe といった導電性の軟磁性体で構成されると、この下側電極 3 8 は同時に CPP 構造 MR 読み取り素子 3 2 の下部シールド層として機能することができる。

下側電極 3 8 は、アルミナ膜 3 4 の表面で広がる絶縁層 4 1 に埋め込まれる。この絶縁層 4 1 は、導電端子片 3 8 b の壁面に接しつつ引き出し導電層 3 8 a の表面に沿って広がる。ここで、導電端子片 3 8 b および絶縁層 4 1 は所定の基礎層を構成する。導電端子片 3 8 b の頂上面および絶縁層 4 1 の表面は、基礎層上で切れ目なく連続する平坦化面 4 2 すなわち基準面を規定する。

平坦化面 4 2 上には電磁変換膜すなわち磁気抵抗効果 (MR) 膜 4 3 が積層される。この MR 膜 4 3 は、ABS 2 8 で露出する前端から平坦化面 4 2 に沿って後方に広がる。この MR 膜 4 3 は少なくとも導電端子片 3 8 b の頂上面に横たわる。導電端子片 3 8 b は、少なくとも ABS 2 8 で露出する前端で MR 膜 4 3 の下側境界面 4 3 a に接触する。こうして MR 膜 4 3 と下側電極 3 8 との間には電気的接続が確立される。MR 膜 4 3 の構造の詳細は後述される。

同様に、平坦化面 4 2 上では、ABS 2 8 に沿って延びる 1 対の磁区制御ハード膜 4 4 が形成される。磁区制御ハード膜 4 4 は平坦化面 4 2 上で ABS 2 8 に沿って MR 膜 4 3 を挟み込む。磁区制御ハード膜 4 4 は例えば CoPt や CoCrPt といった金属材料から形成されればよい。これらの磁区制御ハード膜 4 4 では、周知の通り、MR 膜 4 3 を横切る 1 方向に沿って磁化は確立されることができる。こうした磁区制御ハード膜 4 4 の磁化に基づきバイアス磁界が形成されると、MR 膜 4 3 内で例えば自由側強磁性層 (free layer) の単磁区化は実現されることができる。

平坦化面 4 2 上にはさらに被覆絶縁膜 4 5 が覆い被さる。この被覆絶縁膜 4 5 は絶縁層 4 1 との間に磁区制御ハード膜 4 4 を挟み込む。被覆絶縁膜 4 5 中で MR 膜 4 3 の頂上面すなわち上側境界面 4 3 b は ABS 2 8 に隣接して露出する。

被覆絶縁層 4 5 の表面には上側電極層 4 6 が広がる。上側電極層 4 6 は、少なくとも ABS 2 8 で露出する前端で MR 膜 4 3 の上側境界面 4 3 b に接触する。

こうしてMR膜43と上側電極層46との間には電氣的接続が確立される。上側電極層46の詳細は後述される。

図4はMR膜43の一具体例を示す。このMR膜43はいわゆるスピバルブ膜で構成される。すなわち、MR膜43では、Ta下地層51、自由側強磁性層52、中間導電層53、固定側強磁性層(pinned layer)54、磁化方向拘束層(pinning layer)すなわち反強磁性層55および導電保護層56が順番に重ね合わせられる。反強磁性層55の働きに応じて固定側強磁性層54の磁化は1方向に固定される。ここで、自由側強磁性層52は、例えばTa下地層51の表面に積層されるNiFe層52aと、NiFe層52aの表面に積層されるCoFe層52bとで構成されればよい。中間導電層53は例えばCu層から構成されればよい。固定側強磁性層54は例えばCoFeといった強磁性材料から形成されればよい。反強磁性層55は例えばIrMnやPdPtMnといった反強磁性合金材料から形成されればよい。導電保護層56は例えばAu層やPt層から構成されればよい。

その他、MR膜43にはいわゆるトンネル接合膜が用いられてもよい。トンネル接合膜では、前述の中間導電層53に代えて、自由側強磁性層52と固定側強磁性層54との間に中間絶縁層が挟み込まれればよい。こういった中間絶縁層は例えば $Al_2O_3$ 層から構成されればよい。

