

(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2004-29007
(P2004-29007A)

(43) 公開日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int.Cl.⁷

G01R 33/09

G11B 5/39

H01L 43/08

F 1

G01R 33/06

G11B 5/39

H01L 43/08

H01L 43/08

H01L 43/08

テーマコード(参考)

2 G017

5 D034

A

U

Z

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2003-129163 (P2003-129163)

(22) 出願日

平成15年5月7日 (2003.5.7)

(31) 優先権主張番号

10/146176

(32) 優先日

平成14年5月14日 (2002.5.14)

(33) 優先権主張国

米国(US)

(71) 出願人 503003854

ヒューレット-パッカード デベロップメント カンパニー エル.ピー. アメリカ合衆国 テキサス州 77070 ヒューストン 20555 ステイト ハイウェイ 249

(74) 代理人 100087642

弁理士 古谷 聰

(74) 代理人 100076680

弁理士 溝部 孝彦

(74) 代理人 100121061

弁理士 西山 清春

最終頁に続く

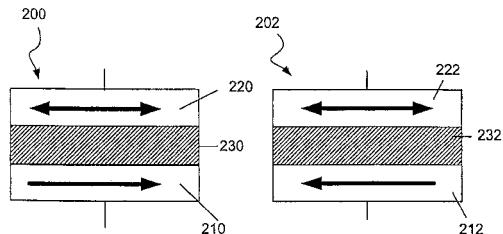
(54) 【発明の名称】磁界検出センサ

(57) 【要約】

【課題】感度が改善され、不揮発性であり、電力の散逸が少ない、磁界を検知するための装置および方法の実現。

【解決手段】本発明は磁界検出センサを含む。磁界検出センサは、第1のセンス層(220)と第1の基準層(210)とを含む第1の磁気センサ(200)を含む。第2の磁気センサ(202)は、第2のセンス層(222)と第2の基準層(212)とを含む。第1の磁気センサ(200)は、磁界検出センサによって検出される外部磁界によって第1の基準層(210)に対する第1のセンス層(220)の相対的な磁気の向きが第2の基準層(212)に対する第2のセンス層(222)の相対的な磁気の向きと反対になるように、第2の磁気センサ(202)に対して物理的に配置される。差動増幅器が、第1の接合センサと第2の接合センサの相対的な磁気の向きを検知できる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁界検出センサであって、

第1のセンス層(220)と第1の基準層(210)とを含む第1の磁気センサ(200)と、

第2のセンス層(222)と第2の基準層(212)とを含む第2の磁気センサ(202)と、

前記磁界検出センサによって検出される外部磁界によって、前記第1の基準層(210)に対する前記第1のセンス層(220)の相対的な磁気の向きが前記第2の基準層(212)に対する前記第2のセンス層(222)の相対的な磁気の向きと反対になるように、10
前記第1の磁気センサ(200)が前記第2の磁気センサ(202)に対して物理的に配置されることと、及び

前記第1の磁気センサ(200)および第2の磁気センサ(202)の相対的な磁気の向きを検知するための差動増幅器とを備える、磁界検出センサ。

【請求項 2】

前記第1の磁気センサ(200)および前記第2の磁気センサ(202)がそれぞれ、磁気トンネル接合センサである、請求項1に記載の磁界検出センサ。

【請求項 3】

前記第1の基準層(210)に対する前記第1のセンス層(220)の磁気の向きが、前記第1の磁気センサ(200)の抵抗を決定する、請求項1に記載の磁界検出センサ。20

【請求項 4】

前記第2の基準層(212)に対する前記第2のセンス層(222)の磁気の向きが、前記第2の磁気センサ(202)の抵抗を決定する、請求項1に記載の磁界検出センサ。

【請求項 5】

前記第1の基準層(710)および前記第2の基準層(712)が、同じ方向に固定された磁気の向きを有する、請求項1に記載の磁界検出センサ。

【請求項 6】

前記第1のセンス層が、第1の合成強磁性構造センス層からなり、前記第2のセンス層が、第2の合成強磁性構造センス層からなる、請求項5に記載の磁界検出センサ。

【請求項 7】

各合成強磁性構造センス層が、非磁性スペーサ材料(726、736)によって分離される第1の強磁性層(722、732)および第2の強磁性層(724、734)を含み、前記強磁性層はそれぞれ、前記第1の強磁性層(722、732)および第2の強磁性層(724、734)が反強磁性結合されるような厚みと材料タイプからなる、請求項6に記載の磁界検出センサ。30

