

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-533366  
(P2010-533366A)

(43) 公表日 平成22年10月21日(2010.10.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 43/08 (2006.01)	HO 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
GO 1 R 33/09 (2006.01)	GO 1 R 33/06	R 5 F 0 9 2

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2010-515478 (P2010-515478)  
 (86) (22) 出願日 平成20年7月4日 (2008.7.4)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年3月2日 (2010.3.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2008/058701  
 (87) 国際公開番号 W02009/007323  
 (87) 国際公開日 平成21年1月15日 (2009.1.15)  
 (31) 優先権主張番号 0756394  
 (32) 優先日 平成19年7月10日 (2007.7.10)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 506423291  
 コミサリア ア レネルジイ アトミック  
 エ オ ゼネ ルジイ アルテナナティ  
 ーフ  
 COMMISSARIAT A L' EN  
 ERGIE ATOMIQUE ET A  
 UX ENERGIES ALTERNA  
 TIVES  
 フランス国 エフー75015 パリ パ  
 テイメン "ル ポナン デ" リユ  
 ルブラン 25  
 (74) 代理人 110000408  
 特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低ノイズ磁場センサ

(57) 【要約】

本発明は第1の磁化が固定された磁気層(410)と磁気脱共役のために第1の分離層(420)によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層(430)とを備える磁気抵抗センサに関する。前記センサは磁気脱共役のために第2分離層(440)によって前記高感度層から分離された第2の磁化が固定された磁気層(450)を更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第1の磁化が固定された磁気層および前記高感度層の各磁化は実質的に垂直である。前記第2ピン層の磁化配向は選択される。

【選択図】 図4

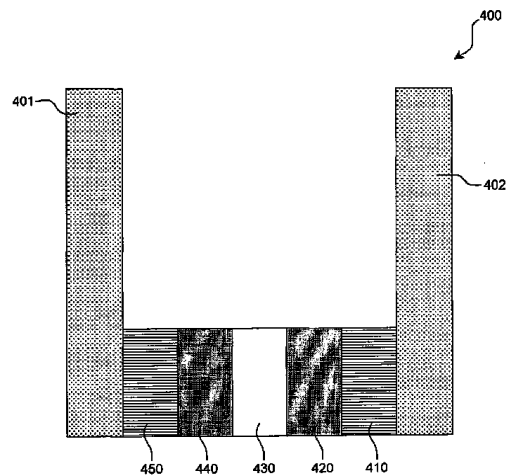


FIG.4

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ピン層である第 1 の磁化が固定された磁気層 ( 4 1 0 ) と、磁気脱共役のために第 1 の分離層 ( 4 2 0 ) によって分離されている高感度層である第 2 のフリー磁化磁気層 ( 4 3 0 ) とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第 2 の分離層 ( 4 4 0 ) によって前記高感度層から分離されている第 2 ピン層である第 2 の磁化が固定された磁気層 ( 4 5 0 ) を更に備え、前記第 1 および第 2 の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第 1 ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第 1 ピン層から前記第 2 ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第 2 ピン層の磁化方向 (  $\theta_2$  ) は前記第 1 ピン層の磁化方向 (  $\theta_1$  ) と前記高感度層の磁化方向 (  $M_0$  ) との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

10

## 【請求項 2】

ピン層である第 1 の磁化が固定された磁気層 ( 4 1 0 ) と、磁気脱共役のために第 1 の分離層 ( 4 2 0 ) によって分離されている高感度層である第 2 のフリー磁化磁気層 ( 4 3 0 ) とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第 2 の分離層 ( 4 4 0 ) によって前記高感度層から分離されている第 2 ピン層である第 2 の磁化が固定された磁気層 ( 4 5 0 ) を更に備え、前記第 1 および第 2 の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第 1 ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第 1 ピン層から前記第 2 ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第 2 ピン層の磁化方向 (  $\theta_2$  ) は前記第 1 ピン層の磁化方向 (  $\theta_1$  ) と前記高感度層の磁化方向 (  $M_0$  ) の反対方向との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

20

## 【請求項 3】

ピン層である第 1 の磁化が固定された磁気層 ( 4 1 0 ) と、磁気脱共役のために第 1 の分離層 ( 4 2 0 ) によって分離されている高感度層である第 2 のフリー磁化磁気層 ( 4 3 0 ) とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第 2 の分離層 ( 4 4 0 ) によって前記高感度層から分離されている第 2 ピン層である第 2 の磁化が固定された磁気層 ( 4 5 0 ) を更に備え、前記第 1 および第 2 の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第 1 ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第 1 ピン層から前記第 2 ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第 2 ピン層の磁化方向 (  $\theta_2$  ) は前記第 1 ピン層の磁化方向 (  $\theta_1$  ) の反対方向と前記高感度層の磁化方向 (  $M_0$  ) の反対方向との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

30

## 【請求項 4】

ピン層である第 1 の磁化が固定された磁気層 ( 4 1 0 ) と、磁気脱共役のために第 1 の分離層 ( 4 2 0 ) によって分離されている高感度層である第 2 のフリー磁化磁気層 ( 4 3 0 ) とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第 2 の分離層 ( 4 4 0 ) によって前記高感度層から分離されている第 2 ピン層である第 2 の磁化が固定された磁気層 ( 4 5 0 ) を更に備え、前記第 1 および第 2 の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第 1 ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第 1 ピン層から前記第 2 ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第 2 ピン層の磁化方向 (  $\theta_2$  ) は前記第 1 ピン層の磁化方向 (  $\theta_1$  ) の反対方向と前記高感度層の磁化方向 (  $M_0$  ) との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

40

## 【請求項 5】

前記高感度層 / 前記第 1 分離層 / 前記第 1 ピン層の積層の電気抵抗が、前記高感度層 / 前記第 2 分離層 / 前記第 2 ピン層の電気抵抗より実質的に高い前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

## 【請求項 6】

50

前記第 1 分離層がトンネルバリアを形成する絶縁薄層である前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 7】

前記第 1 分離層が金属層である請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 8】

第 1 分離層が局所的に電流を制限することに適した合成金属 - 絶縁層である請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 9】

前記第 2 分離層が金属層である前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

10

【請求項 10】

前記第 2 分離層の表面抵抗が前記第 1 分離層より実質的に低い請求項 7 又は 9 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 11】

前記第 2 分離層が局所的に電流を制限することに適した合成金属 - 絶縁層である請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 12】

第 1 および第 2 磁気副層が第 1 の反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第 1 合成フェリ磁性層を備え、前記第 1 の磁気副層は第 1 反強磁性層によって磁化が固定され、前記第 2 の磁気副層は前記第 1 ピン層を構成する前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

20

【請求項 13】

前記第 1 分離層がアルミナからなる請求項 6 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 14】

前記第 1 分離層が MgO からなる請求項 6 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 15】

前記第 1 の合成フェリ磁性磁気層が CoFe / Ru / CoFe であり、前記第 1 および第 2 の CoFe 磁気副層が 1.5 nm から 4 nm の厚さを有し、前記第 1 の Ru 反強磁性結合副層が 0.5 nm から 1 nm の厚さを有する請求項 12 記載の磁気抵抗センサ。

30

【請求項 16】

前記第 1 の合成フェリ磁性層が CoFe / Ru / CoFeB 又は CoFe / Ru / CoFe であり、前記第 1 の CoFe 磁気副層が 1.5 nm から 4 nm の厚さを有し、前記第 1 の Ru 反強磁性副層が 0.5 nm から 1 nm の厚さを有し、前記第 2 の磁気副層が 1.5 nm から 5 nm の厚さを有する面心立方格子構造の CoFeB 合金又は CoFe 合金からなる請求項 12 又は 14 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 17】

前記第 1 ピン層が PtMn、PtPdMn 又は IrMn からなる請求項 12、15、16 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 18】

前記第 1 ピン層が 15 nm から 25 nm の厚さを有する PtMn からなる請求項 17 記載の磁気抵抗センサ。

40

【請求項 19】

前記高感度層が CoFe 合金、特に Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> からなる前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 20】

前記高感受性層が 2 つの副層からなり、一方は前記第 1 分離層に直接接する 0.5 nm から 1.5 nm の厚さを有する Co または CoFe 合金からなり、他方は約 2 nm から 4 nm の厚さを有する NiFe からなる請求項 1 乃至 18 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 21】

50

前記第2分離層が2 nmから5 nmの厚さを有するCuからなる請求項9記載の磁気抵抗センサ。

【請求項22】

第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなり、前記第4の磁気副層は前記第2の反強磁性層によって磁化が固定されており、前記第3の磁気副層は前記第2ピン層からなる第2の合成フェリ磁性層を備える前記請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項23】

前記第2反強磁性層が5 nmから10 nmの厚さを有する $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ からなる請求項22記載の磁気抵抗センサ。

10

【請求項24】

第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなり、前記第4の磁気副層は硬磁性物質の層によって磁化が固定されており、前記第3の磁気副層は前記第2ピン層からなる第2の合成フェリ磁性層を備える請求項1乃至21のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項25】

前記硬磁性物質がCoとCrに基づく合金である請求項24記載の磁気抵抗センサ。

【請求項26】

前記第2ピン層が強磁性遷移金属、特にCo、Fe、Niに基づく合金からなる前記請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

20

【請求項27】

前記第2ピン層が2 nmから7 nmの厚さを有する $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ からなる請求項26記載の磁気抵抗センサ。

【請求項28】

前記第2ピン層がCoFeCu合金またはCoFeAg合金からなる請求項1乃至25のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項29】

前記第2ピン層が積層多層( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  1 nm / Cu 0.3 nm)またはCoFe/NiFe二分子層である請求項1乃至25のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

30

【請求項30】

前記第1ピン層の磁化が第1ブロッキング温度を有する第1反強磁性層によって第1の方向に固定され、前記第2ピン層の磁化が第1とは異なる第2ブロッキング温度を有する第2反強磁性層によって第2の方向に固定されている請求項1記載の磁気抵抗センサ。

【請求項31】

電極の上に前記第1反強磁性層、前記第1ピン層、前記第1分離層、前記高感度層、前記第2分離層、前記第2ピン層、前記第2反強磁性層を連続して堆積し、そこに：

- 前記第1ブロッキング温度が前記第2ブロッキング温度より高い場合、前記第1の方向に配向された磁場の下でアニールされ、前記温度は第2ブロッキング温度まで下げられ、前記磁場は前記第2の方向に配向され、前記温度は周囲温度まで下げられる；

- 前記第2ブロッキング温度が前記第1ブロッキング温度より高い場合、前記第2の方向に配向された磁場の下でアニールされ、前記温度は前記第1ブロッキング温度まで下げられ、前記磁場は前記第1の方向に配向され、前記温度は周囲温度まで下げられる

40

請求項30記載の磁気抵抗センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は磁場センサの分野、特に層面に垂直に電流を流す(CPP)構造のスピンバルブ又は磁気トンネル接合の分野に関する。

【0002】

特に、本発明は磁気記録の分野において用いられる。

50

## 【背景技術】

## 【0003】

磁気センサは、コンピュータハードディスクの読出ヘッド、磁気トラックの読出装置、磁気インキ、位置エンコーダ、軸位置エンコーダ、電子コンパスなど、多数の用途に用いられている。