磁気情報の読み出しにあたってCPP構造MR読み取り素子32が磁気ディスク13の表面に向き合わせられると、MR膜43では、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層52の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層52の磁化方向が回転すると、MR膜43の電気抵抗は大きく変化する。したがって、上側電極層46および下側電極38からMR膜43にセンス電流が供給されると、上側電極層46および下側電極38から取り出される電気信号のレベルは電気抵抗の変化に応じて変化する。このレベルの変化に応じて2値情報は読み取られることができる。

ここで、図5を参照しつつ上側電極層46の構造を詳述する。上側電極層46には、ABS28に露出する前端からMR膜43の上側境界面43bに沿って後方に広がる低抵抗領域46aが区画される。上側境界面43bでは、低抵抗領域

4 6 aの後端から高抵抗領域4 6 bが後方に広がる。この高抵抗領域4 6 bは低抵抗領域4 6 aよりも高い抵抗率を有する。低抵抗領域4 6 aは、高抵抗領域4 6 bの表面に沿って後方に広がってもよく、図6から明らかなように、被覆絶縁膜4 5の表面に沿って高抵抗領域4 6 bを迂回しつつ後方に広がってもよい。こ  
5 うして低抵抗領域4 6 aの後端は接続用導電パッド（図示されず）に接続される。

こういった上側電極層4 6は例えばNiFeといった導電性の軟磁性体で構成されればよい。上側電極層4 6で導電性だけでなく同時に軟磁性が確立されれば、上側電極層4 6は同時にCPP構造MR読み取り素子3 2の上部シールド層として機能することができる。前述の下部シールド層すなわち下側電極3 8と上側電  
10 極層4 6との間隔は記録ディスク1 3上で記録トラックの線方向に磁気記録の分解能を決定する。

このとき、高抵抗領域4 6 bは、上側電極層4 6内に取り込まれる酸素原子に基づき形成されればよい。酸素原子の取り込みにあたって、上側電極層4 6には製造過程で例えば酸素ガスの導入や酸素プラズマの照射が実施されればよい。ま  
15 た、高抵抗領域4 6 bは、上側電極層4 6内に取り込まれるイオン原子に基づき形成されてもよい。イオン原子の取り込みにあたって、上側電極層4 6には製造過程で例えばイオン注入が実施されればよい。その他、上側電極層4 6内には、結晶粒の大きさに基づき低抵抗領域4 6 aおよび高抵抗領域4 6 bが区画されてもよい。この場合には、低抵抗領域4 6 aには、高抵抗領域4 6 bの結晶粒に比  
20 べて大きな結晶粒が含まれればよい。結晶粒が小さければ小さいほど、電気抵抗値は高められることができる。例えば結晶粒にレーザーが照射されると、結晶粒は大粒に成長することができる。

以上のようなCPP構造MR読み取り素子3 2では上側電極層4 6の低抵抗領域4 6 aおよび下側電極3 8からMR膜4 3にセンス電流は供給される。このとき、図5および図6から明らかなように、MR膜4 3では高抵抗領域4 6 bの働  
25 きでセンス電流の通り道はABS 2 8側に寄せられることができる。したがって、MR膜4 3では、ABS 2 8に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。

今後、磁気ディスク1 3で記録密度の向上がさらに推進されると、磁気ディス

ク 1 3 から漏れ出る信号磁界は弱まることが予想される。信号磁界が弱まると、MR膜 4 3 では、ABS 2 8 の近傍で十分な磁化の回転量は確保されるものの、ABS 2 8 から遠ざかるに従って磁化の回転量は著しく減少する。このとき、前述の CPP 構造 MR 読み取り素子 3 2 では、ABS 2 8 の近傍にセンス電流は集中することができる。したがって、センス電流は、大きな回転量で回転する磁化に十分に曝されることができる。こうして CPP 構造 MR 読み取り素子 3 2 では十分な抵抗変化量は維持されることができる。感度の低下は回避される。