【請求項 8】

前記第1の強磁性層の第1の厚みが、前記第2の強磁性層の第2の厚みとは異なり、それにより前記第1の強磁性層の第1の磁化が、前記第2の強磁性層の第2の磁化を部分的にのみ相殺する、請求項7に記載の磁界検出センサ。

【請求項 9】

前記強磁性層がそれぞれ、軟磁性材料からなる、請求項7に記載の磁界検出センサ。40

【請求項 10】

前記第1の基準層(210)および前記第2の基準層(212)が、反対の方向に固定された磁気の向きを有する、請求項1に記載の磁界検出センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、概して磁界を検知することに関する。より詳細には、本発明は、少なくとも2つの磁気センサを用いて磁界を検知するための装置、システム、および方法に関する。

【0002】

10

20

30

40

50

【従来の技術】

磁界検出は、磁気ディスクまたはテープのような磁気媒体の表面に格納された情報を読み出すために使用され得る。磁気センサは、磁気媒体に物理的に近接して配置され、磁気的に格納された情報を検知できるようにしなければならない。

【0003】

磁界の存在を検出するために用いることができるデバイスは、磁気トンネル接合センサである。図1は、磁気トンネル接合センサ100の一実施形態を示す。磁気トンネル接合センサ100は、ピン止めされた層110と、センス層120と、絶縁層130とを含む。

【0004】

ピン止め層110は、固定され、対象の範囲内に磁界がかけられても回転する事がない10
磁化の向きを有する。センス層120は、2つの方向のうちのいずれかの方向に向けられ
る事ができる磁化を有する。センス層120の第1の磁化の向きは、ピン止め層110
の固定された磁化の向きと同じ方向である。センス層120の第2の磁化の向きは、ピン
止め層110の固定された磁化の向きと反対の方向である。

【0005】

センス層120の磁化の向きは、センス層120の付近において、そのセンス層120に
最後にかけられた外部磁界の方向に対応する方向に概ね一致する。その磁界が検出される
ためには、その外部磁界は、センス層120の向きを変更するのに十分な磁界強度を持た
なければならない。

【0006】

磁気トンネル接合センサ100の両端の抵抗の大きさは、ピン止め層110の磁気の向き
に対するセンス層120の磁気の向きに応じて変化する。通常、センス層120がピン止
め層110と反対の方向の磁気の向きを有する場合には、磁気トンネル接合センサ100
の両端の抵抗は大きくなる。センス層120がピン止め層110と同じ方向の磁気の向き
を有する場合には、磁気トンネル接合センサ100の両端の抵抗は小さくなる。それゆえ
、磁気トンネル接合センサ100の両端の抵抗を用いて、磁界の方向を検出することができる。
なぜなら、磁界の方向が、ピン止め層110に対するセンス層120の磁気の向き
、それゆえ磁気センサ100の両端の抵抗を決定するためである。

【0007】

図1の磁気センサ100の感度は制限される。磁気センサの抵抗状態は、読み取られた抵
抗を所定の抵抗閾値と比較し、その比較に基づいて磁気センサの状態を判定することによ
り決定される。すなわち、読み取られた抵抗が所定の閾値よりも小さい場合には、磁気セン
サの状態は第1の状態である。読み取られた抵抗が所定の閾値よりも大きい場合には、
磁気センサの状態は第2の状態である。

【0008】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明の目的は、改善された感度を提供し、不揮発性であり、電力の散逸が少ない、磁界
を検知するための装置および方法を提供することである。

【0009】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、改善された感度を提供し、不揮発性であり、電力の散逸が少ない、磁界を検知
するための装置および方法を含む。

【0010】

本発明の第1の実施形態は磁界検出センサを含む。その磁界検出センサは、第1のセンス
層と第1の基準層とを含む第1の磁気センサを含む。磁界検出センサはさらに、第2のセン
ス層と第2の基準層とを含む第2の磁気センサを含む。第1の磁気センサは、磁界検出
センサによって検出される外部磁界によって第1の基準層に対する第1のセンス層の相対
的な磁気の向きが第2の基準層に対する第2のセンス層の相対的な磁気の向きと反対にな
るように、第2の磁気センサに対して物理的に配置される。