## 【0004】

近年、ハードディスクの記録密度の急激な増加に追いつくことが、磁場センサにおける膨大な研究の主題となっている。

## 【0005】

1992年以降、コンピュータハードディスクの読出ヘッドに用いられる磁気センサは、磁気抵抗型であった。このタイプのセンサでは、磁場変動によって磁気抵抗物質の抵抗が変動する結果、センサの端部において電圧が変動する。

10

## 【0006】

最初の磁気抵抗センサは、磁気薄層における磁気抵抗の異方性を利用していった。磁気薄層の抵抗は、磁化方向と流れる電流との間の角度に依存する。

## 【0007】

最近の磁気抵抗センサには、スピバルブが用いられてきている。スピバルブとは、一般に、非磁性金属の薄層によって分離された二つの磁気層からなる構造体である。ピン層と呼ばれている一方の磁気層の磁化は、反強磁性体の交換相互作用によって維持されている。「フリー」又は「高感度」層と呼ばれている他方の磁気層の磁化は、磁場の変化に従って変動する。二つの磁気層の磁化の相対的な方向に応じて、磁気層の電気抵抗が変化する（巨大磁気抵抗効果と呼ばれている）。スピバルブに関する記述は、たとえば、B. Dieny, "Giant magnetoresistance in spin valve multilayers", Journ. Magn. Mater. 136, (1994), pp. 335-359にある。

20

## 【0008】

最初のスピバルブは、CIP (Current In Plane; 面内電流) と呼ばれている構造で、層の表面に対して平行に電流を流していた。ハードディスクのビットサイズの縮小 (2006年には約100nm x 40nm) は、CPP (Current Perpendicular to Plane; 表面に垂直な電流) 構造を有し、高度な集積レベルと広範囲の電磁抵抗変動とを有するスピバルブの開発を導いた。

30

## 【0009】

この構造によれば、磁気抵抗素子で構成されるスクリーンは、電流入力源および電圧タップとして機能する。CPP構成を有するスピバルブに関する記述は、国際公開第97/44781号にある。

## 【0010】

図1は、一例として、CPP構造のスピバルブ100を用いた磁気抵抗センサを示す。

## 【0011】

2枚の金属スクリーン101と102は、磁場測定領域を固定し、電流入力源および電圧タップとして機能する。幅dは、最大の読出分解能を提供する幅である。スピバルブは、基本的に、反強磁性層110、層110によって磁化が固定されている磁気層120、非磁気薄層130、外部磁場によって磁化が変動する磁気層140から構成される。外部磁場がない場合、特定の磁化方向を与えるために、一对の側部の永久磁石 (図示せず) を用いて、バイアス磁界をフリー層140に及ぼすことができる。

40

## 【0012】

フリー層140の磁化方向とピン層の磁化方向とが平行である場合、スピバルブの抵抗は低くなるが、これらが反平行である場合には、スピバルブの抵抗は高くなる。測定磁場が層の表面にあるとき、フリー層の表面の磁化が回転する。フリー層の磁化の相対的な方向がスピバルブの抵抗を決定する。

## 【0013】

50

C P P 構造のスピンバルブは小寸法であるため非常に低抵抗である。プリアンプ（典型的には数十）の入力インピーダンスに適したインピーダンスセンサを製造するために、高表面抵抗（ $\cdot \mu m^2$  で計測）を有する磁気抵抗物質を用いる方法が考えられる。その方法として、非磁気分離層に、局所的に電流路を閉じ込めるように設定された、非連続的な酸化被膜を導入する方法がすでに提案されている。しかしながら、この方法によると、非常に高い電流密度が発生し、そのためにセンサの耐用年数に弊害をもたらす電子移動現象が生じてしまう。

【 0 0 1 4 】

最終的に、最も有望な技術は、磁気抵抗トンネル接合又は M T J s を用いたものである。M T J 接合は、分離層 1 3 0 が、たとえばアルミナや酸化マグネシウム ( M g O ) のような絶縁体からなるという点で、C C P 構造のスピンバルブと区別される。センサがプリアンプの入力インピーダンスに耐えうる抵抗を有しつつ、ショットノイズが最小化されるように、トンネルバリアは十分に低抵抗（抵抗領域 R A は抵抗物質で測定される）でなければならない。

10

【 0 0 1 5 】

磁気抵抗センサの一つの重要な特徴は、読出信号に影響を及ぼすノイズである。磁気抵抗センサにおいて、ノイズの原因はさまざまである。N . S m i t h e t a l . , “ W h i t e - n o i s e m a g n e t i z a t i o n f l u c t u a t i o n s i n m a g n e t o r e s i s t i v e h e a d s ” , A p p l . P h y s . L e t t . 7 8 ( 2 0 0 1 ) , p p . 1 1 4 8 - 1 1 5 0 に述べられているように、スピンバルブの磁気抵抗の相対的変動が低い場合、すなわち低 R / R 比率（ R は平行状態と反平行状態との間の抵抗の変動）の場合には、ノイズの主要な原因は、電気によるもの、より正確には、伝導電子のブラウン運動から生じているジョンソンノイズである。他方で、この比率が高い場合、ノイズの主要な原因は磁気によるものである。実際に、この場合、高感度層の磁化の変動によって、センサの抵抗が広範囲に変動する。これらの磁化変動は、熱揺らぎ、磁壁の不可逆的な運動、磁区の不安定性に起因するものであってもよい。同様の電力の消費により、熱運動はセンサの寸法の縮小に相応して高くなる。

20

【 0 0 1 6 】

同様に、M T J 接合センサが低 R / R 比率である場合には、ノイズの主要な原因は電気によるもの（すなわちトンネル接合のショットノイズ）であるが、高 R / R 比率の場合には、ノイズは上述の通り基本的に磁気によるものである。

30

【 0 0 1 7 】

このように、スピンバルブ又は磁性トンネル接合を有する磁気抵抗センサが、非常に高感度（高比率 R / R を有する）であるために、信号対ノイズ比 ( S N R ) は、基本的に磁気によるノイズによって定まる。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、典型的ノイズ電力密度曲線（ $R I^2$  によって正規化される。ここで、R はセンサの抵抗、I はセンサを流れる電流である。）を示す。磁場の周波数 f は、磁気抵抗センサ（C P P スピンバルブ又は磁気トンネル接合を用いたもの）の測定信号に影響を及ぼす（ $p_0$  で示される実曲線）。3 つの異なるノイズの仕組みはそれぞれ明確に区別される。

40

【 0 0 1 9 】

領域 ( I ) で示される低周波数領域（0 M H z から数百 M H z に及ぶ）において、測定ノイズは、部分的には電気によるもの（ジョンソンノイズ又はショットノイズ）であり、部分的には磁気によるもの（センサの高感度層の磁化の熱揺らぎ）であるホワイトノイズと、バイアス磁場による高感度層の不十分な磁気分極化による  $1 / f$  ノイズとの合計である。実際に、不十分な分極化は、高感度層に磁化が固定されやすい磁壁、又は高感度層の磁化回転中に磁化が飛ぶ不安定な磁区を生じさせることがある。

【 0 0 2 0 】

領域 ( I I I ) で示される高周波数領域（概して約 1 . 5 G H z から数十 G H z に及ぶ）において、ノイズ曲線の形状は、強磁性共鳴現象すなわち F M R に起因する。それらの周

50

波数が高感度層の磁化の自然な進行周波数に対応するとき、熱によってスピン波の励振が発生しピーク振幅となる（FMR）。

【0021】

領域（II）で示される中間領域は、低周波数領域と高周波数領域とを分離する。この領域において、ノイズは基本的にホワイトノイズであり、 $1/f$ ノイズやFMR共鳴は実質的には存在しない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0022】

【特許文献1】国際公開第97/44781号

10

【非特許文献】

【0023】

【非特許文献1】B. Dieny, "Giant magnetoresistance in spin valve multilayers", Journ. Magn. Mater. 136 (1994), pp. 335-359

【非特許文献2】N. Smith et al., "White-noise magnetization fluctuations in magnetoresistive heads", Appl. Phys. Lett. 78 (2001), pp. 1148-1150

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

したがって、本件発明の目的は、有用な周波数幅において高い信号対ノイズ比が生じてしまう状況の中で、非常に高い品質（高感度かつ小寸法）をもつ磁気抵抗センサの構造を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0025】

本発明は、第1ピン層である第1の磁化が固定された磁気層と、磁気脱共役のために第1の分離層によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層と、磁気脱共役のために第2分離層によって前記高感度層から分離される第2ピン層である第2の磁化が固定された磁気層とを更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両端に位置し、外部場がない場合、前記第1ピン層と前記高感度層との各磁化方向が実質的に垂直である磁気抵抗センサと定義されている。

30

【0026】

第1の実施形態によると、前記センサは第1ピン層から第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、第2ピン層の磁化方向（ $M_2$ ）は、第1ピン層の磁化方向（ $M_1$ ）と前記高感度層の磁化方向（ $M_0$ ）との中間方向に向けられており、外部場がない場合には極限配向が許容されている。

【0027】

第2の実施形態によると、前記センサは第1ピン層から第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、第2ピン層の磁化方向（ $M_2$ ）は、第1ピン層の磁化方向（ $M_1$ ）と前記高感度層の磁化方向（ $M_0$ ）の反対方向との中間方向に向けられており、外部場がない場合には極限配向が許容されている。

40

【0028】

第3の実施形態によると、前記センサは第1ピン層から第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、第2ピン層の磁化方向（ $M_2$ ）は、第1ピン層の磁化方向（ $M_1$ ）の反対方向と前記高感度層の磁化方向（ $M_0$ ）の反対方向との中間方向に向けられており、外部場がない場合には極限配向が許容されている。

【0029】

第4の実施形態によると、前記センサは第1ピン層から第2ピン層に向かって連続的な直

50

流を流すのに適し、第2ピン層の磁化方向 ( $M_2$ ) は、第1ピン層の磁化方向 ( $M_1$ ) の反対方向と前記高感度層の磁化方向 ( $M_0$ ) との中間方向に向けられており、外部場がない場合には極限配向が許容されている。

【0030】

有利には、高感度層/第1分離層/第1ピン層の積層の電気抵抗は、高感度層/第2分離層/第2ピン層の積層の電気抵抗より十分に高い。

【0031】

第1の変形例によれば、第1分離層はトンネルバリアを形成する絶縁薄層である。

【0032】

第2の変形例によれば、第1分離層は金属層である。

10

【0033】

第3の変形例によれば、第1分離層は局所的に電流を制限するのに適した合成金属絶縁層である。

【0034】

第2分離層は金属層である。

【0035】

有利には、第2分離層の表面抵抗は第1分離層の表面抵抗より十分に低い。

【0036】

第2分離層は局所的に電流を制限するのに適した合成金属絶縁層である。

【0037】

磁気抵抗センサは、第1反強磁性結合層を第1および第2の磁気副層でサンドイッチ構造に含み、第1磁気副層の磁化は第1反強磁性層によって固定され、第2磁気副層は第1ピン層を構成する第1合成フェリ磁性層を備えるものであってもよい。

20

【0038】

第1分離層はMgOからなる。

【0039】

第1合成フェリ磁性層はCoFe/Ru/CoFeからなるものであってもよく、第1および第2のCoFe磁気副層は1.5nmから4nmの厚さを有し、第1のRu反強磁性結合副層は0.5nmから1nmの厚さを有する。

