

(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2004-227749

(P2004-227749A)

(43) 公開日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/39	G 1 1 B 5/39	2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09	H 0 1 F 10/32	5 D 0 3 4
H 0 1 F 10/32	H 0 1 L 43/08	D
H 0 1 L 43/08	H 0 1 L 43/08	Z
H 0 1 L 43/10	H 0 1 L 43/10	5 E 0 4 9
	審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 16 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2004-817 (P2004-817)	(71) 出願人	503116280 ヒタチグローバルストレージテクノロジー ズネザーランドビービー オランダ国 1076エーゼット, アム ステルダム, ロケーテリケード 1
(22) 出願日	平成16年1月6日(2004.1.6)	(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
(31) 優先権主張番号	10/349552	(74) 代理人	100095876 弁理士 木崎 邦彦
(32) 優先日	平成15年1月23日(2003.1.23)	(72) 発明者	ハーダヤル・シン・ジル アメリカ合衆国94301、カリフォルニ ア州、パロアルト、リットンアベニュー 545
(33) 優先権主張国	米国 (US)	Fターム(参考)	2G017 AA10 AD54 5D034 BA03 BA09 BA15 BB12 5E049 AC05 BA12 BA16 CB01

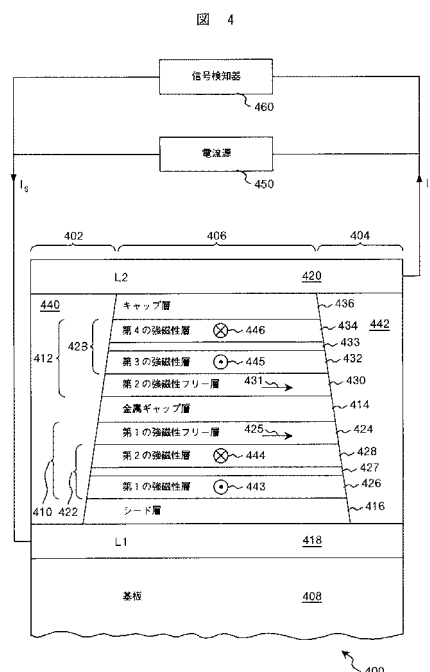
(54) 【発明の名称】 差動CPP型GMRヘッド

(57) 【要約】

【課題】低いリード線抵抗を実現する非磁性高導電率リード線を有する差動膜面垂直通電(CPP)型GMRセンサを提供する。

【解決手段】低抵抗を実現するための非磁性高導電率リード線418, 420を有する差動膜面垂直通電(CPP)型巨大磁気抵抗(GMR)センサ400が提供される。差動CPP型GMRセンサ400は第1のスピンのバルブ・センサ(SVセンサ)410、第2のSVセンサ412並びに第1及び第2のSVセンサの間に配置された金属ギャップ層414から構成される。本発明のCPP型GMRセンサ400は差動動作するので漂遊磁界からセンサを遮蔽するシールド層が必要なくなる。シールド層はセンサのリード線抵抗を減ずるため高導電率を持った厚い非磁性リード線層418, 420に置き換えられる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の強磁性層と、第 2 の強磁性層と、前記第 1 の強磁性層及び第 2 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 1 のピン層と、
前記第 2 の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第 1 のフリー層と、を有する第 1 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と、

第 3 の強磁性層と、第 4 の強磁性層と、前記第 3 の強磁性層及び第 4 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 2 のピン層と、
前記第 3 の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第 2 のフリー層と、を有する第 2 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と、

前記第 1 及び第 2 のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、
を有し、前記第 1 及び第 2 の S V センサ及び前記金属ギャップ層は、非磁性の第 1 及び第 2 のリード線層の間に配置されることを特徴とする差動巨大磁気抵抗型 (G M R) センサ。

10

【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 のリード線層は、タングステン (W)、金 (Au)、ロジウム (Rh)、銅 (Cu)、タンタル (Ta) 及びそれらの組合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項 1 記載の差動 G M R センサ。

【請求項 3】

前記金属ギャップ層は、磁氣的に記録される 1 / 2 ビット長に等しい間隔だけ前記第 1 及び第 2 のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項 1 記載の差動 G M R センサ。

20

【請求項 4】

前記第 2 の強磁性層及び第 3 の強磁性層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項 1 記載の差動 G M R センサ。

【請求項 5】

第 1 の反強磁性層と、第 1 のフリー層と、前記第 1 の反強磁性層と第 1 のフリー層の間に配置される第 1 のピン層と、を有する第 1 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と、

第 2 の反強磁性層と、第 2 のフリー層と、前記第 2 の反強磁性層と第 2 のフリー層の間に配置される第 2 のピン層と、を有する第 2 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と

30

前記第 1 及び第 2 のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、
を有し、前記第 1 及び第 2 の S V センサ及び前記金属ギャップ層は、非磁性の第 1 及び第 2 のリード線層の間に配置されることを特徴とする差動巨大磁気抵抗型 (G M R) センサ。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 のリード線層は、タングステン (W)、金 (Au)、ロジウム (Rh)、銅 (Cu)、タンタル (Ta) 及びそれらの組合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項 5 記載の差動 G M R センサ。

40

【請求項 7】

前記金属ギャップ層は、磁氣的に記録される 1 / 2 ビット長に等しい間隔だけ前記第 1 及び第 2 のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項 5 に記載の差動 G M R センサ。

【請求項 8】

前記第 1 及び第 2 のピン層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項 5 記載の差動 G M R センサ。

【請求項 9】

第 1 の強磁性層と、第 2 の強磁性層と、前記第 1 の強磁性層及び第 2 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 1 のピン層と、

50

前記第2の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第1のフリー層と、を有する第1のスピン・バルブ・センサ(SVセンサ)と、

反強磁性層と、第2のフリー層と、前記反強磁性層と第2のフリー層の間に配置される第2のピン層と、を有する第2のスピン・バルブ・センサ(SVセンサ)と、

前記第1及び第2のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、
を有し、前記第1及び第2のSVセンサ及び前記金属ギャップ層は、非磁性の第1及び第2のリード線層の間に配置されることを特徴とする差動巨大磁気抵抗型(GMR)センサ。

【請求項10】

前記第1及び第2のリード線層は、タングステン(W)、金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)、タンタル(Ta)及びそれらの組み合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項9記載の差動GMRセンサ。 10

【請求項11】

前記金属ギャップ層は、磁気的に記録される1/2ビット長に等しい間隔だけ前記第1及び第2のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項9記載の差動GMRセンサ。