【0011】

10

20

30

40

50

本発明の他の態様および利点は、本発明の原理を一例として例示する、添付図面とともになされる、以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【0012】

【発明の実施の形態】

例示のための図面に示されるように、本発明は、感度が改善され、不揮発性であり、電力の散逸が少ない、磁界を検知する装置およびシステムにおいて具現化される。

【0013】

図2は本発明の一実施形態を示す。この実施形態は、物理的に互いに隣接して配置された2つの磁気トンネル接合センサ200、202を含む。第1のトンネル接合センサ200の第1の基準（ピン止め）層210は、第2のトンネル接合センサ202の第2の基準（ピン止め）層212の予め設定された磁気の向きとは反対の予め設定された磁気の向きを含む。

【0014】

第1のトンネル接合センサ200はさらに、第1のセンス層220と、第1の基準層210と第1のセンス層220とを分離する第1の絶縁性トンネル障壁230とを含む。第2のトンネル接合センサ202はさらに、第2のセンス層222と、第2の基準層212と第2のセンス層222とを分離する第2の絶縁性トンネル障壁232とを含む。

【0015】

基準層210、212およびセンス層220、222は、強磁性材料から形成され得る。

【0016】

磁気トンネル接合センサのセンス層および基準層の磁化が同じ方向である場合には、磁気トンネル接合センサの向きは「平行」であると呼ぶことができる。磁気トンネル接合センサのセンス層および基準層の磁化が反対の方向である場合には、磁気トンネル接合センサの向きは「反平行」であると呼ぶことができる。2つの向き、平行および反平行は、低抵抗または高抵抗の磁気センサ状態に対応することができる。

【0017】

絶縁性トンネル障壁230、232によって、基準層210、212とセンス層220、222との間に量子力学トンネル効果が生じるようになる。そのトンネル効果は電子スピノン依存性であり、磁気トンネル接合センサ200、202の抵抗が、基準層210、212とセンス層220、222の磁化の方向の相対的な向きの関数になる。磁界の存在は、基準層210、212およびセンス層220、222の磁化の向きを確定することにより検出され得る。

【0018】

磁気トンネル接合センサ200、202のそれぞれの抵抗は、磁気トンネル接合センサ200、202の磁化の向きが平行である場合には第1の値（R）であり、磁化の向きが反平行である場合には第2の値（R+）である。しかしながら、本発明は2つの層の磁化の向き、すなわち単に2つの層の磁化の向きに限定されない。

【0019】

絶縁性トンネル障壁230、232は、酸化アルミニウム、二酸化シリコン、酸化タンタル、窒化シリコン、窒化アルミニウムまたは酸化マグネシウムから形成され得る。しかしながら、絶縁性トンネル障壁230、232のために、他の誘電体およびある特定の半導体材料を用いることもできる。絶縁性トンネル障壁230、232の厚みは、約0.5nm～約3nmの範囲内にすることができる。しかしながら、本発明はこの範囲に限定されない。

【0020】

センス層220、222は強磁性材料から形成されてもよい。基準層210、212は、後述するように、人工反強磁性体とも呼ばれる合成フェリ磁性体（SF）として実施され得る。

【0021】

第1のトンネル接合センサ200の第1のセンス層220は、外部から印加される磁界の

10

20

30

40

50

方向と一致する方向に概ねそろえられる。第2のトンネル接合センサ202の第2のセンス層222も、外部から印加される磁界の方向と一致する方向に概ねそろえられる。第1のトンネル接合センサ200および第2のトンネル接合センサ202の配置および物理的な向きに起因して、第1のセンス層220および第2のセンス層222は一般に、外部磁界にさらされた後に同じ方向である磁気の向きを含む。

【0022】

前述のように、磁気トンネル接合センサ200、202の両端の抵抗は、基準（ピン止め）層210、212の磁化の向きに対するセンス層220、222の磁化の向きに直に依存する。また、前述したように、第1の基準層210の磁気の向きは、第2の基準層212の磁気の向きと反対の方向である。それゆえ、第1の磁気トンネル接合センサ200の両端の抵抗、および第2の磁気トンネル接合センサ202の両端の抵抗は一般に、第1の磁気トンネル接合センサ200および第2の磁気トンネル接合センサ202が外部磁界にさらされた後に大きく異なる。すなわち、磁気トンネル接合センサの一方は高抵抗（R+R）を含み、他方の磁気トンネル接合センサは低抵抗（R）を含む。