しかも、図 7 に示されるように、下側電極 3 8 は、導電端子片 3 8 b の働きで記録トラックの中心線に向かってセンス電流を集中させることができる。MR膜 4 3 では、記録トラックの中心線に沿ってセンス電流は流通する。センス電流の通り道は狭められることができる。感度の向上は期待される。その一方で、下側電極 3 8 が MR 膜 4 3 の下側境界面 4 3 a 全体に接触すると、MR 膜 4 3 と磁区制御ハード膜 4 4 との境界付近にセンス電流が集中することが予想される。

図 8 に示されるように、前述の上側電極層 4 6 に代えて、ABS 2 8 で露出する前端で MR 膜 4 3 の上側境界面 4 3 b に接触する上側電極 5 1 と、ABS 2 8 から後退した前端から上側境界面 4 3 b に沿って後方に広がる高抵抗層 5 2 とが用いられてもよい。高抵抗層 5 2 は少なくとも上側電極 5 1 よりも高い抵抗率を有する。ここでは、上側電極 5 1 は MR 膜 4 3 や被覆絶縁膜 4 5 との間に高抵抗層 5 2 を挟み込む。

このとき、上側電極 5 1 は、前述の上側電極層 4 6 と同様に、例えば NiFe といった導電性の軟磁性体で構成されればよい。その一方で、高抵抗層 5 2 は例えば  $Al_2O_3$  といった任意の絶縁材料から構成されればよい。特に、高抵抗層 5 2 は、いわゆるソフトフェライトやアモルファス磁性材料といった絶縁性の軟磁性材から構成されることが望まれる。こういった絶縁性の軟磁性材料によれば、上側電極 5 1 とともに高抵抗層 5 2 は CPP 構造 MR 読み取り素子 3 2 の上部シールド層として機能することができる。

こういった上側電極 5 1 によれば、前述と同様に、MR 膜 4 3 では高抵抗層 5 2 の働きでセンス電流の通り道は ABS 2 8 側に寄せられることができる。したがって、MR 膜 4 3 では、ABS 2 8 に沿って集中的にセンス電流は流通するこ

とができる。こうしてCPP構造MR読み取り素子32では十分な抵抗変化量は維持されることができる。感度の低下は回避される。

5 その他、こういった上側電極51では、例えば図9に示されるように、ABS28に露出する前端で上側電極51の表面から隆起する端子瘤53が形成されてもよい。こういった端子瘤53によれば、上側電極51とMR膜43の上側境界面43bとの接触はトラック幅方向に狭められることができる。したがって、前述の導電端子片38bの働きと相俟って、一層確実に記録トラックの中心線に沿ってセンス電流の通り道は狭められることができる。一層の感度の向上は期待される。

10 その他、前述の上側電極層46に代えて、例えば図10に示されるように、MR膜43の上側境界面43bに沿って第1厚み $T_c$ で広がる低抵抗領域54と、同様に上側境界面43bに沿って第1厚み $T_c$ よりも小さい第2厚み $T_n$ で広がる高抵抗領域55とを備える上側電極層56が用いられてもよい。ここでは、上側電極層56の膜厚の変化に基づき抵抗値の高低は確立される。こういった上側

15 電極層56によれば、前述と同様に、MR膜43では高抵抗領域55の働きでセンス電流の通り道はABS28側に寄せられることができる。したがって、MR膜43では、ABS28に沿って集中的にセンス電流は流通することができる。こうしてCPP構造MR読み取り素子32では十分な抵抗変化量は維持されることができる。感度の低下は回避される。