【請求項12】

前記第1及び第2のピン層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項9記載の差動GMRセンサ。

【請求項13】

少なくとも一個のコイル層と該コイル層を埋め込む絶縁スタックと、後部ギャップ部で接続され、縁部がエア・ベアリング面(ABS)の一部を形成する磁極先端部を持ち、間に前記絶縁スタックを挟み込む第1及び第2の磁極層と、前記第1及び第2の磁極層の磁極先端部の間に挟まれABSの一部を形成する書込みギャップ層と、を含む書込みヘッドと、 20

第1の強磁性層と、第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層及び第2の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第1のピン層と、

前記第2の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第1のフリー層と、を有する第1のスピン・バルブ・センサ(SVセンサ)と、

第3の強磁性層と、第4の強磁性層と、前記第3の強磁性層及び第4の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第2のピン層と、 30

前記第3の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第2のフリー層と、を有する第2のスピン・バルブ・センサ(SVセンサ)と、

前記第1及び第2のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、

を有し、前記第1及び第2のSVセンサ及び前記金属ギャップ層は非磁性の第1及び第2のリード線層の間に配置される差動巨大磁気抵抗型(GMR)センサを含む読出しヘッドと、

前記読出しヘッドの第2のリード線層と前記書込みヘッドの第1の磁極層の間に配置される絶縁層と、

を有することを特徴とする読出し/書込み磁気ヘッド。 40

【請求項14】

前記第1及び第2のリード線層は、タングステン(W)、金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)、タンタル(Ta)及びそれらの組み合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項13記載の読出し/書込み磁気ヘッド。

【請求項15】

前記金属ギャップ層は、磁気的に記録される1/2ビット長に等しい間隔だけ前記第1及び第2のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項13記載の読出し/書込み磁気ヘッド。

【請求項16】

前記第1及び第2のピン層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項13 50

記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 17】

少なくとも一個のコイル層と該コイル層を埋め込む絶縁スタックと、後部ギャップ部で接続され、縁部がエアーク・ベアリング面 (ABS) の一部を形成する磁極先端部を持ち、間に前記絶縁スタックを挟み込む第 1 及び第 2 の磁極層と、前記第 1 及び第 2 の磁極層の磁極先端部の間に挟まれ ABS の一部を形成する書込みギャップ層と、を含む書込みヘッドと、

第 1 の反強磁性層と、第 1 のフリー層と、前記第 1 の反強磁性層と第 1 のフリー層の間に配置される第 1 のピン層と、を有する第 1 のスピン・バルブ・センサ (SV センサ) と

第 2 の反強磁性層と、第 2 のフリー層と、前記第 2 の反強磁性層と第 2 のフリー層の間に配置される第 2 のピン層と、を有する第 2 のスピン・バルブ・センサ (SV センサ) と、前記第 1 及び第 2 のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、

を有し、前記第 1 及び第 2 の SV センサ及び前記金属ギャップ層は非磁性の第 1 及び第 2 のリード線層の間に配置される差動巨大磁気抵抗型 (GMR) センサを含む読出しヘッドと、

前記読出しヘッドの第 2 のリード線層と前記書込みヘッドの第 1 の磁極層の間に配置される絶縁層と、

を有することを特徴とする読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 18】

前記第 1 及び第 2 のリード線層は、タングステン (W)、金 (Au)、ロジウム (Rh)、銅 (Cu)、タンタル (Ta) 及びそれらの組み合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項 17 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 19】

前記金属ギャップ層は、磁氣的に記録される 1 / 2 ビット長に等しい間隔だけ前記第 1 及び第 2 のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項 17 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 20】

前記第 1 及び第 2 のピン層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項 17 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 21】

少なくとも一個のコイル層と該コイル層を埋め込む絶縁スタックと、後部ギャップ部で接続され、縁部がエアーク・ベアリング面 (ABS) の一部を形成する磁極先端部を持ち、間に前記絶縁スタックを挟み込む第 1 及び第 2 の磁極層と、前記第 1 及び第 2 の磁極層の磁極先端部の間に挟まれ ABS の一部を形成する書込みギャップ層と、を含む書込みヘッドと、

第 1 の強磁性層と、第 2 の強磁性層と、前記第 1 の強磁性層及び第 2 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 1 のピン層と、

前記第 2 の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第 1 のフリー層と、を有する第 1 のスピン・バルブ・センサ (SV センサ) と、

反強磁性層と、第 2 のフリー層と、前記反強磁性層と第 2 のフリー層の間に配置される第 2 のピン層と、を有する第 2 のスピン・バルブ・センサ (SV センサ) と、

前記第 1 及び第 2 のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、

を有し、前記第 1 及び第 2 の SV センサ及び前記金属ギャップ層は非磁性の第 1 及び第 2 のリード線層の間に配置される差動巨大磁気抵抗型 (GMR) センサを含む読出しヘッドと、

前記読出しヘッドの第 2 のリード線層と前記書込みヘッドの第 1 の磁極層の間に配置される絶縁層と、

を有することを特徴とする読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 22】

前記第 1 及び第 2 のリード線層は、タングステン (W)、金 (A u)、ロジウム (R h)、銅 (C u)、タンタル (T a) 及びそれらの組合わせから成る材料グループから選択されることを特徴とする請求項 2 1 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 2 3】

前記金属ギャップ層は、磁氣的に記録される 1 / 2 ビット長に等しい間隔だけ前記第 1 及び第 2 のフリー層を隔てる読出しギャップを与えることを特徴とする請求項 2 1 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

【請求項 2 4】

前記第 1 及び第 2 のピン層の磁化は、逆方向を向いていることを特徴とする請求項 2 1 記載の読出し / 書込み磁気ヘッド。

10

【請求項 2 5】

磁気記録ディスクと、

少なくとも一個のコイル層と該コイル層を埋め込む絶縁スタックと、後部ギャップ部で接続され、縁部がエア・ベアリング面 (A B S) の一部を形成する磁極先端部を持ち、間に前記絶縁スタックを挟み込む第 1 及び第 2 の磁極層と、前記第 1 及び第 2 の磁極層の磁極先端部の間に挟まれ A B S の一部を形成する書込みギャップ層と、を含む書込みヘッドと、

第 1 の強磁性層と、第 2 の強磁性層と、前記第 1 の強磁性層及び第 2 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 1 のピン層と、

前記第 2 の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第 1 のフリー層と、を有する第 1 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と、