【0023】

第1の磁気トンネル接合センサ200は、磁界検出センサ200、202によって検出される外部磁界によって、第1の基準層210に対する第1のセンス層220の相対的な磁気の向きが第2の基準層212に対する第2のセンス層222の相対的な磁気の向きと反対になるように、第2の磁気トンネル接合センサ202に対して物理的に配置される。

【0024】

第1の磁気トンネル接合センサ200、および第2の磁気トンネル接合センサ202の相対的な磁気の向きを検知するために、差動増幅器を用いることができる。すなわち、差動増幅器が、第1の磁気トンネル接合センサ200と第2の磁気トンネル接合センサ202との間の抵抗差を検出する。

【0025】

図3は、本発明の別の実施形態を示す。図3では、各磁気トンネル接合センサはセル（セル1およびセル2）として示される。セルは、物理的に並列構成で配置され得る。後述するように、本発明のいくつかの実施形態は、この並列構成にしたがって構成され得る。参照符号A、BおよびCは、外部電子回路との接点を示す。

【0026】

図4は本発明の別の実施形態を示す。この場合も、各磁気トンネル接合センサはセルとして示される。セル（セル1およびセル2）は物理的に縦に並んだ構成で配置され得る。後述するように、本発明のいくつかの実施形態は、この縦に並んだ構成にしたがって構成され得る。参照符号A、B、およびCは、外部電子回路との接点を示す。

【0027】

図5は、本発明の一実施形態による一対の磁気トンネル接合センサ（セル1およびセル2）および差動増幅器510を示す。差動増幅器510は、第1の磁気センサ（セル1）と第2の磁気センサ（セル2）との相対的な磁気の向きをセンシングする。上述のように、磁気センサ（セル1およびセル2）の磁気の向きは、磁気センサの両端の抵抗を決定する。

【0028】

第1の電流源520によって、第1の磁気センサ（セル1）に電流が流れ、第1の磁気センサ（セル1）の抵抗状態に依存する第1の電圧V1が生成される。第2の電流源530によって、第2の磁気センサ（セル2）に電流が流れ、第2の磁気センサ（セル2）の抵抗状態に依存する第2の電圧V2が生成される。第1および第2の電流源520、530は、概ね等しい大きさである。

【0029】

第1の電圧V1および第2の電圧V2の大きさは、第1の磁気センサ（セル1）および第2の磁気センサ（セル2）の抵抗に依存する。差動増幅器510は、A（V2-V1）（ただしAは差動増幅器510の利得である）の振幅を有する出力を生成することにより、

10

20

30

40

50

第1の磁気センサ(セル1)と第2の磁気センサ(セル2)との間の抵抗の差の相対的な度合いを検出する。

【0030】

したがって、差動増幅器510の出力によって、外部磁界の存在と、その磁界の向きとを判定することができる。外部磁界を検出することにより、磁気センサ(セル1、セル2)のセンス層の磁化の向きが、外部磁界の向きと一致する。磁気センサ(セル1、セル2)の基準層が反対方向に固定された磁化の向きを有するという事実に起因して、外部磁界の方向に応じて、第1の磁気センサ(セル1)の抵抗が、第2の磁気センサ(セル2)の抵抗よりも大きくなるか、または小さくなる。したがって、差動増幅器の出力は外部磁界の存在およびその方向を示す。

10

【0031】

図6は、本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサ(セル1およびセル2)および差動増幅器610を示す。差動増幅器610は、第1の磁気センサ(セル1)と第2の磁気センサ(セル2)との相対的な磁気の向きをセンシングする。差動増幅器610は、第1の磁気センサの抵抗が大きいか、または第2の磁気センサの抵抗が大きいかを検出する、交差結合された差動トランジスタ対T1、T2を含む。

20

【0032】

磁気センサの状態は、接点Cに正の電圧を印加する(たとえば、クロックSCLKを用いて)ことにより検出される。その際、その状態は、選択線(SELLECT)を用いてVSENSEにおいて読み取られる。