【0040】

あるいは、第1合成フェリ磁性層はCoFe/Ru/CoFeB又はCoFe/Ru/CoFeからなるものであってもよく、第1のCoFe磁気副層は1.5nmから4nmの厚さを有し、第1のRu反強磁性副層は0.5nmから1nmの厚さを有し、第2の磁気副層は1.5nmから5nmの厚さを有する面心立方格子構造のCoFeB合金又はCoFe合金からなる。

30

【0041】

第1の磁化を固定する層は、PtMn、PtPdMn又はIrMn (例えば15nmから25nmの厚さを有するPtMn) からなるものであってもよい。

【0042】

高感度層はCoFe合金、特にCo<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>からなるものであってもよい。

40

【0043】

あるいは、高感度層は、二つの副層からなるものであってもよく、一方の副層は第1分離層と直接界面している0.5nmから1.5nmの総厚を有するCo又はCoFe合金であり、他方の副層は約2nmから4nmの厚さを有するNiFeである。

【0044】

第2分離層は2nmから5nmの厚さを有するCuからなるものであってもよい。

【0045】

磁気抵抗センサは、第2合成フェリ磁性層を備えるものであってもよく、第2合成フェリ磁性層は、第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなり、第4の磁気副層は第2反強磁性層によって磁化が固定されており、第3磁気副層は

50

第2ピン層を構成する。

【0046】

第2の磁化を固定する反強磁性層は、5nmから10nmの厚さを有する $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ からなる。

【0047】

第2合成フェリ磁性層は、第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなるものであってもよく、第4の磁気副層は硬質磁性物質の層によって磁化が固定されており、第3磁気層は第2ピン層を構成する。

【0048】

硬質磁性物質は、CoとCrとを基にした合金であつてもよい。

10

【0049】

あるいは、第2ピン層は2nmから7nmの厚さを有する $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ からなるものであつてもよい。

【0050】

更に他にも、第2ピン層はCoFeCu合金又はCoFeAg合金からなるものであつてもよい。

【0051】

最後に、第2ピン層は多重積層( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  1nm / Cu 0.3nm)又はCoFe/NiFeの二重層からなるものであつてもよい。

【0052】

有利には、第1ピン層は、第1ブロッキング温度を有する第1反強磁性層によって第1方向に磁化が固定され、第2ピン層は、第1とは異なる第2のブロッキング温度を有する第2反強磁性層によって第2方向に磁化が固定される。

20

【0053】

本発明は、以下のような磁気抵抗センサの製造方法によって定義することもできる。第1の磁化を固定させる反強磁性層、第1ピン層、第1分離層、高感度層、第2分離層、第2ピン層、第2の磁化を固定させる反強磁性層を電極上に連続して堆積し、さらに：

【0054】

第1ブロッキング温度が第2ブロッキング温度より高い場合、当該層を前記第1方向に配向した磁場でアニールし、温度を第2ブロッキング温度まで下げ、磁場を前記第2方向に配向し、温度を外気温まで下げる；

30

【0055】

第2ブロッキング温度が第1ブロッキング温度より高い場合、当該層を前記第2方向に配向した磁場でアニールし、温度を第1ブロッキング温度まで下げら、磁場を前記第1方向に配向し、温度を外気温まで下げる。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】CPP構造を有するスピバルブを用いた従来の磁気抵抗センサの概略を示す。

【図2】図1の磁気抵抗センサの測定信号に影響を及ぼすノイズ密度を示す。

【図3】磁気層におけるスピン移動効果を概略的に示す。

40

【図4】本発明の一実施形態における磁気抵抗センサを概略的に示す。

【図5A】図4の磁気抵抗センサの磁気によるノイズを減らすための様々な事例を示す。

【図5B】図4の磁気抵抗センサの磁気によるノイズを減らすための様々な事例を示す。

【図5C】図4の磁気抵抗センサの磁気によるノイズを減らすための様々な事例を示す。

【図5D】図4の磁気抵抗センサの磁気によるノイズを減らすための様々な事例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0057】

添付図面を参照して本発明の好適な実施形態を示すことによって、本発明のその他の特徴および利点を明らかにする。

【0058】

50

本発明の基本的な概念は、磁気抵抗センサにおける磁気によるノイズを減らすためにスピン移動効果という効果を用いることである。

【0059】

スピン移動効果は1996年にCPP型のスピナルブにおいて予測されていた。その記述は特にL. Berger、Phys. Rev. B Vol. 54 No. 13 pp. 9353-9539、“Emission of spin waves by a magnetic multilayer traversed by a current”とJ.C. Slonczewski、Journal Magn. Magn. 159 (1996) L1-L7、“Current driven excitation of magnetic layers”に見られる。

10

【0060】

スピン移動効果は磁気抵抗効果の二重効果であると考えられている。磁気抵抗現象が磁気層の磁化に基づく電流を制御する役割を果たすのに対して、スピン移動効果は、スピン偏極電流からフリー磁化磁気層の磁化を調整する役割を果たす。より正確には、電流を磁気層に対して垂直に流す場合、この層の導電電子のスピンは、電子スピン偏極面の回転を表す局所的な磁化に対して平行に非常に急速に再配向される。この回転は磁気層の磁化角運動を変動させ、結果としてこの層の磁気トルクとなる。

【0061】

図3はスピン移動効果を示す。Jはp方向にスピン偏極した電流を示し、pは当該偏極に配向された単位ベクトルである。この電流は磁化Mを伴って磁気層を流れる。

20

【0062】

これは磁気力学において支配的な以下の方程式によって証明される(Slonczewski項によって補正されたLandau、Lifschitz、Gilbert又はLLG方程式)：

【0063】

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\gamma(\mathbf{M} \times \mathbf{H}) + \gamma \frac{a_j(\theta)}{M_s} \mathbf{M} \times (\mathbf{M} \times \mathbf{p}) + \frac{\alpha}{M_s} \mathbf{M} \times \frac{d\mathbf{M}}{dt} \quad (1)$$

30

【0064】

ここで、Hは層における有効磁場、 $\gamma$ は磁気回転係数、 $\alpha$ は減衰係数(ギルバート係数と呼ばれている)、 $M_s$ は層の磁化飽和であり、そして

【0065】

$$a_j(\theta) = \frac{\hbar g(\theta)}{2e M_s \delta} j \quad (2)$$

【0066】

40

ここで、jはスピン偏極した電流密度、 $\delta$ は層の厚さ、 $g(\theta)$ は偏極方向pと層の磁化方向Mとの間の角度 $\theta$ に依存する効率因子、 $\hbar$ はプランク定数、そして、eは電子の電荷である。

【0067】

方程式(1)の右辺の第1項は、有効磁場Hにおける磁化前進トルクである。有効磁場とは、適用される外部場、減磁場および異方性磁場の合計である層の影響を受ける磁場をいう。第2項は、電流信号によってスピン偏極方向又はその反対方向に層の磁化を整列して配向する傾向があるスピン移動トルク $T_s$ を表す。そして、最終項は磁化運動の減衰に対

50

応する。

【 0 0 6 8 】

本発明をより良く理解するために、最初に図 1 に示すような従来の磁気抵抗構造におけるスピン移動効果を分析する。

【 0 0 6 9 】

スピン移動による磁化の変化を許す臨界電流密度  $j_c$  に関連する電流密度の値によって様々な型が生じる。

【 0 0 7 0 】

Li and Zhang, “Magnetization dynamics with a spin-transfer torque”, Physical Review B 68 024404 (2003) において、平面磁化物質のために、スピン

10

移動による磁化の変化は、方程式 (2) によって与えられる  $a_j^{critical}$  に対応する臨界電流密度

$j_c$  によって生じ、 $a_j^{critical} = \alpha (2\pi M_S + H_K)$  であり、 $H_K$  は当該磁気層の磁気異方性磁

場で、方程式 (1) に関して定義される他方の数である。CPP 電流構造の従来のスピントラップでは、典型的には、 $j_c$  は約数  $10^7 A/cm^2$  である。MgO を基にしたトンネル接合では、トンネルバリアを通過する電子が高スピン偏極であり、また低磁化かつ低ギルバート減衰である物質を使用するために、 $j_c$  は約  $10^6 A/cm$  という値まで低下する。

20

【 0 0 7 1 】

臨界密度の値  $j_c$  (概して  $j_c / 10$  より低い) の電流密度は非常に低いので、スピン偏極電流によって生じる磁気トルクが高感度層の磁化に作用するにはあまりにも弱く、スピン移動効果は実質的に微小である。

【 0 0 7 2 】

電流密度が約  $j_c$  から  $j_c$  よりわずかに低い範囲 (概して約数  $10^5 A/cm^2$  から数  $10^6 A/cm^2$ ) であるために、スピン移動による磁気切り替えの発生に十分な電流密度になるよりかなり前にスピン移動効果が認識可能になる。その効果は、一方ではスピン偏極と高感度層との各磁化配向に依存し、他方では電流の方向に依存する。

30

【 0 0 7 3 】

最初に、ピン層の磁化と高感度層の磁化とが平行であると仮定する。

【 0 0 7 4 】

電流が高感度層からピン層へ流れる場合、すなわち電子がピン層から高感度層へ移動する場合、電流はピン層の磁化に対する高感度層の磁化の平行配向を促進する。結論的に、スピン移動効果が高感度層の磁化を安定させ、当該層の磁気変動を減少させる効果を有することが理解される。このことは、図 2 の領域 (I) における磁気によるノイズの減少に帰着する。この運動領域は、FMR 共鳴線の周波数  $f_0$  と、その線のピークの中央の高さで測定される半値幅  $\Delta f$  とによって、電力表記で、振幅と周波数の均等な目盛りによって測定される周波数幅に対応する。より正確には、領域 I は、おおよそ下記の運動領域に対応するものとして定義することができる。

40

【 0 0 7 5 】

$$]0, \max(100MHz, f_0 - 3\Delta f)]$$

【 0 0 7 6 】

これらの磁気構造および電流方向条件のもと、スピン移動効果が方程式 (1) における減

50

衰数値を増加させることも示される。このことは、図2の領域(III)におけるFMR共鳴線の広幅化に反映される。これは、特に図2の領域IIと領域IIIとの境界線の近くにおけるFMR共鳴線の下部に対応する周波数幅の平均ノイズレベルの増加に対応する。

【0077】

電流がピン層から高感度層へ流れる場合、すなわち電子が高感度層からピン層へ移動する場合、電流はピン層に対する高感度層の磁化の反平行配向を促進する。物理的に、高感度層から出たピン層に対して反平行の偏極を有する電子は、前記層で反射され、再び相互作用するときに高感度層の磁化を反転させる傾向がある。これはスピン移動効果が高感度層の磁化を不安定にしてその変動を増加させることを明らかにする。これは図2の領域(I)における磁気によるノイズの増加に反映される。この型のスピン移動効果が方程式(1)におけるギルバート減衰係数の減少に等しいことも示される。これは図2の領域(III)におけるFMR共鳴線の収縮に反映され、また、特に図2の領域IIとIIIとの間の移行領域におけるこの線の下部に対応する周波数幅のノイズレベルの減少に相関的に反映される。そして、この移行領域は、おおよそ下記の運動領域によって定義することができる。