20

第 3 の強磁性層と、第 4 の強磁性層と、前記第 3 の強磁性層及び第 4 の強磁性層の間に配置される反平行結合層と、を含む第 2 のピン層と、

前記第 3 の強磁性層に隣接し、前記反平行結合層と反対側にある第 2 のフリー層と、を有する第 2 のスピン・バルブ・センサ (S V センサ) と、

前記第 1 及び第 2 のフリー層の間に配置される金属ギャップ層と、

を有し、前記第 1 及び第 2 の S V センサ及び前記金属ギャップ層は非磁性の第 1 及び第 2 のリード線層の間に配置される差動巨大磁気抵抗型 (G M R) センサを含む読出しヘッドと、

前記読出しヘッドの第 2 の読出しギャップ層と前記書込みヘッドの第 1 の磁極層間に配置される絶縁層と、

30

を有する、前記磁気記録ディスクに磁氣的にデータを記録し該磁気記録ディスク上に磁氣的に記録されたデータを検知する読出し / 書込み磁気ヘッドと、

前記読出し / 書込み磁気ヘッドが前記磁気記録ディスクのいろいろな領域にアクセスできるように前記磁気ディスクを横切って前記読出し / 書込み磁気ヘッドを移動させるためのアクチュエータと、

前記磁気記録ディスク上にデータを磁氣的に記録するために前記書込みヘッドに電氣的に接続され、磁氣的に記録されたデータからの磁界に応じた前記 G M R センサの抵抗変化を検出するために該 G M R センサに電氣的に接続される記録チャンネルと、

を有することを特徴とするディスク・ドライブ・システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に磁気媒体から情報信号を読出すための磁気トランスデューサに関し、具体的には改良した非磁性高導電率リード線を持つ差動、膜面垂直通電型、巨大磁気抵抗センサに関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータはしばしば、後の利用のために、データの書込み、読出しができる媒体を有する補助記憶ストレージ装置を含んでいる。ディスク面上に磁氣的な方法でデータを記

50

憶するために、回転磁気ディスクを組込んだダイレクト・アクセス・ストレージ装置（ディスク・ドライブ）が広く用いられる。データは、ディスク面上の半径方向に間隔を置いて配置された同心状のトラックに記録される。次いで、読出しセンサを含む磁気ヘッドが、ディスク面のトラックからデータを読み出すために用いられる。

【0003】

大容量ディスク・ドライブに於いては、一般にMRセンサと呼ばれる磁気抵抗型（MR）読出しセンサが、インダクティブ薄膜ヘッドに比べてより大きなトラック密度と線密度でディスクの表面からデータを読み出す能力があるため、読出しセンサとして広く行き渡っている。MRセンサは、MR層によって検知される磁束の強度と方向の関数として、そのMR検知層（「MR素子」とも呼ばれる）の抵抗の変化により磁界を検出する。

10

【0004】

従来のMRセンサは、MR素子の抵抗がMR素子の磁化とMR素子を流れるセンス電流の方向との間の角度の余弦の二乗に比例して変化する、異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。記録されたデータは、記録された磁気媒体からの外部磁界（信号磁界）がMR素子の磁化の方向を変化させこれによりMR素子の抵抗を変化させこれに対応して検知される電流又は電圧の変化を生じさせるので、磁気媒体から読み出すことができる。

【0005】

もう一つのMRセンサのタイプとしてGMR効果を顕在化させる巨大磁気抵抗型（GMR）センサがある。GMRセンサでは、MR検知層の抵抗は、非磁性層（スペーサ）によって隔てられた磁性層間での伝導電子のスピンに依存した通過性と、これに付随して磁性層と非磁性層の境界面や磁性層内で生ずるスピンに依存した散乱性の関数として変化する。

20

【0006】

非磁性材料（例えば銅）の層によって隔てられた二つの強磁性材料層（例えばNi-Fe）のみを用いるGMRセンサは一般にスピン・バルブ（SV）センサと呼ばれ、これはSV効果を顕在化させたものである。

【0007】

図1は、中央領域102によって隔てられた端部領域104及び106を含むSVセンサ100を示す。ピン層120と呼ばれる第1の強磁性層は、一般的に反強磁性（AFM）層125との交換結合により固定（ピン）された磁化を有している。フリー層110と呼ばれる第2の強磁性層の磁化は固定されておらず、記録された磁気媒体からの磁界（信号磁界）に応答して自由に回転することができる。フリー層110は、非磁性の導電性スペーサ層115によってピン層120から分離されている。端部領域104及び106それぞれに形成されるハード・バイアス層130及び135は、フリー層110の長手方向のバイアスを与える。ハード・バイアス層130及び135それぞれの上に形成されるリード線140及び145は、SVセンサ100の抵抗を検知する電気接続を与える。SVセンサ100に於いて、リード線140及び145の間のセンス電流はSVセンサ層の面内を流れるので、このセンサは膜面平行通電（CIP）型SVセンサとして公知である。Dieny他に付与されたIBMの米国特許第5,206,590号（特許文献1）は、SV効果に基づいて動作するGMRセンサを開示している。

30

40

【0008】

もう一つのタイプのスピン・バルブ・センサは反平行（AP）固定スピン・バルブセンサである。AP固定スピン・バルブ・センサは、AP固定構造が単一のピン層の代りに複数の薄膜層を有している点で、単純なスピン・バルブ・センサとは異なっている。AP固定構造は第1及び第2の強磁性ピン層の間に挟み込まれた反平行結合（APC）層を有している。第1のピン層は反強磁性ピンニング層と交換結合することによって第1の方向に磁化が配向される。第2のピン層はフリー層のすぐ隣にあり、第1及び第2のピン層の間のAPC層の選択された厚さ（およそ8オングストロームである）のために第1のピン層と反平行結合している。従って第2のピン層の磁化は第1のピン層の磁化の方向と反平行である第2の方向に配向される。

50

【0009】

A P固定構造は、A P固定構造の第1及び第2のピン層の磁化が単一のピン層の磁化よりも小さな正味の磁化を与えるように減算的に結合するので、単一のピン層よりも望ましい。正味の磁化の方向は第1及び第2のピン層のうちの厚い方で決まる。正味の磁化の減少はA P固定構造からの減磁界が減少したことに等しくなる。反強磁性交換結合は正味のピンニング磁化に逆比例するので、これは第1のピン層と反強磁性ピンニング層間の交換結合を増大させる。A P固定スピン・バルブ・センサはHeim及び Parkinに付与され本発明の譲受人に譲渡された米国特許第5,465,185号(特許文献2)に説明されている。