20

【0033】

第1の磁気センサ(セル1)が第2の磁気センサ(セル2)よりも大きい抵抗を有する場合には、接点Aの電圧が接点Bの電圧よりも低くなる。それゆえ、トランジスタT1がトランジスタT2より大きくオンされる。抵抗R1、トランジスタT1および第1の磁気センサ(セル1)を流れる電流が、抵抗R2、トランジスタT2および第2の磁気センサ(セル2)を流れる電流よりも大きくなる。したがって、トランジスタT2が強制的に完全にオフされ、トランジスタT1は飽和する。結果として、VSENSEが低電圧になる。

【0034】

第2の磁気センサ(セル2)が第1の磁気センサ(セル1)よりも大きい抵抗を有する場合には、接点Bの電圧が接点Aの電圧よりも低くなる。それゆえ、トランジスタT2がトランジスタT1より大きくオンされる。抵抗R2、トランジスタT2および第2の磁気センサ(セル2)を流れる電流が、抵抗R1、トランジスタT1および第1の磁気センサ(セル1)を流れる電流よりも大きくなる。したがって、トランジスタT1が強制的に完全にオフされ、トランジスタT2は飽和する。結果として、VSENSEが高電圧になる。

30

【0035】

差動増幅器610の出力によって、外部磁界の存在、およびその方向を判定することができる。外部磁界を検出することにより、磁気センサ(セル1、セル2)のセンス層の磁化の向きが外部磁界の向きと一致する。磁気センサ(セル1、セル2)の基準層が、反対の方向に固定された磁化の向きを有するという事実に起因して、外部磁界の方向に応じて、第1の磁気センサ(セル1)の抵抗が、第2の磁気センサ(セル2)の抵抗より大きくなるか、または小さくなる。したがって、差動増幅器の出力は、外部磁界の方向を示す。

40

【0036】

図7は、本発明の一実施形態による一対の磁気トンネル接合センサ700、702を示す。本実施形態の各磁気トンネル接合センサ700、702は、基準(ピン止め)層710、712を含む。基準層710、712の固定された磁気の向きは同じ方向である。同じ方向に固定された磁気の向きを有する基準層710、712は容易に製作することができる。この磁気の向きは望ましい。

【0037】

また、磁気トンネル接合センサ700、702は、絶縁性トンネル障壁744、754も含む。

50

【0038】

本実施形態の各磁気トンネル接合センサ700、702は、合成強磁性構造センス層を含む。すなわち、第1の磁気トンネル接合センサ700は、第1の強磁性層722および第2の強磁性層724を含む第1の強磁性構造センス層を含む。第1の強磁性層722および第2の強磁性層724は、非磁性スペーサ層726によって分離される。第2の磁気トンネル接合センサ702は、第1の強磁性層732および第2の強磁性層734を含む第2の強磁性構造センス層を含む。第1の強磁性層732および第2の強磁性層734は、非磁性スペーサ層736によって分離される。

【0039】

強磁性層722、724、732、734は、CoFe、NiFe、またはCoのような材料から形成され得る。スペーサ層726、736は、Ru、Re、Rh、またはCuのような磁気的に非伝導性の材料から形成され得る。

【0040】

第1の磁気センサ700の第1の強磁性層722と第2の強磁性層724との間には、強い層間交換結合が存在する。第2の磁気センサ702の第1の強磁性層732と第2の強磁性層734との間には、強い層間交換結合が存在する。この結合の大きさおよびその符号（すなわち、その結合は正または負のいずれかである）は、スペーサ層726、736の厚みおよび材料と、強磁性層722、724、732、734の厚みおよび材料との関数である。第1の強磁性層の磁化の向きが第2の強磁性層の磁化の向きに反平行である場合には、その結合は負である。第1の強磁性層の磁化の向きが第2の強磁性層の磁化の向きに平行である場合には、その結合は正である。

【0041】

第1の強磁性層722、732の保磁力は、第2の強磁性層724、734の保磁力とわずかに異なる場合がある。たとえば、第1の強磁性層722、732の保磁力は、約790A/m（約1000e）とすることができます、第2の強磁性層724、734の保磁力は、約3950A/m（約500e）とすることができます。一般的に、基準層710、712の保磁力は、強磁性層722、724、732、734よりも高い。