10

【0078】

$$\left] \max(100\text{MHz}, f_0 - 3\Delta f), f_0 - 1.5\Delta f \right]$$

20

【0079】

電流が高感度層からピン層へ流れる場合におけるスピン移動存在下のノイズ密度曲線を図2に示す。典型的ノイズ曲線は、高感度層とピン層との磁化がそれぞれ平行および反平行

配向である状況について、それぞれ $\rho_{par}$  および $\rho_{par}^-$ で示される。電流がピン層から高感

度層へ流れる場合は、曲線 $\rho_{par}$  と $\rho_{par}^-$  とが入れ替わる。

30

【0080】

いま、ピン層と高感度層との各磁化が反平行であると仮定する。

【0081】

以下のように、上述した結論とは反対の結論となる。

【0082】

より正確には、電流が高感度層からピン層へ流れる場合、スピン移動効果は、図2の領域(I)における磁気によるノイズおよび領域(III)における共鳴線の収縮を増加させる結果、磁気層を不安定にしながらか高感度層の磁化をピン層に対して平行に戻す傾向がある。

40

【0083】

他方で、電流がピン層から高感度層へ流れる場合、スピン移動効果は、図2の領域(I)における磁気によるノイズおよび領域(III)における共鳴線広幅化を減少させる結果、高感度層の磁化を安定させ、高感度層のピン層に対する磁化の反平行配向を補強する傾向がある。

【0084】

本発明では、磁気ノイズは、磁気抵抗構造(CPPスピンバルブ又はMTJ接合)に次に述べる特定の方向に磁化が配向された第2ピン層を加えることによるスピン移動によって制御される。第2ピン層は、高感度層を通過する電流をスピン偏極させる役割を果たし、第2ピン層の磁化配向を適切に選択することによって、そこで生じる磁気変動密度および

50

その結果である磁気によるノイズ振幅のもとで動作させる役割を果たす。

【0085】

図4は、発明の一実施形態におけるセンサの構造を表す。

【0086】

センサ400は、一方で磁場測定領域を固定し、他方で直流を入力して測定電圧を回復する2枚の金属スクリーン401と402とからなる。

【0087】

先行技術と同様に、そのセンサは、磁化が反強磁性層（図示せず）によって固定されている第1磁気層410と、高感度層を構成するフリー磁化磁気層430とを備える。第1非磁性分離層420は、2つの磁気層を分離する役割を果たす。分離層は、スピバルブの場合のように金属層（典型的にはCu）であってもよい。分離層は、電流を制限することによってセンサのCPP抵抗を増加させるために金属経路で穿孔された非連続的な酸化物層からなるものであってもよい（confined current path；電流制限構造と呼ばれる構造）。最後に、この分離層は、磁気トンネル接合の場合のように、微細な半導体又は絶縁体の層（例えばアルミナ又はMgO）からなるものであってもよい。

【0088】

反強磁性層は、IrMn合金、PtMn合金、PtPdMn合金からなるものでもよい。次に示すように、ピン層は、例えば、3nmのCoFeの単層又は合成反強磁性構造CoFe/Ru/CoFeから部分的に作られたものである。

【0089】

第1のピン磁気層410の磁化は、測定磁場方向に対して実質的に平行である一定の方向に配向されている。適用磁場がない場合、フリー磁化磁気層はその面内に第1層の磁化に対して実質的に垂直な磁化を有する。この垂直配向は磁気抵抗素子の両側に位置する一対の側部の永久磁石（例えばCoCr合金からなる）を用いてバイアス磁場を適用することによって得られる。あるいは、これがトンネル接合素子である場合には、フリー層の磁化の垂直配向は、トンネル接合および電流を流す役割をする金属スクリーンとの間の積層（積層バイアス）に位置する永久磁石層によって得られる。永久磁石層の磁化は、ピン層に対して垂直となるように層の平面で選択される。永久磁石層から生じる磁場は、トンネル接合のフリー層を通して部分的に閉鎖されることによって、フリー層を所望の方向に偏極させる。

【0090】

高感度層の垂直偏極の選択は、センサのリニアな応答を得るのに役立ち、スピバルブ又はトンネル接合の磁気抵抗は、高感度層とピン層との間の磁化方向の角度の余弦によって変化する。

【0091】

先行技術とは異なり、センサ400は、第2非磁性分離層440によってフリー層430から磁気的に分離された第2ピン磁気層450から更になる。第2分離層は、好ましくは導電層（例えば金属層）である。トンネルバリアを形成している絶縁薄層又は電流路を制限するために金属経路で穿孔された非連続的な酸化物層であってもよい。

【0092】

次に示すように、センサが周波数領域IあるいはFMR共鳴線（図2参照）の下部付近の領域IIとIIIとの境界で動作するかどうかによって、高感度層の磁気変動を減少又は増加させるように第2磁気層の磁化配向が選択される。高感度層の磁化は、実際に2つのピン磁気層によってスピン移動の複合効果を受ける。

【0093】

最初に、磁気抵抗センサが図2に関して前記で定義された領域（I）の周波数領域で動作すると仮定する。

【0094】

第1ピン層から第2ピン層へ電流が流れる場合については図5Aに、それと反対方向へ電流が流れる場合については図5Bに、磁気ノイズを減少させる役割を果たす構成の分解図

10

20

30

40

50

を示す。

【0095】

適用される外部場がない場合、フリー層の磁化方向は、図の中の $M_0$ で示すように第1ピン層に対して実質的に垂直である。第1ピン層による高感度層の磁化に対するスピン移動効果は、平行構造と反平行構造との間の中間であり、安定化作用と不安定化作用とを有する。この第2ピン層の磁化配向は、不安定化作用を減少させ、安定化作用を補強するように選択される。

【0096】

電流 $j$ が第1ピン層から第2ピン層へ流れる場合、すなわち電子が第2ピン層から第1ピン層へ移動する場合、図5Aで示されるように、 $\theta_2$ で示される第2ピン層の磁化方向は、 $\theta_1$ で示される第1ピン層の磁化方向と、外部磁場がない場合の高感度層の磁化方向との中間方向（極限值を含む）に沿った配向が選択される。換言すれば、第2ピン層の磁化方向は、第1ピン層の磁化方向と外部磁場がない場合の高感度層の磁化方向とによって定義される象限 $Q$ に位置づけられ、その象限の極限值が許容されている。

10

【0097】

反対に、電流 $j$ が第2ピン層から第1ピン層へ流れる場合、すなわち電子が第1ピン層から第2ピン層へ移動する場合、図5Bで示されるように、 $\theta_2$ で示される第2ピン層の磁化方向は、 $\theta_1$ で示される第1ピン層の磁化方向と、外部磁場がない場合の高感度層の磁化の反対方向との中間方向（極限值を含む）に沿った配向が選択される。換言すれば、第2ピン層の磁化方向は、第1ピン層の磁化方向と外部磁場がない場合の高感度層の磁化の反対方向とによって定義される象限に位置づけられ、その象限の極限值が許容されている。

20

【0098】

図5A又は5Bの場合、第1ピン層のスピン移動効果による不安定化作用は、第1ピン層の磁化に対して平行な第2ピン層の磁化構造による第2ピン層の安定化作用によって相殺される。さらに、高感度層のゼロ磁場における磁化に対して平行又は反平行（電流方向による）である第2ピン層の磁化構造のために、ピン層の磁化が高感度層の磁化に安定化作用を及ぼす。

【0099】

したがって、電流の方向による図5Aと5Bとの構成が、領域(I)の周波数領域で動作するセンサの磁気によるノイズを減らす役割をすることが理解できる。最後に、象限の範囲内における第2ピン層の好適な磁化配向の選択は、第1および第2ピン層にそれぞれ起因する高感度層内のスピン移動効果を大きくし、それによって所望の安定レベルに調整する役割を果たす。この配向は、第1および第2ピン層に関するSlonczewski項（方程式(2)参照）における前因子 $a_j$ （ $\theta_j$ ）の相対的な振幅によって決定される。この前因子は、これらの各層から出る電流の偏極化に比例する。 $\theta_1$ に対する $\theta_2$ の相対的な角度は好ましくは経験的に決定される。

30

【0100】

いま、磁気抵抗センサが、上述のようにFMR共鳴ピークの下部にある図2の領域IIとIIIとの間の移行周波数領域で動作すると仮定する。

40

【0101】

電流が第1ピン層から第2ピン層に流れる場合における磁気ノイズの減少に役立つ構成を図5Cに示し、電流が反対方向に流れる場合における構成を図5Dに示す。

【0102】

電流が第1ピン層から第2ピン層に流れる場合、すなわち電子が第2ピン層から第1ピン層へ移動する場合、第2ピン層の磁化方向は、図5Cで示すように第1ピン層の磁化の反対方向と、外部磁場がない場合の高感度層の磁化の反対方向との中間方向（極限值を含む）の配向が選択される。換言すれば、第2ピン層の磁化方向は、第1ピン層の磁化の反対方向と外部磁場がない場合の高感度層の磁化の反対方向とによって定義されるその象限 $Q$ に位置づけられ、象限の極限值が許容されている。

50

## 【0103】

他方で、電流が第2ピン層から第1ピン層に流れる場合、すなわち電子が第1ピン層から第2ピン層へ移動する場合、第2ピン層の磁化方向は、図5Dで示すように、第1ピン層の磁化の反対方向と、外部磁場がない場合の高感度層の磁化方向との中間方向（極限值を含む）の配向が選択される。換言すれば、第2ピン層の磁化方向は、第1ピン層の磁化の反対方向と外部磁場がない場合の高感度層の磁化方向とによって定義されるその象限Qに位置づけられ、象限の極限值が許容されている。

## 【0104】

図5C又は5Dの場合、スピン移動効果による2つのピン層の不安定化作用が累積される。

10

## 【0105】

不安定化作用の蓄積は、高感度層(1)の磁化の動的な方程式に含まれる減衰係数の減少を引き起こし、結果的に、FMR共鳴線の縮小およびFMR共鳴の下部において対応する周波数幅のノイズレベルの低下をも引き起こす。

## 【0106】

このことは、電流の方向による図5Cと5Dの構成が、なぜ前記周波数領域で動作するセンサの磁気によるノイズを減らす役割をするのかを説明する。

## 【0107】

本発明のセンサの磁気抵抗に関しては、以下のような2つの一連のサンドイッチ構造の磁気抵抗素子に由来するものが第1の近似値であると考えられる：

20

## 【0108】

- 第1サンドイッチ構造は、第1ピン磁気層410と第1分離層420と高感度磁気層430とからなり、

## 【0109】

- 第2サンドイッチ構造は、高感度磁気層430と第2分離層440と第2ピン磁気層450とからなる。

## 【0110】

これらの2つのサンドイッチ構造の連続した抵抗が第1の近似値であると考えられる。このように、積層全体の磁気抵抗はこれらの2つの抵抗の相対的なウェイトによってウェイトづけられる。センサのリニアリティのために、磁気抵抗は、ゼロ磁場における高感度層とピン層との磁化配向が互いに実質的に90°である第1サンドイッチ構造から主に生じることが好ましい。したがって、第2分離層は導電層（例えば低抵抗の金属層）であることが好ましい。他方で、第1分離層はトンネルバリアを形成する絶縁薄層又は金属路が局所的に電流を制限するように設定された非連続的な絶縁層であることが好ましい。このように、磁気抵抗は前記第1構造によって基本的に決定される。