【0010】

10

【特許文献1】米国特許第5,206,590号明細書

【0011】

【特許文献2】米国特許第5,465,185号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

MR係数を増加させGMRセンサの厚さを減ずる必要性が継続して存在する。スピン・バルブ効果の増大及びセンサ形状の減少は読出しヘッドによってより高いビット密度(回転磁気ディスクの平方インチあたりのビット数)が読出されることに等しい。

【0013】

20

低いリード線抵抗を実現する非磁性高導電率リード線を有する差動膜面垂直通電(CPP)型GMRセンサを開示するのが、本発明の一つの目的である。

【0014】

リード線の寄生抵抗を減ずることにより改良したR/Rを有する差動CPP型GMRセンサを開示するのが、本発明のもう一つの目的である。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の原理に従って、第1のスピン・バルブ(SV)・センサ、第2のSVセンサ及び第1と第2のSVセンサの間に配置された金属ギャップ層から構成される差動CPP型GMRセンサが開示される。差動CPP型SVセンサは、非磁性高導電率金属から成る厚い第1及び第2のリード線層間に挟み込まれる。第1の実施例に於いては、第1のSVセンサは、第1のフリー層に隣接して反平行(AP)結合した第1のピン層を含み、第2のSVセンサは、第2のフリー層に隣接してAP結合した第2のピン層を含む。金属ギャップ層は第1及び第2のフリー層間に挟み込まれる。本発明のCPP型GMRセンサは差動動作するので、漂遊磁界からセンサを遮蔽するシールド層を設ける必要がない。シールド層は、センサのリード線の抵抗を減ずるために高い導電率を持つ厚い非磁性リード線層に置き換えられる。リード線を形成するのに適した材料は、導電率特性及び腐食や異物付着に対する強さの理由から、タングステン(W)、金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)及びタンタル(Ta)が含まれる。

30

【0016】

40

磁気媒体上に記録される磁気データの1/2ビット長が差動CPP型GMRセンサの第1及び第2のフリー層間の間隔に等しくなるように設計される。フリー層間の間隔に等しい1/2ビット長によって、第1及び第2のスピン・バルブ・センサによって生成される信号は、第1及び第2のピン層の180度の位相差により、加算される。このCPP型センサの差動動作のために、漂遊磁界は何ら信号を生成しない。従って、本発明の差動CPP型センサのいずれの側にも強磁性シールドを設ける必要がない。本発明の上述及び追加の目的、特徴、及び利点は次の詳細な説明で明らかになるであろう。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、低いリード線抵抗を実現する非磁性高導電率リード線を有する差動C

50

PP型GMRセンサを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明の特質や利点や好適な利用の態様についてより十分に理解するために、付随する図面と共に読解される以下の詳細な説明を参照すべきである。次の図面に於いて、同じ参照番号は図面を通して同じ又は同様の部品を表す。以下の説明は本発明を実現するために現在考えつく最良の実施例である。この説明は本発明の一般的な原理を説明する目的でなされるものであり、この明細書で請求する発明概念を限定すべく意図されるものでない。

【0019】

図2を参照すると、本発明を具体化するディスク・ドライブ200が示される。図2に示すように少なくとも一枚の回転可能な磁気ディスク212がスピンドル214上に支持されており、ディスク駆動モータ218によって回転される。各ディスク上の磁気記録媒体はディスク212上の同心状データ・トラック(図示せず)の環状パターンの形式となっている。

10

【0020】

少なくとも一個のスライダ213がディスク212上に位置決めされ、各スライダ213は一個以上の読出し/書込み磁気ヘッド221を支持しており、ヘッド221は本発明のSVセンサを組込んでいる。ディスクが回転すると、スライダ213はディスク面222上を半径方向の内外に移動され、その結果ヘッド221は所望のデータが記録されたディスクの異なった部分にアクセスできる。各スライダ213はサスペンション215を用いてアクチュエータ・アーム219に取付けられる。サスペンション215はスライダ213をディスク面222方向に向わせる僅かなばね力を与える。各アクチュエータ・アーム219はアクチュエータ227に取付けられる。図2に示すアクチュエータはボイス・コイル・モータ(VCM)であって良い。VCMは一定の磁界内を移動可能なコイルを含んでおり、コイルの移動の方向と速度は制御ユニット229によって与えられるモータ電流信号により制御される。

20

【0021】

ディスク・ストレージ・システムの動作中、ディスク212の回転はスライダ213(ヘッド221を含みディスク212の表面と対向するスライダ213の表面はエアー・ベアリング面(ABS)と呼ばれる)とディスク面222との間にエアー・ベアリングを生成し、これはスライダに対して上向きの力即ち浮き上がる力を働かせる。こうしてエアー・ベアリングはサスペンション215の僅かなばね力と平衡し、正常動作中はディスク面上を僅かな距離だけ離れた微小なおおむね一定のスペーシングでスライダ213を支持する。

30

【0022】

ディスク・ストレージ・システムの種々の構成要素は動作中制御ユニット229により生成される、例えばアクセス制御信号や内部クロック信号等の、制御信号によって制御される。一般的に、制御ユニット229は論理制御回路、記憶用チップ及びマイクロプロセッサを含む。制御ユニット229はライン223の駆動モータ制御信号やライン228のヘッド位置決め及びシーク制御信号のような種々のシステム動作を制御する制御信号を生成する。ライン228の制御信号はスライダ213をディスク212上の所望のデータ・トラックに最適に移動して位置決めるための望ましい電流プロファイルを与える。読出し及び書込み信号は、データ記録チャンネル225によって読出し/書込みヘッド221との間で伝達される。データ記録チャンネル225はパーシャル・レスポンス最尤復号(PRL)チャンネルであっても良いし、又はピーク検出チャンネルであっても良い。両チャンネルの設計や実装は技術常識で当業者に良く知られている。好適な実施例ではデータ記録チャンネル225はPRLチャンネルである。

40

【0023】

上述の一般的な磁気ディスク・ストレージ・システムの説明及び付随する図2の説明は説明の目的だけのためのものである。ディスク・ストレージ・システムは多数のディスク

50

及びアクチュエータ・アームを含んでいて、それぞれのアクチュエータ・アームは多数のスライダを支持するものであっても良いことは明らかである。

【0024】

図3は書込みヘッド部302と読出しヘッド部304を含む「ピギーバック」型読出し/書込み磁気ヘッド300の側面横断立面図であり、読出しヘッド部は本発明に従う差動CPP型GMRセンサ306を使用している。センサ306は非磁性で導電性の第1及び第2のリード線層312及び314の間に挟み込まれている。第1及び第2の非磁性絶縁層308及び310は第1及び第2のリード線層をABSに設けられたセンサから離れた領域で分離している。外部磁界に応答してセンサ306の抵抗が変化する。センサ中を流れるセンス電流 I_s はこれら抵抗変化を電位の変化として明らかにする。次にこれらの電位の変化は図2に示すデータ記録チャンネル225の処理回路によって再生信号として処理される。