【0042】

第1の強磁性層722、732の磁化が第2の強磁性層724、734と反対の方向に向けられるので、それらのモーメントは互いに相殺する傾向がある。

【0043】

スペーサ層726、736の厚みは、約0.2nm～2nmとすることができる。

【0044】

強磁性層722、724、732、734はそれぞれ、ある磁気強度を有する磁化ベクトルを含む。一般的に、各強磁性層722、724、732、734の磁気強度は、強磁性層722、724、732、734の厚みに依存する。

【0045】

第1の磁気トンネル接合センサ700の第1の強磁性層722内に描かれたベクトルは、第1の磁気トンネル接合センサ700の第2の強磁性層724内に描かれたベクトルよりも長い。ベクトルの長さは、第1の強磁性層722の磁化の強さと、第2の強磁性層724の磁化の強さとを表す。図示されたように、第1の強磁性層722の磁化の強さを表すベクトルは、第2の強磁性層724を表すベクトルよりも大きい。

【0046】

一般に、磁化の大きさは強磁性層の厚みに依存する。厚みt1は、第1の磁気トンネル接合センサ700の第1の強磁性層722の厚みを表す。厚みt2は、第1の磁気トンネル接合センサ700の第2の強磁性層724の厚みを表す。図7の実施形態の場合、第1の強磁性層722の厚みt1は、第2の強磁性層724の厚みt2よりも厚い。したがって、第1の強磁性層722の磁化は、第2の強磁性層724の磁化よりも大きい。外部磁界にさらされる場合、第1の強磁性層722の磁化の向きが外部磁界の向きに一致する。

【0047】

10

20

30

40

50

厚みt3は、第2の磁気トンネル接合センサ702の第1の強磁性層732の厚みを表す。厚みt4は、第2の磁気トンネル接合センサ702の第2の強磁性層734の厚みを表す。図7の実施形態の場合、第1の強磁性層732の厚みt3は、第2の強磁性層734の厚みt4よりも薄い。したがって、第1の強磁性層732の磁化は、第2の強磁性層734の磁化よりも小さい。外部磁界にさらされる場合、第2の強磁性層734の磁化の向きが外部磁界の向きに一致する。

【0048】

第1の強磁性層722、732、第2の強磁性層724、734およびスペーサ層726、736の可能性がある厚みと材料のタイプの例が、以下の表に列挙される。

【0049】

【表1】

	例1	例2	例3	厚み(nm)
第1の強磁性層	CoFe	NiFe	Co	3.0
スペーサ層	Ru	Ru	Ru	0.75
第2の強磁性層	CoFe	NiFe	Co	4.0

【0050】

絶縁性トンネル障壁744、754によって、基準層710、712と第1の強磁性層722、732との間に量子力学トンネル効果が生じるようになる。そのトンネル効果は電子スピン依存性であり、それにより磁気トンネル接合センサ700、702の抵抗が、基準層710、712および第1の強磁性層722、732の磁化の向きの相対的な方向の関数になる。

【0051】

磁界の存在は、基準層710、712および第1の強磁性層722、732の磁化の向きを確定することにより検出され得る。これはたとえば、磁気トンネル接合センサ700、702を、図5および図6に示されるような本発明の実施形態に組み込むことにより達成され得る。すなわち、磁気トンネル接合センサ700、702の両端の抵抗差を用いて、外部磁界の存在を検出することができる。

【0052】

図8は、本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサを示す。この実施形態は、第1の磁気センサ830と第2の磁気センサ820とによって共有される共通のセンス層構造810を含む。第1の磁気センサ820はさらに、第1の絶縁性トンネル障壁層824と、第1の基準層822とを含む。第2の磁気センサ830はさらに、第2の絶縁性トンネル障壁層834と、第2の基準層832とを含む。

【0053】

第1の基準層822および第2の基準層832の予め設定された磁化は、同じ方向に向かられる。

【0054】

共通センス層構造810は、第1の強磁性層812と第2の強磁性層814とを含む合成強磁性構造センス層を含む。この実施形態の場合、強磁性層812、814の一方の厚みは、他方の強磁性層812、814の厚みより厚くなるべきである。図8に示されるように、第1の強磁性層812は、第2の強磁性層814よりも厚い。したがって、第1の強磁性層812の磁化の強さは、第2の強磁性層814の磁化の強さよりも強い。