30

## 【0111】

第1分離層は、金属層であってもよい。しかしながら、この場合、第1および第2の磁気抵抗サンドイッチ構造の抵抗のウェイトは同程度である。これら2つが貢献する磁気抵抗の相加作用が生じるためには、図5Aと5Bとに例示される事態（2つのピン層の磁化間の抵抗角度は90°以下）の発生を確実にすることが好ましい。

40

## 【0112】

本発明の磁気抵抗センサは、以下のように製造することができる。

## 【0113】

最初の工程は、電流の入力電極（例えば測定領域を固定する金属スクリーンのうちの1枚）の上に位置する非磁性バッファ層の堆積であることが好ましい。このバッファ層は構造の成長を促進する目的を有し、例えば5nmのNiFeCrからなるものであってもよい。続いて以下の工程が実施される：

## 【0114】

(a) 例えばPtMn、PtPdMnあるいはIrMn、より好ましくは厚さ15nmから25nmのPtMnからなる第1の磁化を固定させる反強磁性層の後、以下の(b1

50

)又は(b2)のいずれか1つの選択肢:

【0115】

(b1)反強磁性層(例えばCoFe合金の層)に直接接し、典型的には2nmから5nmの厚さを有するCoリッチな磁気単層。この単層は、本発明にかかるセンサの第1ピン磁気層を構成する;又は、

【0116】

(b2)以下から構成される人工合成フェリ磁性層:

【0117】

反強磁性層(例えば典型的には1.5nmから4nmの厚さを有するCoリッチなCoFe合金の層)に接する第1ピン副層;

【0118】

典型的には0.5nmから1nmの厚さを有するRu反強磁性結合層;

【0119】

本発明のセンサの第1ピン磁気層を構成する第2ピン副層。この第2ピン副層は、次層(第1分離層)が金属又は絶縁体で金属路が局所的に電流を制限するように設定されたものである場合には、典型的には1.5nmから4nmの厚さを有するCoリッチなCoFeであってもよい。また、次層がMgOのような面心立方格子構造を有し、典型的には1.5nmから5nmの厚さを有する絶縁体である場合には、第2ピン副層は面心立方格子構造を有するCoFeB又はCoFeであってもよい;

【0120】

(c)本発明のセンサの分離層を構成している非磁性層。すでに述べたように、非磁性層は、トンネルバリアを形成するためには絶縁体(例えばアルミナ又はMgO又はTiO<sub>x</sub>からなる)であることが好ましい。また、スピナルブを製造するためには金属(例えばCuからなる)であってもよい。最後に、電流制限構造を製造するためには絶縁体と金属との複合層であってもよい;

【0121】

(d)本発明のセンサのフリー(又は高感度)層を構成する、CoリッチなCoFe合金、特にCo<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>からなる層。この層は、2つの副層の組合せからなる層で代替してもよく、一方の副層は0.5から1.5nmの厚さを有し第1分離層に直接接するCo又はCoFe合金からなり、他方の副層は前層の磁気の柔軟性を増加させるために1.5nmから4nmの厚さを有するNiFeからなる。NiFeと第2分離層との間の相互拡散作用を避けるために、第2分離層との界面に、例えばCo又はCoFe合金からなる0.5nmから1.5nmの厚さを有する第3副層を最初の2つに加えることも可能である。

【0122】

しかしながら、第1の下方の分離層が面心立方格子構造のMgOである場合、同じ構造又はアニールされた非晶質CoFeB合金からなるCoFe合金を用いることが好ましい。それによって界面における格子構造の不適切な組合せが回避される;

【0123】

(e)本発明のセンサの第2分離層を構成する非磁性層。非磁性層は、典型的には約2nmから5nmの厚さを有するCuの金属層であることが好ましい。この金属層は例えばAu、Zr、Hf、Rhのような他の物質からなるものであってもよい。この層は高感度磁気層と第2ピン磁気層との間の磁気脱共役を確実にするために十分に厚くしなければならず、その一方で、この厚さが読出ヘッドの分解能を決定するので、センサの総厚が極端に増加しないようにできるだけ薄くしなければならない;

【0124】

(f)本発明のセンサの第2ピン磁気層を構成する磁気層。この層は、電流をスピン偏極させることが可能でなければならない。好ましくは、その容積中および/又はその界面で、その磁化に対して平行および反平行のスピン電流を非対称とするために十分に強いスピン拡散又はスピン移動効果を有する素材が選択される。

【0125】

10

20

30

40

50

第1の選択肢によれば、層厚を最小化するために、短いスピン拡散長を有する物質が選択される。実際に、電流のスピン偏極は、典型的にはスピン拡散長 $l_{SF}$ （金属の場合）の長さにおいて得られる。例えば300Kにおいて約5nmの $l_{SF}$ を有するパーマロイ（ $Ni_{80}Fe_{20}$ ）が用いられる。

【0126】

第2の変形例によれば、第1の変形例に置換又は補足して、この偏極を作るために界面におけるスピン拡散効果が用いられる。例えば、Co/Cu界面では電流が約30%減少することが知られている。この効果を利用し、また電流のスピン偏極を促進するために、この磁気層にCuの純粋層を挿入して積層とすることができる。

【0127】

第2ピン磁気層は、強磁性遷移金属（例えば、Co、Fe、Niに基づく合金、典型的には2nmから7nmの厚さを有する $Co_{90}Fe_{10}$ ）から製造することも可能であり、いくつかの層の積層（例えば積層多層（ $Co_{90}Fe_{10}$  1nm/Cu 0.3nm）<sub>3</sub>又はCoFe/NiFe積層又は異質な合金（例えばCoリッチなCoFeCu又はCoFeAg））からなるものであってもよい。磁気抵抗素子がトンネル接合又は電流制限構造である場合、より高抵抗は物質（例えば高スピン偏極を引き起こす磁気酸化物（例えば磁鉄鉱））を使用することも可能である。

【0128】

最後に、第2ピン磁気層は合成フェリ磁性合成層の一部を形成するものであってもよく、そのスピンを改善し、柔軟層の磁化において、その放射界の影響を減少させる役割を果たす；

【0129】

(g) 第2のピン反強磁性層（例えば典型的には5nmから10nmの厚さを有する $Ir_{20}Mn_{80}$ ）。その層はPtMnのブロッキング温度（ $\sim 300^\circ C$ ）より低い、約 $200^\circ C$ のブロッキング温度を有する。第1ピン層の磁化方向を第1の方向に配向するために、また第2ピン層の磁化方向を第2の方向に配向するために、第1の方向に配向された磁場の下で $300^\circ C$ で第1のアニールを行うことができ、同じ場所でその構造を $200^\circ C$ まで冷やすことができる。その後第2の方向に配向された磁場が適用され、温度は周囲温度まで下げられる。

【0130】

2つの反強磁性物質が異なるブロッキング温度を有し、利用可能である限り、この処置は通常続いて行われる。 $t_1$ （又は $t_2$ ）を、第1（又は第2）ピン反強磁性層のブロッキング温度とする。仮に $t_1 > t_2$ である場合、当該層を第1ピン層の所望の磁化方向に配向した磁場の下で、 $t_1$ でアニールし、その後温度を $t_2$ まで下げ、第2ピン層の磁化が所望の方向に配向され、温度を周囲温度まで下げる。仮に $t_1 < t_2$ である場合は、反対の処置が続く：当該層は、前記第2の方向に配向された磁場の下で、 $t_2$ でアニールされた後 $t_1$ まで下げられ、磁場が前記第1の方向に配向され、温度は周囲温度まで下げられる。

【0131】

ある変形例によれば、第2ピン層は例えばCoCrのような硬磁性物質の層であってもよい。この場合、この層の磁化方向は、所望の方向に磁化を飽和させることができる強磁場を適用することによって確立することができる。