10

【0025】

読出し/書込み磁気ヘッド300の書込みヘッド部302は第1及び第2の絶縁層318及び320の間に挟み込まれたコイル層316を含む。コイル層316によってもたらされる第2の絶縁層320の波状の凹凸を取り除いてヘッドを平坦化するために第3の絶縁層322が用いられても良い。第1、第2及び第3の絶縁層はこの技術分野では絶縁スタックと呼ばれる。コイル層316並びに第1、第2及び第3の絶縁層318、320及び322は第1及び第2の磁極層324及び326の間に挟み込まれる。第1及び第2の磁極層324及び326は後部ギャップ328で磁氣的に結合しており、ABS340では書込みギャップ層334によって隔てられた第1及び第2の磁極先端部330及び332を有している。絶縁層336が第2のシールド層314と第1の磁極層324の間に設けられる。第2のシールド層314と第1の磁極層324は別々の層となっているので、この読出し/書込みヘッドは「ピギーバック」型ヘッドとして知られている。

20

第1の実施例

図4は、本発明の第1の実施例に従う差動CPP型GMRセンサ400のエアー・ベアリング面から見た図を示す。但し寸法関係は無視している。センサ400は、中央領域406でお互いが隔てられた端部領域402及び404から構成される。CPP型センサの有効領域は、中央領域406に形成された第1のSVセンサ410と第2のSVセンサ412から構成される。第1及び第2のSVセンサは金属ギャップ層414によって隔てられている。第1のSVセンサ410は、中央領域406の第1のリード線層(L1)418上に配置されるシード層416上に形成される。シード層416は、その後の層の結晶組織や粒径を調整するために膜形成される非磁性金属層である。

30

【0026】

第1のリード線層418は、タングステン(W)、又はその代わりとして金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)又はタンタル(Ta)のような非磁性高導電率金属の層であり、基板408上に形成され、中央領域406と端部領域402及び404上に広がっている。或いは、第1のリード線層418は、二層以上の多層から成り、各層が上記の導電性金属のうちの任意のもので形成されていても良い。例えば、第1のリード線層は、Ta層とAu層から形成される二層、又はTa層とRh層から形成される二層で構成されても良い。基板408は、ガラス、半導体材料、又はアルミナ(Al_2O_3)のようなセラミック物質を含む任意の適当な物質であって良い。

40

【0027】

第1のSVセンサ410はシード層416上の第1のピン層422及び、第1のピン層上に膜形成された第1の強磁性フリー層424から構成される。第1のピン層422はシード層416に隣接する第1の強磁性(FM1)層426、第2の強磁性(FM2)層428並びに第1の強磁性層及び第2の強磁性層426及び428の間に挟み込まれる反平行結合(APC)層427、から構成されるAP結合した層である。APC層427は第1の強磁性層及び第2の強磁性層426及び428が共に強い反強磁性結合ができるように、非磁性材料、好ましくはルテニウム(Ru)から成る。

50

【0028】

第2のSVセンサ412は金属ギャップ層414上に膜形成された第2の強磁性フリー層430及び、第2のフリー層上に膜形成された第2のピン層423を含む。第2のピン層423は第2のフリー層430に隣接する第3の強磁性(FM3)層432、第4の強磁性(FM4)層434並びに第3の強磁性層及び第4の強磁性層432及び434の間に挟み込まれる反平行結合(APC)層433、から構成されるAP結合した層である。APC層433は第3の強磁性層及び第4の強磁性層432及び434が共に強い反強磁性結合ができるように、非磁性材料、好ましくはルテニウム(Ru)から成る。キャップ層436が第2のピン層423上に膜形成される。

【0029】

アルミニウム酸化物のような電気絶縁材料から成る絶縁層440及び442が、第1のリード線層418上の端部領域402、404それぞれに形成され、中央領域406のCPP型センサ層と突合せ接触している。タングステン(W)、又はその代わりとして金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)又はタンタル(Ta)のような非磁性高導電率金属から成る第2のリード線層(L2)420が中央領域406のキャップ層436上及び端部領域402及び404の絶縁層440及び442上に膜形成される。或いは、第2のリード線層420は各層が上記した導電性金属の任意のものから形成される二層以上の多層で構成しても良い。例えば、第2のリード線層はTa層とAu層から形成される二層、又はTa層とRh層から形成される二層で構成されても良い。

【0030】

もし第1及び第2のフリー層424と430の磁区状態の長手方向の安定化が望まれるのであれば、この技術分野で公知のハード・バイアス層が端部領域402及び404に与えられれば良い。IBMのFontana他に付与された米国特許第5,720,410号はそのような長手方向バイアス法を述べている。

【0031】

第1及び第2のリード線層418及び420は、電流源450からCPP型センサ400にセンス電流 I_s を流すための電気接続を与える。第1及び第2のリード線層418及び420に電気接続された信号検出器460は第1及び第2のフリー層424及び430それぞれに外部磁界(例えばディスク上に記憶されたデータ・ビットによって生成される磁界)により誘起された変化による抵抗の変化を検知する。外部磁界は、好ましくはABSに垂直方向に固定されている第1及び第2のピン層422及び423それぞれの磁化の方向に対して第1及び第2のフリー層の磁化の方向を回転させるように作用する。信号検出器460は好ましくはCPP型センサ400によって検出される信号を処理するパーシャル・レスポンス最尤復号(PRML)記録チャンネルを構成する。その代わりとして、ピーク検出チャンネル又は最尤復号チャンネル(例えば1,7ML方式)が用いられても良い。前述のチャンネルの設計と実装は当業者に知られている。信号検出器460は更に、当業者に知られるように検知した抵抗変化を処理するための(センサとチャンネルの間に電氣的に設けられた)プリアンプのような、他の支援回路を含む。

【0032】

センサ400は図4に示す多層構造を連続的に膜形成するためにマグネトロン・スパッタリング装置又はイオンビーム・スパッタリング装置で製造されても良い。タングステン(W)、又はその代わりとして金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)、タンタル(Ta)又はこれらの材料の組合わせから成り厚さ500~2000オングストロームの範囲の第1のリード線層418が基板408上に膜形成される。第1のリード線層を膜形成した後CPP型SVセンサの層構造の膜形成用に平滑な表面を得るためにメカノケミカル・ポリッシュ(CMP)が行われる。最良のCMP結果を得るには、第1のリード線層の形成にタングステンを用いるのが望ましい。