【0055】

第1の強磁性層812および第2の強磁性層814は、非磁性スペーサ層860によって分離される。

【0056】

第1の強磁性層812の磁化の向きは、外部から印加される磁界の向きと一致する。第2の強磁性層814の磁化の向きは、外部から印加される磁界と反平行になる。

【0057】

第1の絶縁性トンネル障壁824によって、第1の基準層822と第1の強磁性層812との間に量子力学トンネル効果が生じるようになる。第2の絶縁性トンネル障壁834によって、第2の基準層832と第2の強磁性層814との間に量子力学トンネル効果が生じるようになる。そのトンネル効果は電子スピン依存性であり、それにより磁気トンネル接合センサ820、830の抵抗が基準層822、832および強磁性層812、814の磁化の向きの相対的な方向の関数になる。

【0058】

磁界の存在は、基準層822、832および強磁性層812、814の磁化の向きを確定することにより検出され得る。これはたとえば、磁気トンネル接合センサ820、830を、図5および図6に示されるような本発明の実施形態に組み込むことにより達成され得る。すなわち、磁気トンネル接合センサ820、830の両端の抵抗差を用いて、外部磁界の存在を検出することができる。

10

【0059】

図9は、本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサを示す。この実施形態は、第1の磁気センサ920と第2の磁気センサ930とによって共有される共通の基準（ピン止め）層910を含む。

【0060】

この合成フェリ磁性構造の並列構成は、図7のフェリ磁性構造に類似する。しかしながら、2つの磁気トンネル接合センサ920と930との間で共通基準層が共有される。

20

【0061】

磁気トンネル接合センサ920、930は絶縁性トンネル障壁944、954を含む。

【0062】

この実施形態の磁気トンネル接合センサ920、930はそれぞれ、合成強磁性構造センス層を含む。すなわち、第1の磁気トンネル接合センサ920は、第1の強磁性層922と第2の強磁性層924とを含む第1の強磁性構造センス層を含む。第1の強磁性層922および第2の強磁性層924は、非磁性スペーサ層926によって分離される。第2の磁気トンネル接合センサ930は、第1の強磁性層932と第2の強磁性層934とを含む第2の強磁性構造センス層を含む。第1の強磁性層932および第2の強磁性層934は、非磁性スペーサ層936によって分離される。

30

【0063】

図10は、本発明の一実施形態による磁気センサ1010のアレイを示す。磁界検出センサ1010のアレイは、あるパターンにしたがって配置された、本発明の実施形態による磁界検出センサを含む。

【0064】

磁気センサのアレイは、強度が変動する磁界の検出と検知を行う。すなわち、外部磁界を検出することにより、磁気センサの抵抗状態が変動する。センサのアレイに予め第1の磁界をかけることにより、後続の磁界の強度および方向に応じて、後続の磁界によって全てのセンサ、またはいくつかのセンサの状態が変化する。

【0065】

図11は、磁気ディスクドライブ1120の読み取りヘッド1110を示す。読み取りヘッド1110は、本発明の一実施形態による磁界センサ1130を含むことができる。一般に、磁気ディスクドライブ1120は、ディスク1142の表面に格納された情報を含む磁気ディスク1140を含む。磁界検出センサ1130は、磁気ディスク1140の表面1142に格納された情報を検出する。

40

【0066】

本発明の特定の実施形態が説明および図示されてきたが、本発明は、そのように説明および図示された特定の形態または部品の構成に限定されるべきではない。本発明は特許請求の範囲によってのみ制限される。

【0067】

【発明の効果】

50

本発明によれば、感度が改善され、不揮発性であり、電力の散逸が少ない、磁界を検知するための装置および方法を実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】磁気トンネル接合センサを示す図である。

【図 2】本発明の一実施形態を示す図である。

【図 3】本発明の別の実施形態を示す図である。

【図 4】本発明の別の実施形態を示す図である。

【図 5】本発明の一実施形態による一対の磁気トンネル接合センサおよび差動増幅器を示す図である。

【図 6】本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサおよび差動増幅器を示す図である。 10

【図 7】本発明の一実施形態による一対の磁気トンネル接合センサを示す図である。

【図 8】本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサを示す図である。

【図 9】本発明の別の実施形態による一対の磁気トンネル接合センサを示す図である。

【図 10】本発明の一実施形態による磁気センサのアレイを示す図である。

【図 11】本発明の一実施形態による磁気センサを含む読み取りヘッドを含むディスクドライブを示す図である。 20

【符号の説明】

200、202、700、702 磁気トンネル接合センサ(磁界検出センサ)