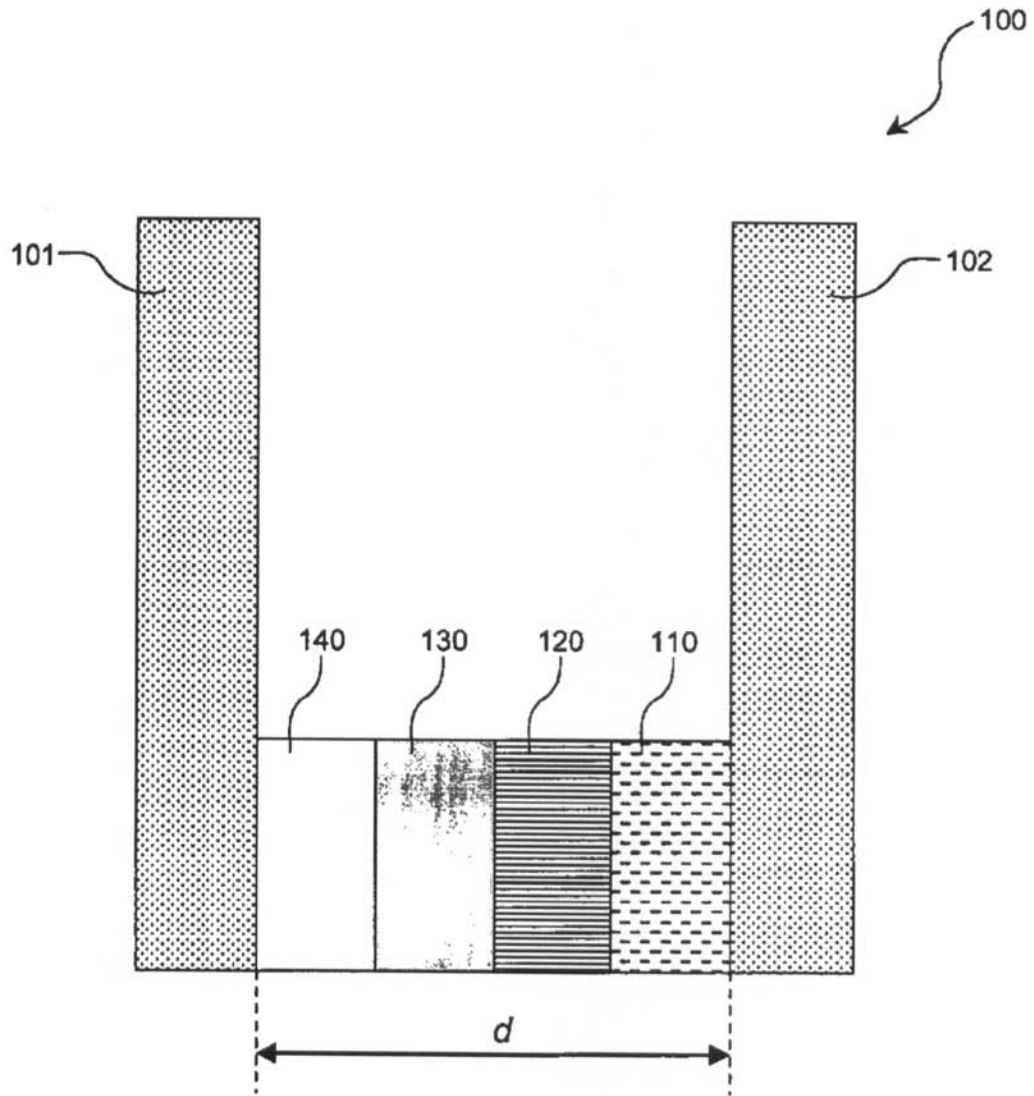
10

20

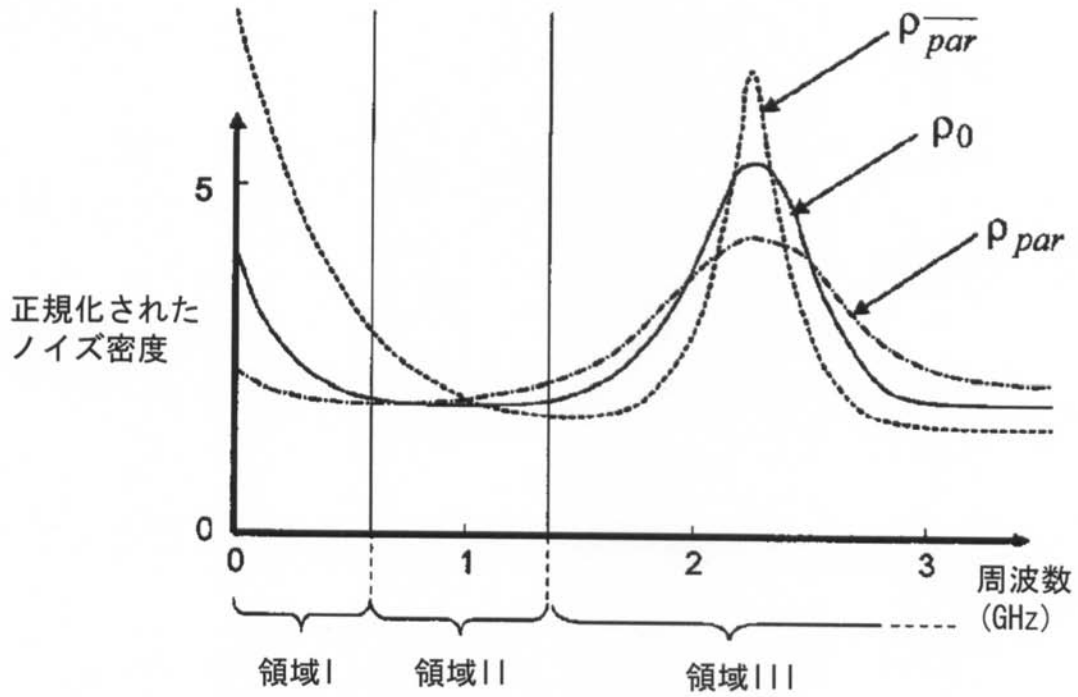
30

40

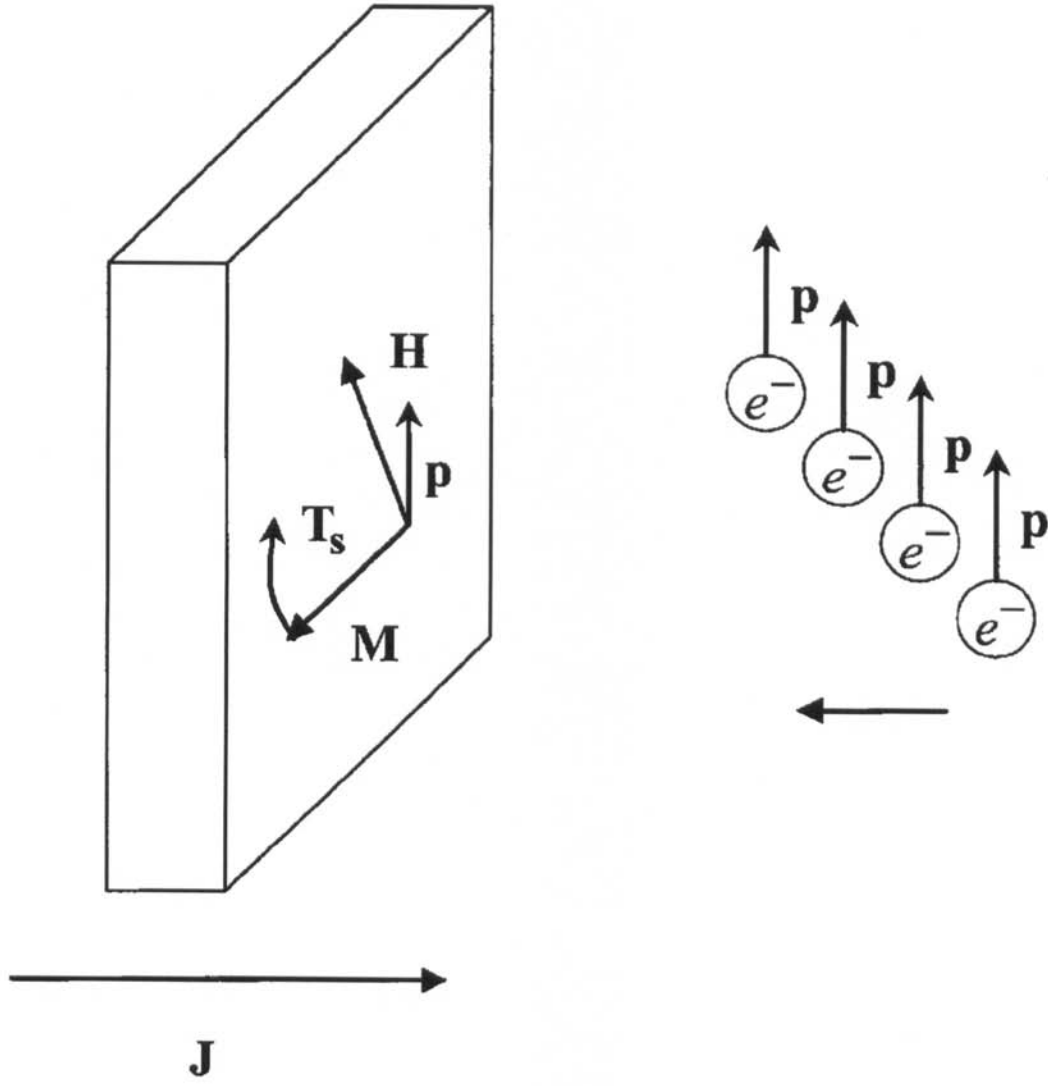
【 図 1 】



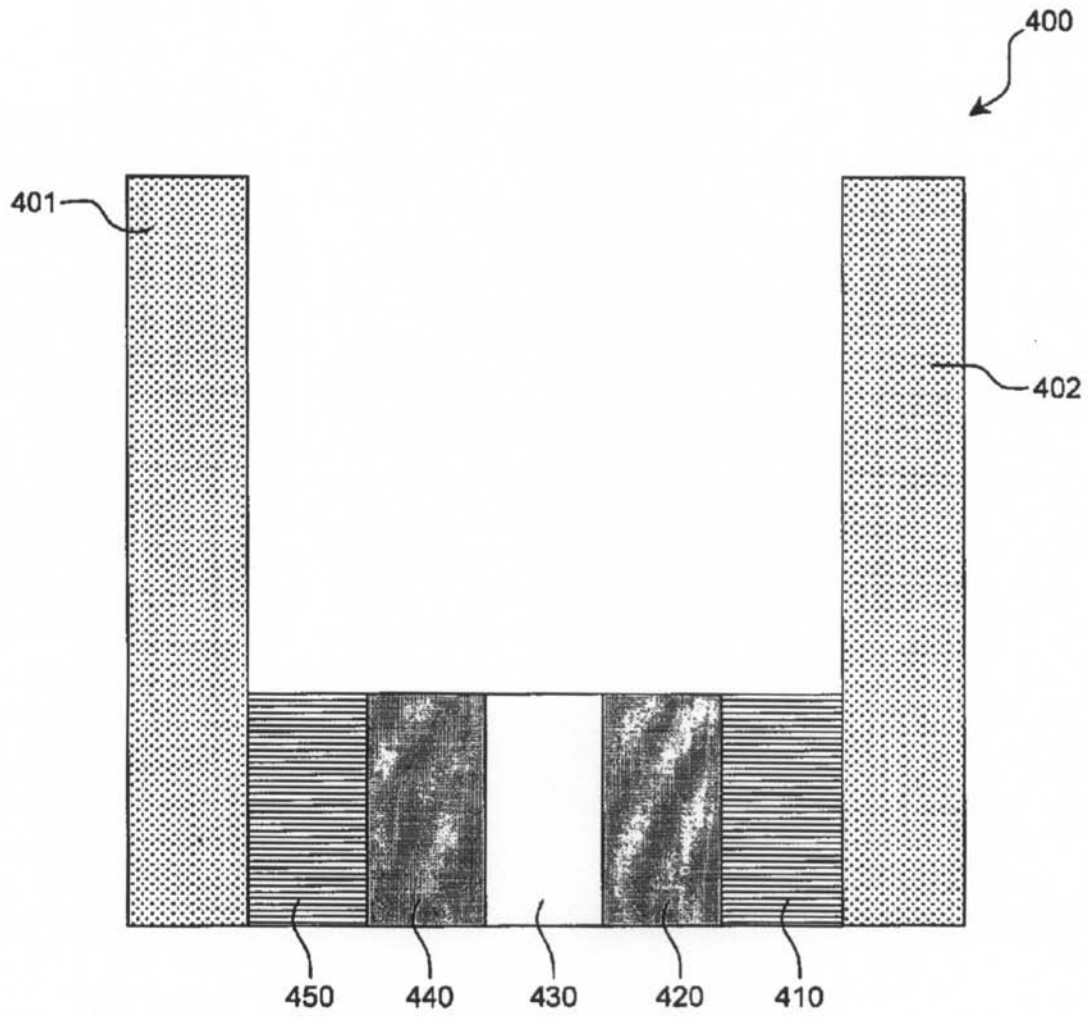
【 図 2 】



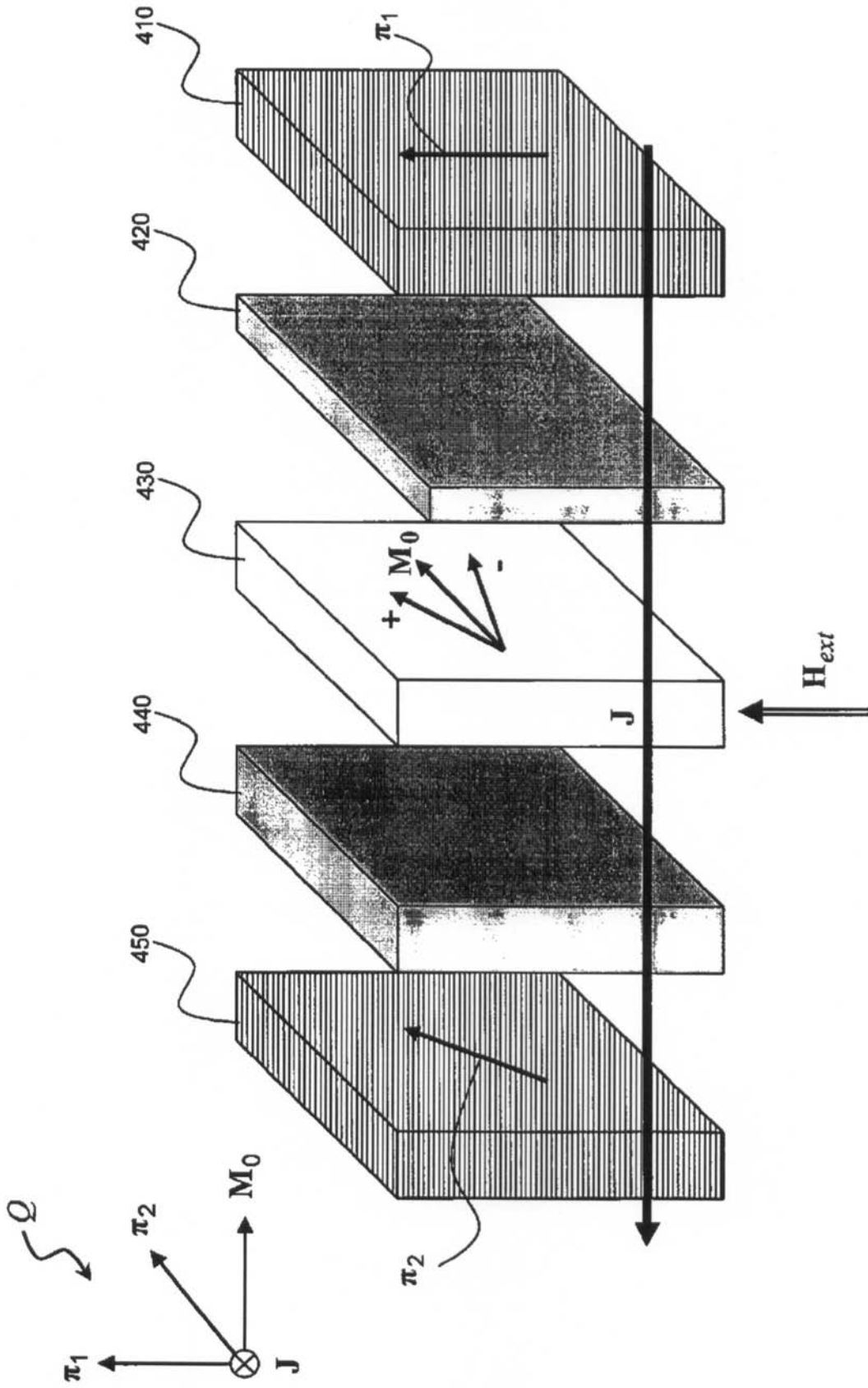
【 図 3 】



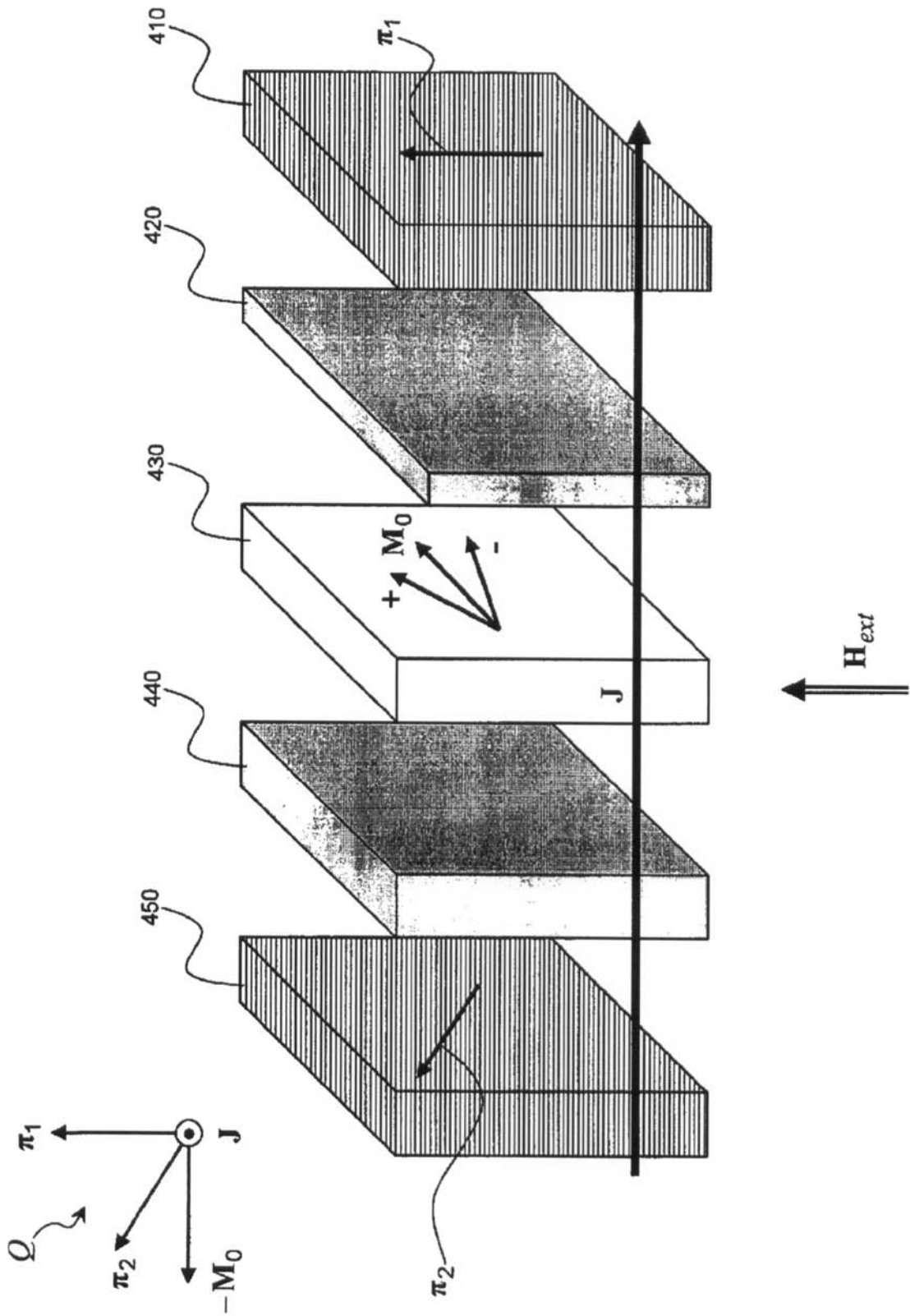
【 図 4 】



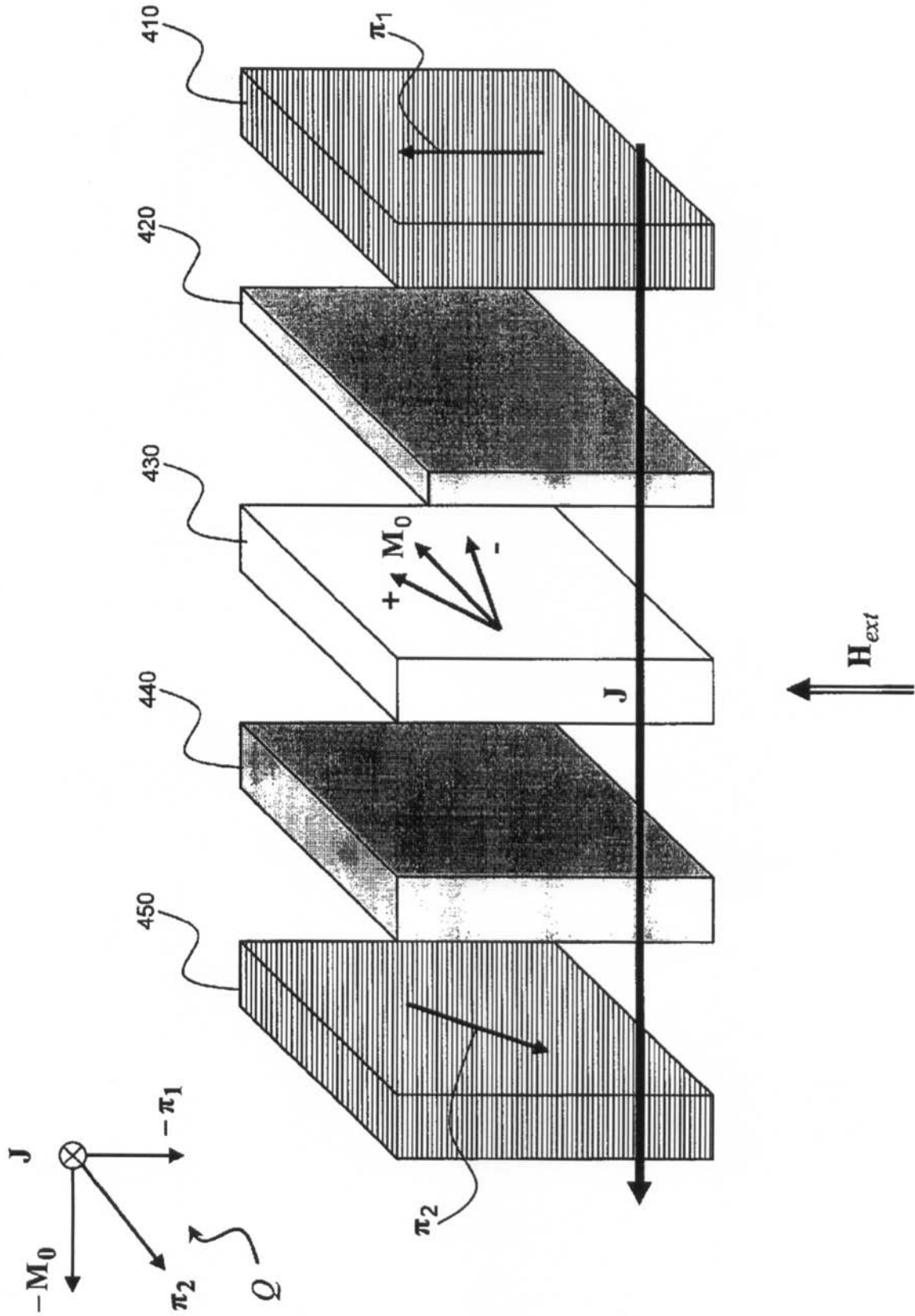
【図 5 A】



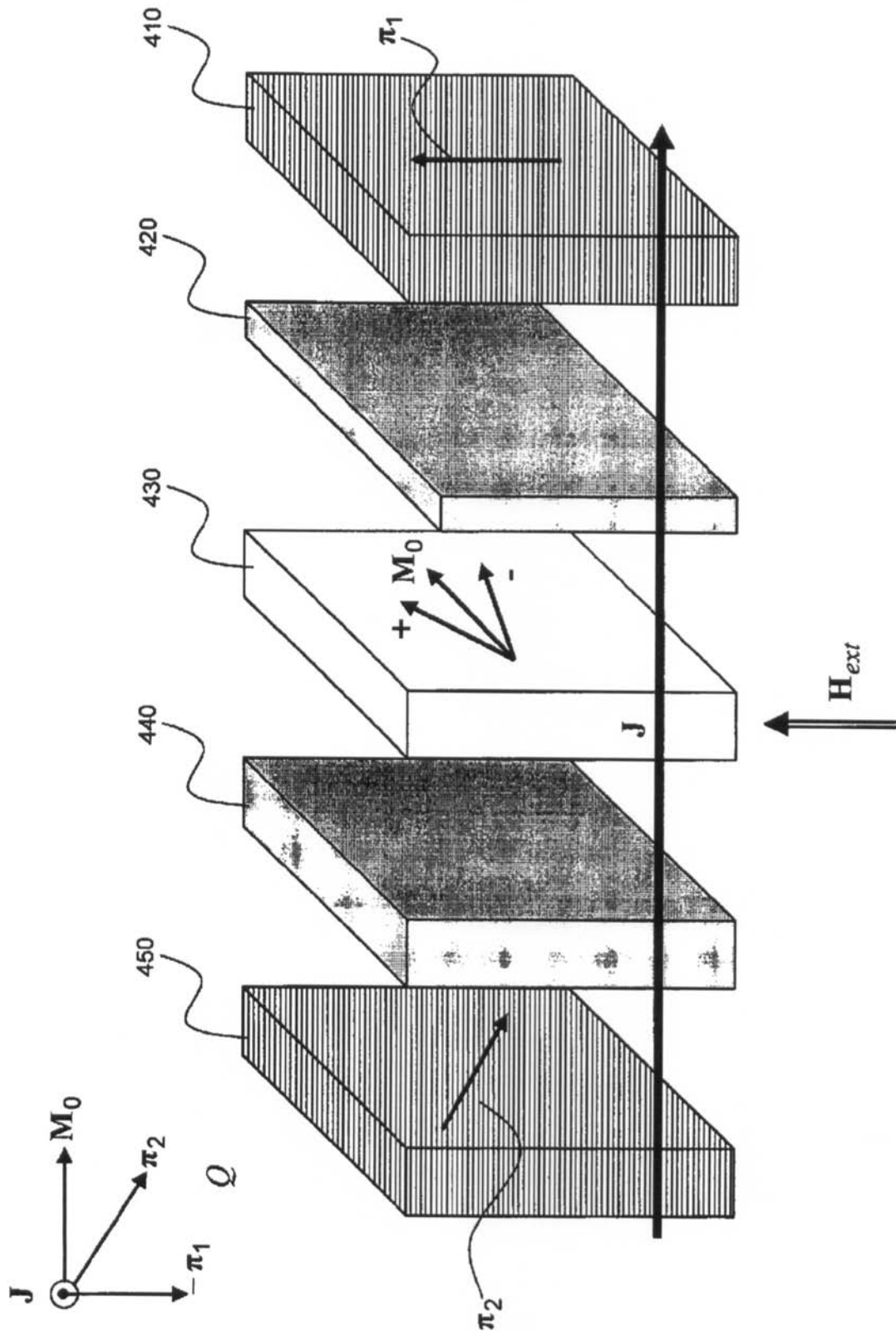
【 図 5 B 】



【図5C】



【図 5 D】



【手続補正書】

【提出日】平成20年11月7日(2008.11.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ピン層である第1の磁化が固定された磁気層(410)と、磁気脱共役のために第1の分離層(420)によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層(430)とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第2の分離層(440)によって前記高感度層から分離されている第2ピン層である第2の磁化が固定された磁気層(450)を更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第1ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第1ピン層から前記第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第2ピン層の磁化方向( $\theta_2$ )は前記第1ピン層の磁化方向( $\theta_1$ )と前記高感度層の磁化方向( $M_0$ )との中間方向に配向され、外部磁場がない場合に前記高感度層の磁化を安定させるために、外部磁場がない場合に前記第2ピン層の磁化が前記高感度層の磁化に対して平行な部分を有している磁気抵抗センサ。

## 【請求項2】

ピン層である第1の磁化が固定された磁気層(410)と、磁気脱共役のために第1の分離層(420)によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層(430)とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第2の分離層(440)によって前記高感度層から分離されている第2ピン層である第2の磁化が固定された磁気層(450)を更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第1ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第1ピン層から前記第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第2ピン層の磁化方向( $\theta_2$ )は前記第1ピン層の磁化方向( $\theta_1$ )と前記高感度層の磁化方向( $M_0$ )の反対方向との中間方向に配向され、外部磁場がない場合に前記高感度層の磁化を安定させるために、外部磁場がない場合に前記第2ピン層の磁化が前記高感度層の磁化に対して部分的に平行な部分を有している磁気抵抗センサ。

## 【請求項3】

ピン層である第1の磁化が固定された磁気層(410)と、磁気脱共役のために第1の分離層(420)によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層(430)とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第2の分離層(440)によって前記高感度層から分離されている第2ピン層である第2の磁化が固定された磁気層(450)を更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第1ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第1ピン層から前記第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第2ピン層の磁化方向( $\theta_2$ )は前記第1ピン層の磁化方向( $\theta_1$ )の反対方向と前記高感度層の磁化方向( $M_0$ )の反対方向との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