【0033】

シード層416、第1のSVセンサ410、金属ギャップ層414及び第2のSVセンサ412が、すべての強磁性層の容易軸を配向させるために約400eの長手方向又は横

10

20

30

40

50

方向の磁界中で、第1のリード線層418上に連続的に膜形成される。非磁性金属、好ましくはタンタル(Ta)から成り厚さ約30オングストロームのシード層416が第1のリード線層418上に膜形成される。Ni-Feから成り厚さ20~50オングストロームの範囲の第1の強磁性層426がシード層416上に膜形成される。好ましくはルテニウム(Ru)から成り厚さ約6オングストロームのAPC層427が第1の強磁性層426上に膜形成される。Ni-Feから成り厚さ20~50オングストロームの範囲の第2の強磁性層428がAPC層427上に膜形成される。

【0034】

第1の強磁性層426の厚さは、第1の強磁性層426の磁化443(紙面から出ていく矢の先で向きが示される)が第2の強磁性層428の磁化444(紙面に入り込む矢の尾で向きが示される)よりも大きくなるように、第2の強磁性層428の厚さよりも厚く選ばれる。その結果AP結合した第1のピン層422の正味の磁化の方向は第1の強磁性層426の磁化443と同じ方向を持つ。Ni-Feから成り厚さ20~40オングストロームの第1のフリー層424が第2の強磁性層428上に膜形成される。或いは、フリー層424は第2の強磁性層428上に膜形成されたコバルト(Co)から成り厚さ約5オングストロームの強磁性インタフェース層及びインタフェース層上に膜形成されたNi-Feから成り厚さ20~30オングストロームの強磁性層を含む積層された多層により形成されても良い。

10

【0035】

非磁性金属から成る金属ギャップ層414が第1フリー層424上に膜形成される。金属ギャップ層は差動CPP型センサ400の第1及び第2のSVセンサ410及び412のフリー層を分離して読出しギャップとなる。差動センサでは、磁気記録された1/2ビット長が第1及び第2のフリー層424及び430の間の隔たりに等しくなるように設計される。第1及び第2のフリー層424及び430それぞれの磁化の方向425及び431は図4に示すように右向きか、或いは左向きかいずれかの、同じ方向に向かうように設定される。将来の高密度化技術への応用では金属ギャップ層は500オングストローム以下の厚さを有することになるであろう。

20

【0036】

Ni-Feから成り厚さ約20~40オングストロームの第2のフリー層430が金属ギャップ層414上に膜形成される。或いは、フリー層430は金属ギャップ層414上に膜形成されたNi-Feから成り厚さ20~30オングストロームの強磁性層及びNi-Fe強磁性層上に膜形成されたコバルト(Co)から成り厚さ約5オングストロームの強磁性インタフェース層から構成される積層された多層により形成されても良い。Ni-Feから成り厚さ20~50オングストロームの範囲の第3の強磁性432が、第2のフリー層430上に膜形成される。好ましくは、ルテニウム(Ru)から成り厚さ約6オングストロームのAPC層433が、第3の強磁性432上に膜形成される。Ni-Feから成り厚さ20~50オングストロームの範囲の第4の強磁性層434が、APC層433上に膜形成される。

30

【0037】

第3の強磁性層432の厚さは、第3の強磁性432の磁化445(紙面から出ていく矢の先で向きが示される)が第4の強磁性層434の磁化446(紙面に入り込む矢の尾で向きが示される)よりも大きくなるように、第4の強磁性層434の厚さよりも厚く選ばれる。その結果、AP結合した第2のピン層423の正味の磁化の方向は第3の強磁性層432の磁化445と同じ方向を持つ。第4の強磁性層434上に形成され、タンゲステンから成り厚さ約30オングストロームのキャップ層436によってCPP型センサ400の中央領域406が完成する。タンゲステン(W)、又はその代わりとして金(Au)、ロジウム(Rh)、銅(Cu)、タンタル(Ta)又はこれらの材料の組合わせから成り厚さ500~2000オングストロームの範囲の第2のリード線層420が、中央領域406のキャップ層436上及び端部領域402及び404の絶縁層440及び442上に膜形成される。

40

50

【0038】

本発明の第1の実施例による差動CPP型GMRセンサ400の利点はセンサが差動動作するので、漂遊磁界がスプリアス信号を生ずるのを阻止するための強磁性シールドが必要とされないことにある。シールド層の必要性がないことは低いリード線抵抗を実現するために、厚い高導電率リード線L1及びL2を使用することを可能にする。低いリード線抵抗は寄生抵抗（Rに貢献しない抵抗）が小さくなるのでセンサのR/Rをより大きくできる。

【0039】

本発明の第1の実施例による差動CPP型センサ400のもう一つの利点は、第1及び第2のSVセンサ410及び412それぞれの第1及び第2のピン層422及び423が、1/2ビット長が金属ギャップ層414（読出しギャップ）の厚さに等しく設定されている場合に垂直方向又は長手方向の磁化反転に対して信号が加算されるように、180度位相をずらせて配置されていることにある。このピン層の位相関係を実現するために、第2の強磁性層と第3の強磁性層がリセット・プロセス時に180度位相がずれるように、第1の強磁性層、第2の強磁性層、第3の強磁性層及び第4の強磁性層の厚さが選ばれる。この位相関係は第1の強磁性層の厚さを第2の強磁性層の厚さよりも厚く、そして第3の強磁性層の厚さを第4の強磁性層の厚さよりも厚く選ぶことによって実現できる。或いは、第2の強磁性層の厚さは第1の強磁性層の厚さよりも厚く、第4の強磁性層の厚さは第3の強磁性層の厚さよりも厚く選ばれても良い。第1の強磁性層、第2の強磁性層、第3の強磁性層及び第4の強磁性層の間の磁気異方性の差がこれらの層の望まれる磁気配向を実現するために用いられても良い。

第2の実施例

図5は本発明のもう一つの実施例に従う差動CPP型センサ500のエアー・ベアリング面（ABS）から見た図を示す。但し寸法関係は無視している。CPP型SVセンサ500は、図4のCPP型SVセンサ400とは、SVセンサ400の自己固定式のAP結合した層422と423の代りに第1及び第2の反強磁性（AFM）ピンニング層514及び516と単純なピン層518及び520から構成される第1及び第2のSVセンサ510及び512を有することが異なる。Pt-Mn又はIr-Mnから成り厚さ50～200オングストロームの範囲の第1の反強磁性層514がシード層416上に膜形成される。Co-Feから成り厚さ20～40オングストロームの範囲の第1のピン層518が第1の反強磁性層上に膜形成される。第1のフリー層424、金属ギャップ層414及び第2のフリー層430が第1のピン層518上に連続的に膜形成される。Co-Feから成り厚さ20～40オングストロームの範囲の第2のピン層520が第2のフリー層上に膜形成され、Pt-Mn又はIr-Mnから成り厚さ50～200オングストロームの範囲の第2の反強磁性層516が第2のピン層520上に膜形成される。キャップ層436が第2の反強磁性層516上に膜形成される。