210、212、710、712 基準層

220、222 センス層

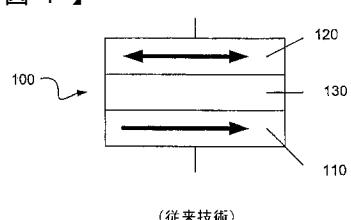
510、610 差動増幅器

722、724、732、734 強磁性層

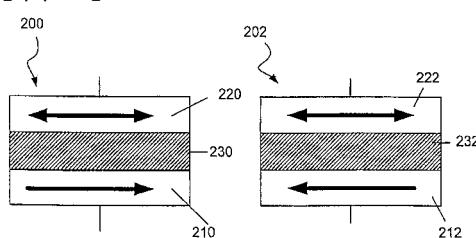
726、736 非磁性スペーサ層

744、754 絶縁性トンネル障壁

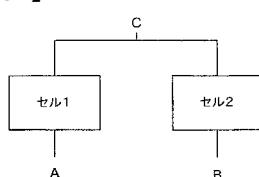
【図 1】



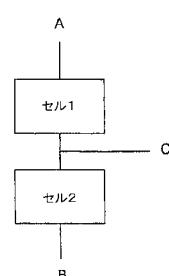
【図 2】



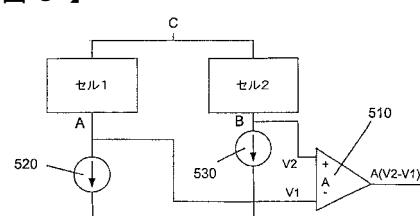
【図 3】



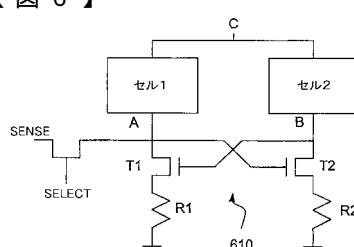
【図 4】



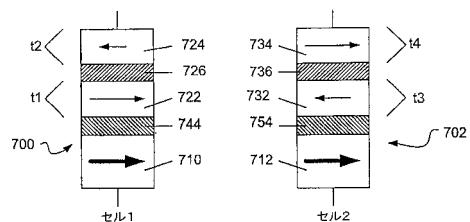
【図 5】



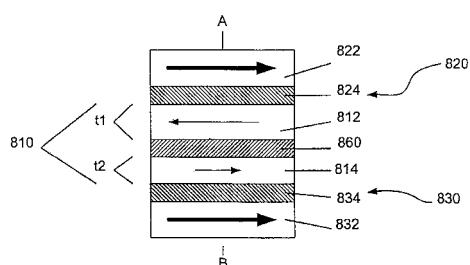
【図 6】



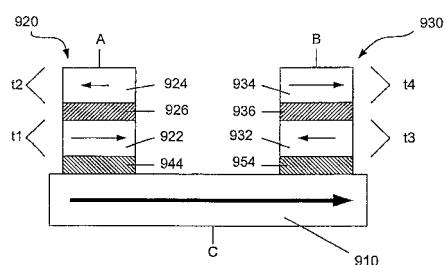
【図7】



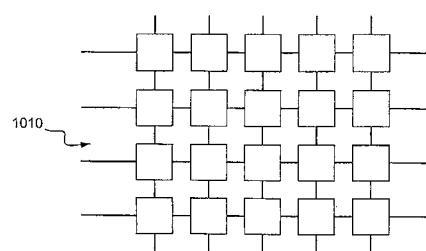
【図8】



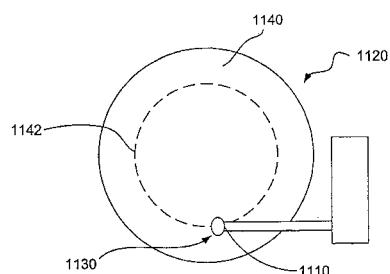
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 マニシュ・シャーマ

アメリカ合衆国カリフォルニア州94043, マウンテンビュー, ノース・ウィスマン・ロード・
ナンバー3523・100

(72)発明者 フレデリック・パーナー

アメリカ合衆国カリフォルニア州94306, パロアルト, ラモナ・ストリート・3234

F ターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AD55 BA05
5D034 BA03 BB02 BB06 CA00