## 【請求項4】

ピン層である第1の磁化が固定された磁気層(410)と、磁気脱共役のために第1の分離層(420)によって分離されている高感度層である第2のフリー磁化磁気層(430)とを備える磁気抵抗センサであって、磁気脱共役のために第2の分離層(440)によって前記高感度層から分離されている第2ピン層である第2の磁化が固定された磁気層(450)を更に備え、前記第1および第2の分離層は前記高感度層の両側に位置し、外部磁場がない場合、前記第1ピン層と前記高感度層との各磁化方向は実質的に垂直であり、前記センサは前記第1ピン層から前記第2ピン層に向かって連続的な直流を流すのに適し、前記第2ピン層の磁化方向( $\theta_2$ )は前記第1ピン層の磁化方向( $\theta_1$ )の反対方向と前記高感度層の磁化方向( $M_0$ )との中間方向に配向され、外部磁場がない場合には極限配向が許容されている磁気抵抗センサ。

## 【請求項5】

前記高感度層/前記第1分離層/前記第1ピン層の積層の電気抵抗が、前記高感度層/前

記第 2 分離層 / 前記第 2 ピン層の電気抵抗より実質的に高い前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 6】

前記第 1 分離層がトンネルバリアを形成する絶縁薄層である前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 7】

前記第 1 分離層が金属層である請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 8】

第 1 分離層が局所的に電流を制限することに適した合成金属 - 絶縁層である請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 9】

前記第 2 分離層が金属層である前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 10】

前記第 2 分離層の表面抵抗が前記第 1 分離層より実質的に低い請求項 7 又は 9 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 11】

前記第 2 分離層が局所的に電流を制限することに適した合成金属 - 絶縁層である請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 12】

第 1 および第 2 磁気副層が第 1 の反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第 1 合成フェリ磁性層を備え、前記第 1 の磁気副層は第 1 反強磁性層によって磁化が固定され、前記第 2 の磁気副層は前記第 1 ピン層を構成する前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 13】

前記第 1 分離層がアルミナからなる請求項 6 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 14】

前記第 1 分離層が MgO からなる請求項 6 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 15】

前記第 1 の合成フェリ磁性磁気層が CoFe / Ru / CoFe であり、前記第 1 および第 2 の CoFe 磁気副層が 1.5 nm から 4 nm の厚さを有し、前記第 1 の Ru 反強磁性結合副層が 0.5 nm から 1 nm の厚さを有する請求項 12 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 16】

前記第 1 の合成フェリ磁性層が CoFe / Ru / CoFeB 又は CoFe / Ru / CoFe であり、前記第 1 の CoFe 磁気副層が 1.5 nm から 4 nm の厚さを有し、前記第 1 の Ru 反強磁性副層が 0.5 nm から 1 nm の厚さを有し、前記第 2 の磁気副層が 1.5 nm から 5 nm の厚さを有する面心立方格子構造の CoFeB 合金又は CoFe 合金からなる請求項 12 又は 14 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 17】

前記第 1 ピン層が PtMn、PtPdMn 又は IrMn からなる請求項 12、15、16 のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 18】

前記第 1 ピン層が 1.5 nm から 2.5 nm の厚さを有する PtMn からなる請求項 17 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 19】

前記高感度層が CoFe 合金、特に Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> からなる前請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 20】