## 請求の範囲

1. ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッド  
5 スライダの媒体対向面に臨む前端から磁気抵抗効果膜の境界面に沿って後方に広がる電極層とを備え、電極層には、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から前記境界面に沿って後方に広がる低抵抗領域と、低抵抗領域の後端から前記境界面に沿って後方に広がり、低抵抗領域よりも高い抵抗率を有する高抵抗領域とが形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子。
- 10 2. 請求の範囲第1項に記載のC P P構造磁気抵抗効果素子において、前記高抵抗領域は、前記電極層内に取り込まれる酸素原子に基づき形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子。
- 15 3. 請求の範囲第1項に記載のC P P構造磁気抵抗効果素子において、前記高抵抗領域は、前記電極層内に取り込まれるイオン原子に基づき形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子。
- 20 4. 請求の範囲第1項に記載のC P P構造磁気抵抗効果素子において、前記低抵抗領域には、前記高抵抗領域の結晶粒に比べて大きな結晶粒が含まれることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子。
- 25 5. 請求の範囲第1項に記載のC P P構造磁気抵抗効果素子において、前記電極層には、前記境界面に沿って第1厚みで広がり、前記低抵抗領域を構成する領域と、前記境界面に沿って第1厚みよりも小さい第2厚みで広がり、前記高抵抗領域を構成する領域とが形成されることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子。
6. ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッド

5 スライダの媒体対向面に臨む前端から磁気抵抗効果膜の上側境界面に沿って後方に広がる上側電極層と、少なくともヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の下側境界面に接触する下側電極とを備え、上側電極層には、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端から上側境界面に沿って後方に広がる低抵抗領域と、低抵抗領域の後端から上側境界面に沿って後方に広がり、低抵抗領域よりも高い抵抗率を有する高抵抗領域とが形成されることを特徴とするCPP構造磁気抵抗効果素子。

10 7. ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の境界面に接触する電極と、ヘッドスライダの媒体対向面から後退した前端から前記境界面に沿って後方に広がり、電極よりも高い抵抗率を有する高抵抗層とを備えることを特徴とするCPP構造磁気抵抗効果素子。

15

8. ヘッドスライダの媒体対向面に沿って前端を規定し、ヘッドスライダの媒体対向面に交差する所定の基準面に沿って後方に広がる磁気抵抗効果膜と、ヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の上側境界面に接触する上側電極と、ヘッドスライダの媒体対向面から後退した前端から上側境界面に沿って後方に広がり、少なくとも上側電極よりも高い抵抗率を有する高抵抗層と、少なくともヘッドスライダの媒体対向面に臨む前端で磁気抵抗効果膜の下側境界面に接触する下側電極とを備えることを特徴とするCPP構造磁気抵抗効果素子。