【0040】

第1の反強磁性層514は第1のピン層518の磁化519の方向（紙面から出ていく矢の先で向きが示される）をABSに対して垂直方向に固定するために、この技術分野で知られているように、強磁界存在下で温度を上昇させて設定される。第2の反強磁性層516も同様に、第2のピン層520の磁化521の方向（紙面に入り込む矢の尾で向きが示される）を第1のピン層518の磁化519の方向と反対方向に固定するように設定される。或いは第1のピン層518は磁化519が紙面に入り込む方向に向くように固定され、第2のピン層520は磁化521が紙面から出ていく方向に向くように固定されていても良い。フリー層間の隔たりに等しい1/2ビット長により、差動CPP型センサ500の第1及び第2のスピン・バルブ・センサによって生成される信号は、第1及び第2のピン層の磁化が180度位相差があることにより、加算される。第1及び第2の反強磁性層514及び516を180度位相をずらせる設定は、各層に異なった反強磁性材料を使用することと、この技術分野で既知の設定手順を必要とするであろう。

第3の実施例

図6は本発明の第3の実施例に従う差動CPP型センサ600のエアー・ベアリング面(ABS)から見た図を示す。但し寸法関係は無視している。CPP型SVセンサ600は図4のCPP型SVセンサ400とは、SVセンサ400の二つの自己固定式のAP結合した層422及び423の代りに自己固定式のAP結合した第1のピン層614から構成される第1のSVセンサ610及び反強磁性(AFM)ピンニング層616と単純なピン層620から構成される第2のSVセンサ612を有することが異なる。単純なピン層及び反強磁性ピンニング層を有するSVセンサ612は差動CPP型センサ600を形成するスタックの上部のセンサであるのが望ましいが、その代わりに差動CPP型センサの下部センサとして構成されても良い。第1のピン層614と第1のフリー層424から構成される第1のSVセンサ610はCPP型センサ400の第1のSVセンサ410と同じである。第2のセンサ612の第2のピン層620はCo-Feから成り厚さ20~40オングストロームの範囲にあり、第2のフリー層430上に膜形成される。Pt-Mn又はIr-Mnから成り厚さ50~200オングストロームの範囲の反強磁性層616が第2のピン層620上に膜形成される。キャップ層436が反強磁性層616上に膜形成される。

10

【0041】

反強磁性層616は第2のピン層620の磁化621の方向(紙面から出ていく矢の先で向きが示される)をABSに対して垂直で、第1のピン層614の第2の強磁性層428の磁化444に対して反対の方向に固定するために、この技術分野で知られているように、強磁界存在下で温度を上昇させて設定される。或いは、第2の強磁性層428は磁化444が紙面から出る方向に固定され、第2のピン層620の磁化621が紙面に入り込む方向に固定されていても良い。フリー層間の隔たりに等しい1/2ビット長により、差動CPP型センサ600の第1及び第2のスピン・バルブ・センサによって生成される信号は、第2の強磁性層428と第2のピン層620の磁化が180度位相差があることにより、加算される。

20

【0042】

本発明が好適な実施例に関連して詳細に示され説明されてきたが、当業者には形態や詳細の多様な変更が本発明の精神、範囲や教示するものから逸脱することなく成し得ることが明らかであろう。従って、開示された発明は単に説明に役立てるに過ぎないものと考えられるべきであり、付随する特許請求の範囲に規定されるものによってのみ制限されるものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】従来技術のSVセンサのエアー・ベアリング面から見た図であり、寸法関係は無視している。

【図2】本発明のSVセンサを用いた磁気記録ディスク・ドライブ・システムを単純化した図である。

【図3】「ビギーバック(抱きかかえ)」型読出し/書込み磁気ヘッドの垂直断面図であり、寸法関係は無視している。

【図4】本発明の差動CPP型GMRセンサの第1の実施例のエアー・ベアリング面から見た図であり、寸法関係は無視している。

40

【図5】本発明の差動CPP型GMRセンサの第2の実施例のエアー・ベアリング面から見た図であり、寸法関係は無視している。

【図6】本発明の差動CPP型GMRセンサの第3の実施例のエアー・ベアリング面から見た図であり、寸法関係は無視している。

【符号の説明】

【0044】

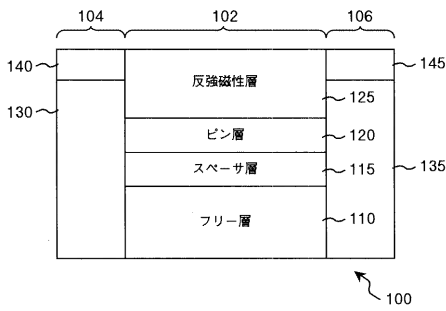
200 ... ディスク・ドライブ、212 ... 磁気ディスク、213 ... スライダ、
215 ... サスペンション、221 ... 磁気ヘッド、225 ... データ記録チャネル、
227 ... VCM、229 ... 制御ユニット、

50

400, 500, 600 ... 差動 CPP 型 GMR ヘッド、
 408 ... 基板、410, 510, 610 ... 第1のSVセンサ、
 412, 512, 612 ... 第2のSVセンサ、414 ... 金属ギャップ層、
 416 ... シード層、418 ... 第1のリード線層、420 ... 第2のリード線層、
 422, 518, 614 ... 第1のピン層、423, 520, 620 ... 第2のピン層、424 ... 第1の強磁性フリー層、426 ... 第1の強磁性層、
 427, 433 ... 反平行結合層、428 ... 第2の強磁性層、
 430 ... 第2の強磁性フリー層、432 ... 第3の強磁性層、434 ... 第4の強磁性層、436 ... キャップ層、514 ... 第1の反強磁性層、516 ... 第2の反強磁性層、
 616 ... 反強磁性層。

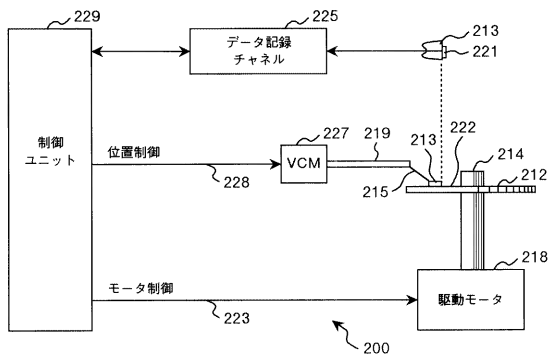
【図1】

図1



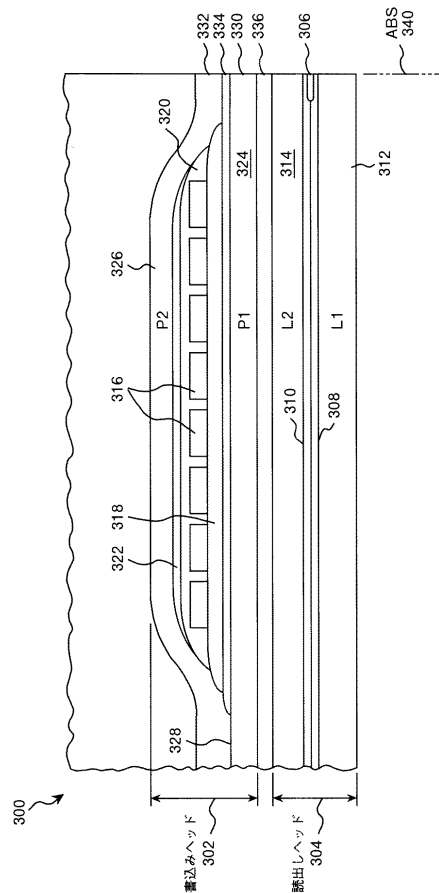
【図2】

図2

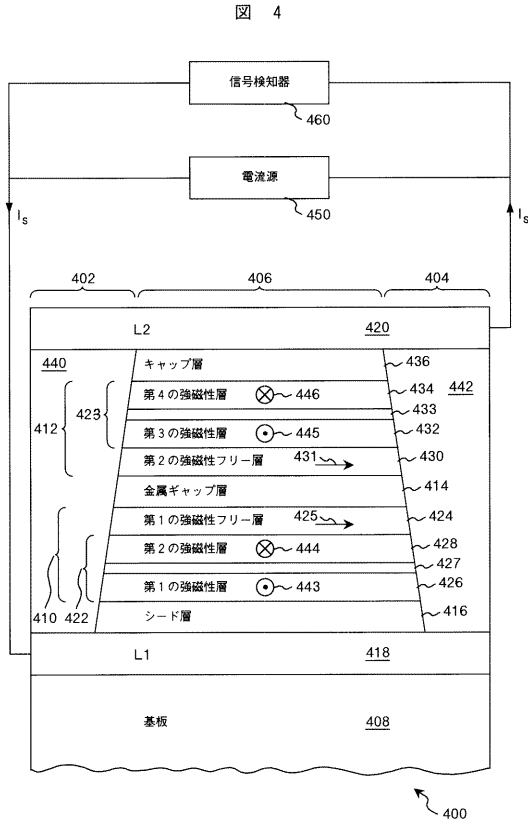


【図3】

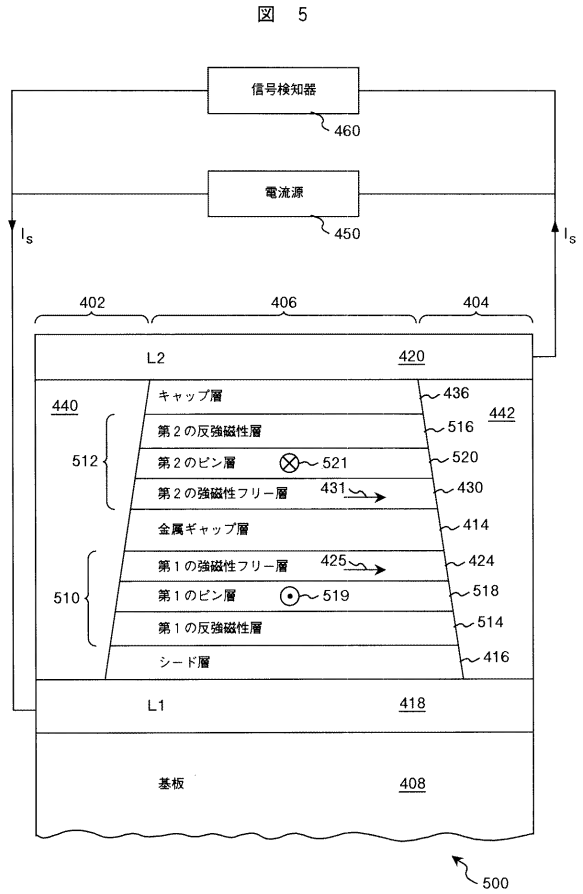
図3



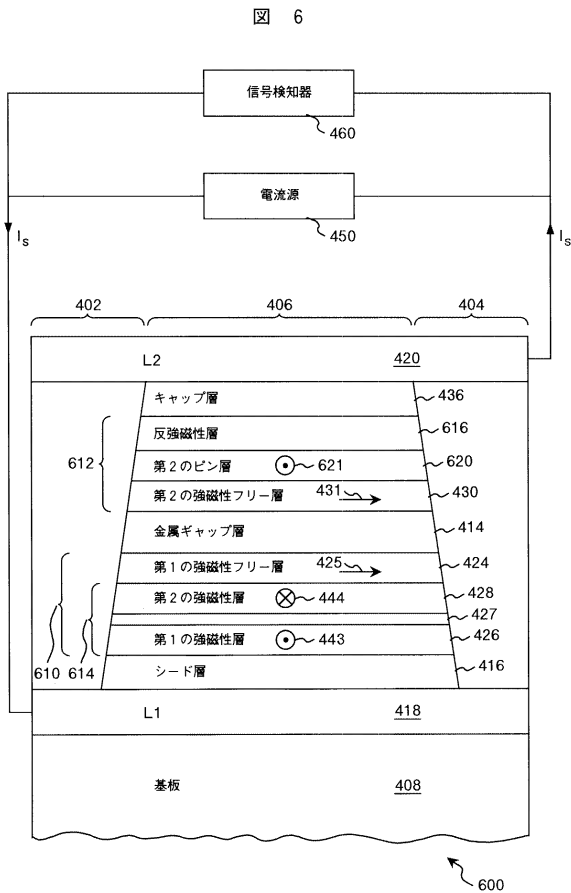
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 R 33/06

R