1/5

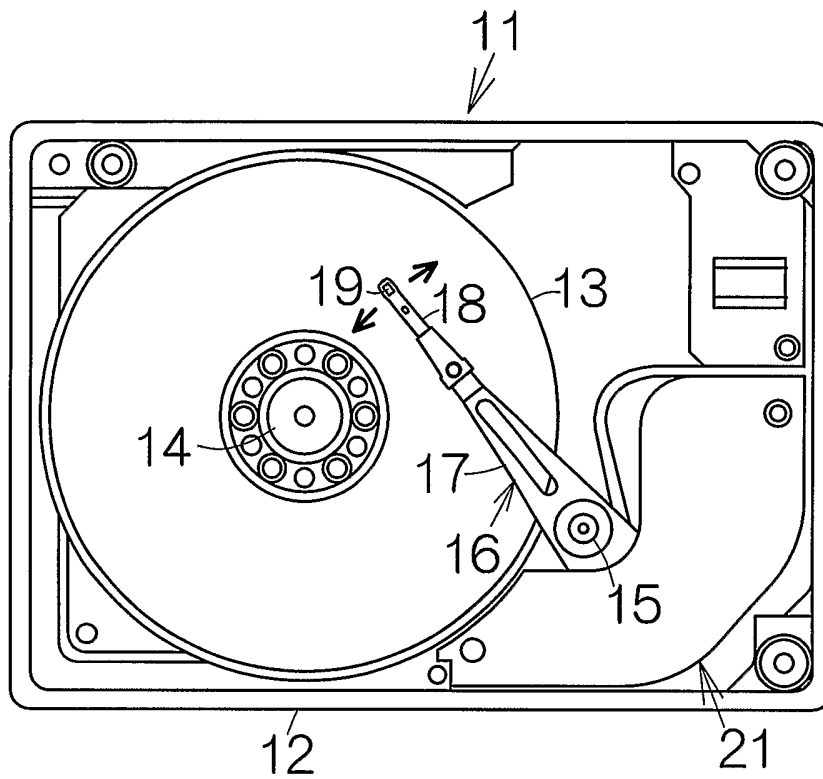


FIG. 1

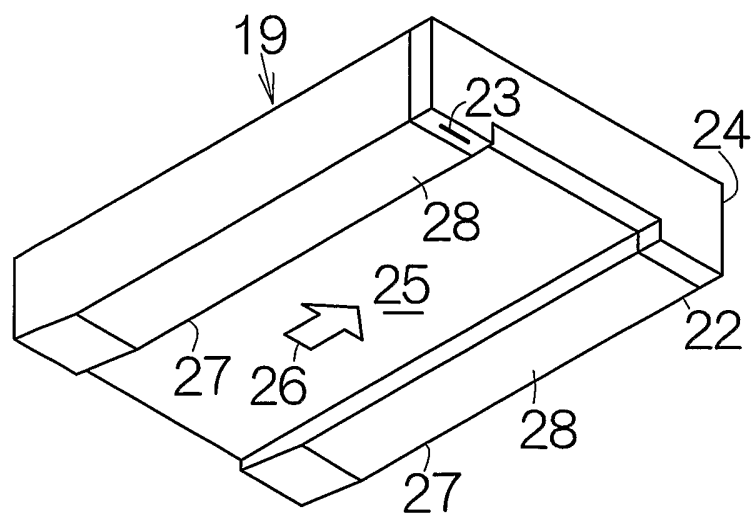


FIG. 2



2/5

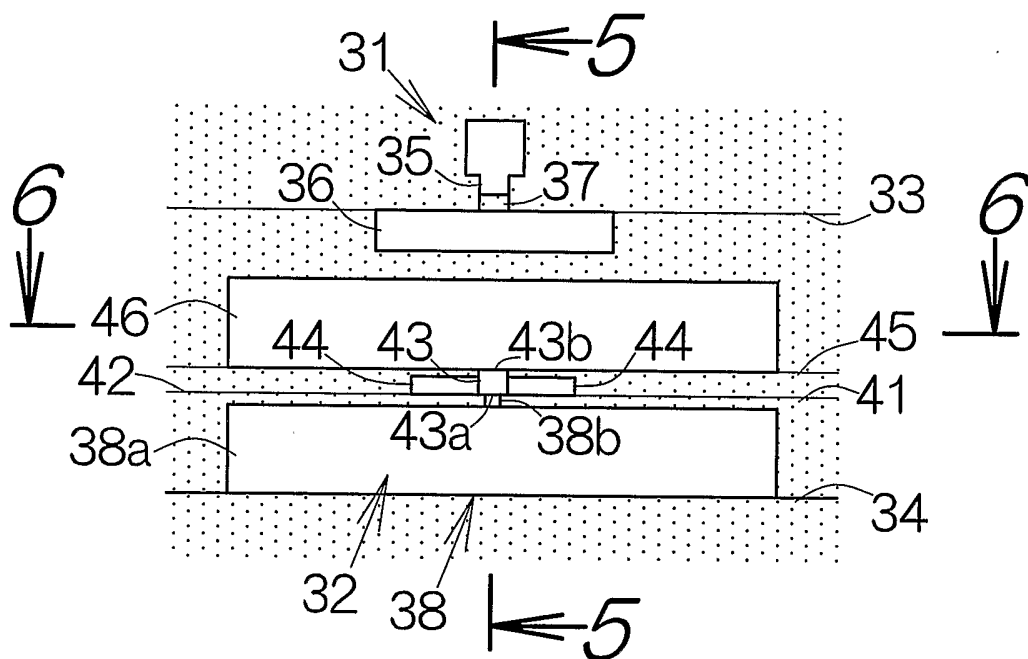


FIG.3

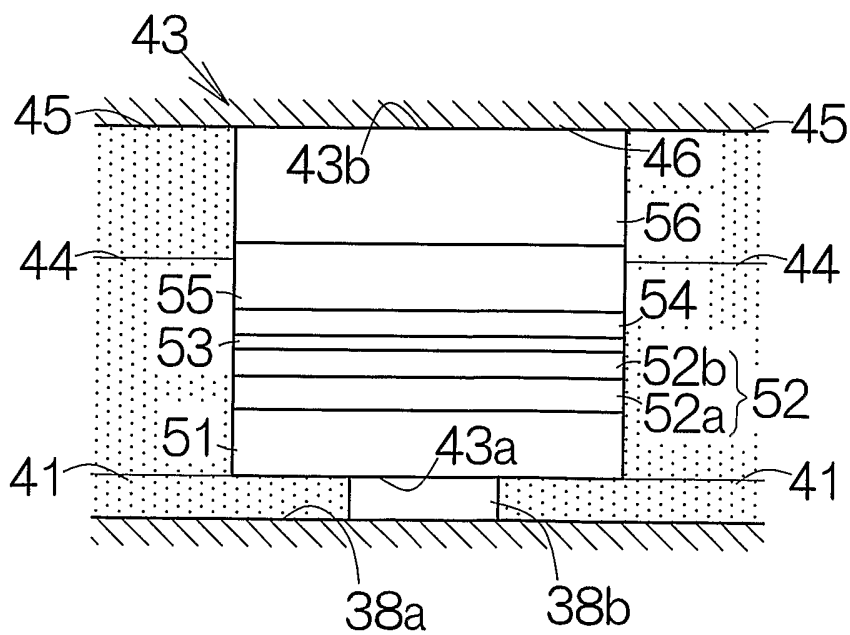


FIG.4

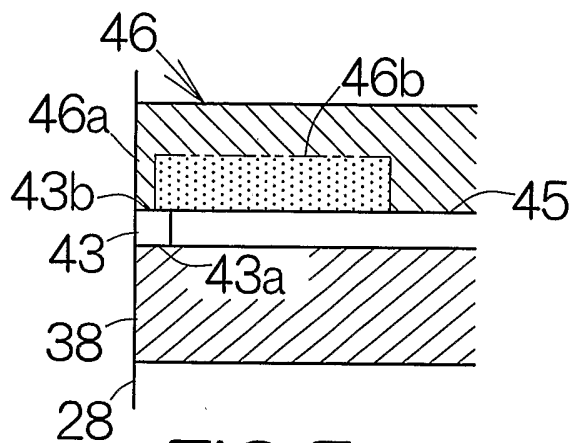


FIG.5

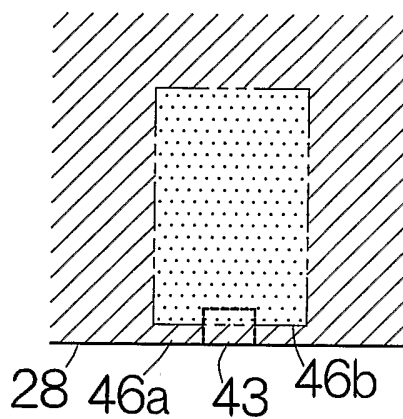


FIG.6

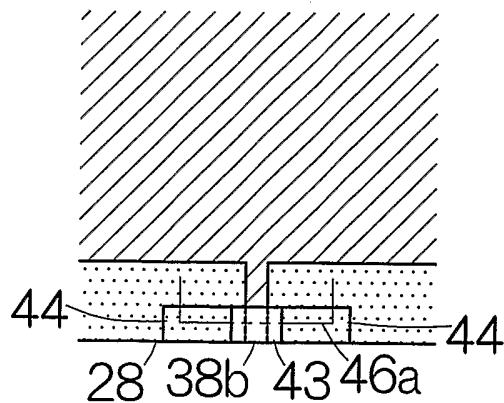


FIG.7

4/5

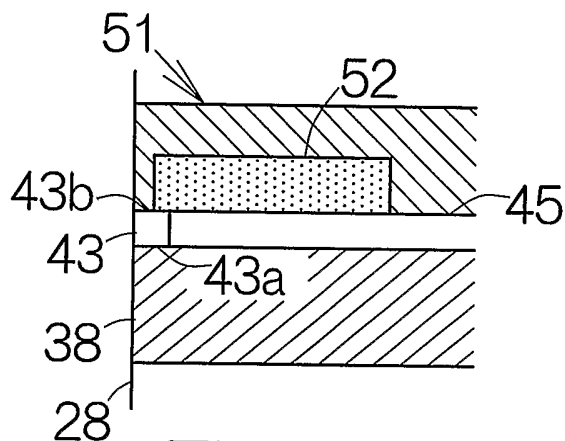


FIG.8

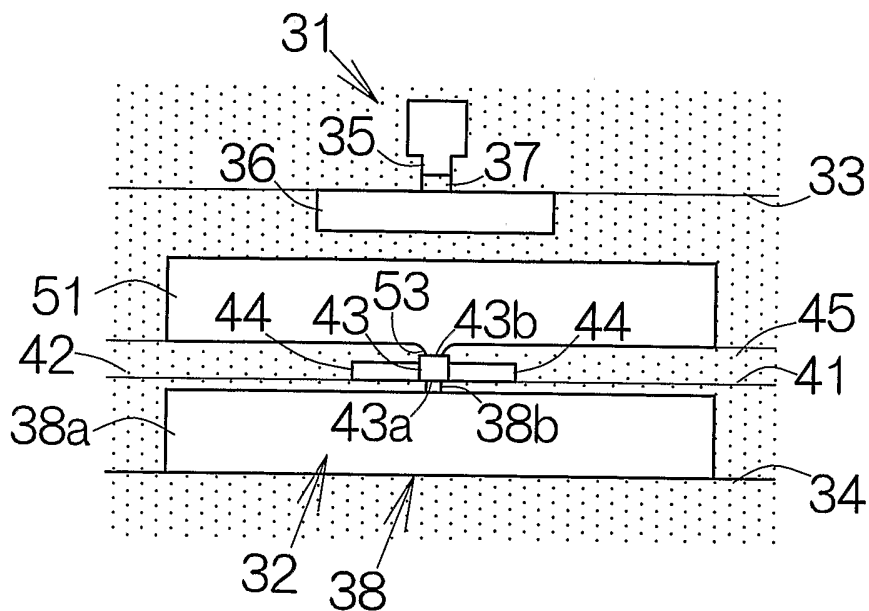


FIG.9

5/5

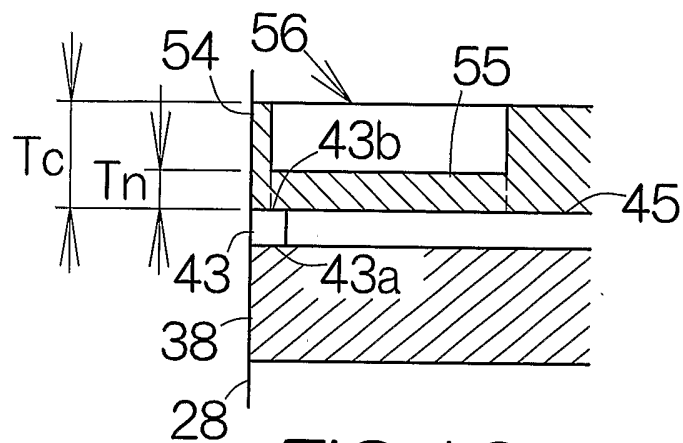


FIG.10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02684

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/39

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/39

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-55512 A (Read-Rite Corp.), 24 February, 1998 (24.02.98), Full text; all drawings & US 5731937 A                      & EP 801380 A	1-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C.     See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 May, 2002 (23.05.02)

Date of mailing of the international search report

04 June, 2002 (04.06.02)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 G11B5/39

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 G11B5/39

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 10-55512 A (リードライトコーポレーション) 1998.02.24, 全文, 全図 & US 5731937 A & EP 801380 A	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 23.05.02

国際調査報告の発送日 04.06.02

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 中村 豊

5D 9186

電話番号 03-3581-1101 内線 3550