前記高感受性層が 2 つの副層からなり、一方は前記第 1 分離層に直接接する 0.5 nm から 1.5 nm の厚さを有する Co または CoFe 合金からなり、他方は約 2 nm から 4 n

mの厚さを有するNiFeからなる請求項1乃至18のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項21】

前記第2分離層が2nmから5nmの厚さを有するCuからなる請求項9記載の磁気抵抗センサ。

【請求項22】

第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなり、前記第4の磁気副層は前記第2の反強磁性層によって磁化が固定されており、前記第3の磁気副層は前記第2ピン層からなる第2の合成フェリ磁性層を備える前記請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項23】

前記第2反強磁性層が5nmから10nmの厚さを有するIr<sub>20</sub>Mn<sub>80</sub>からなる請求項22記載の磁気抵抗センサ。

【請求項24】

第2反強磁性結合層をサンドイッチ構造に含む第3および第4の磁気副層からなり、前記第4の磁気副層は硬磁性物質の層によって磁化が固定されており、前記第3の磁気副層は前記第2ピン層からなる第2の合成フェリ磁性層を備える請求項1から21のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項25】

前記硬磁性物質がCoとCrに基づく合金である請求項24記載の磁気抵抗センサ。

【請求項26】

前記第2ピン層が強磁性遷移金属、特にCo、Fe、Niに基づく合金からなる前記請求項のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項27】

前記第2ピン層が2nmから7nmの厚さを有するCo<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>からなる請求項26記載の磁気抵抗センサ。

【請求項28】

前記第2ピン層がCoFeCu合金またはCoFeAg合金からなる請求項1乃至25のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項29】

前記第2ピン層が積層多層(Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> 1nm/Cu 0.3nm)またはCoFe/NiFe二分子層である請求項1乃至25のいずれか一つに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項30】

前記第1ピン層の磁化が第1ブロッキング温度を有する第1反強磁性層によって第1の方向に固定され、前記第2ピン層の磁化が第1とは異なる第2ブロッキング温度を有する第2反強磁性層によって第2の方向に固定されている請求項1記載の磁気抵抗センサ。

【請求項31】

電極の上に前記第1反強磁性層、前記第1ピン層、前記第1分離層、前記高感度層、前記第2分離層、前記第2ピン層、前記第2反強磁性層を連続して堆積し、そこに：

- 前記第1ブロッキング温度が前記第2ブロッキング温度より高い場合、前記第1の方向に配向された磁場の下でアニールされ、前記温度は第2ブロッキング温度まで下げられ、前記磁場は前記第2の方向に配向され、前記温度は周囲温度まで下げられる；
- 前記第2ブロッキング温度が前記第1ブロッキング温度より高い場合、前記第2の方向に配向された磁場の下でアニールされ、前記温度は前記第1ブロッキング温度まで下げられ、前記磁場は前記第1の方向に配向され、前記温度は周囲温度まで下げられる

請求項30記載の磁気抵抗センサの製造方法。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/058701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01R33/09 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) G01R G11B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/041342 A1 (HUAI YIMING [US] ET AL) 24 February 2005 (2005-02-24)	1-7, 9, 12, 13, 15-29
Y	abstract; figures 4,6  paragraph [0047] - paragraph [0058] -----	1-4, 8, 11, 14, 30, 31
Y	US 6 888 742 B1 (NGUYEN PAUL P [US] ET AL) 3 May 2005 (2005-05-03) abstract; figures 4,5 column 18, line 24 - column 18, line 60 -----	1-4
Y	US 2005/280058 A1 (PAKALA MAHENDRA [US] ET AL) 22 December 2005 (2005-12-22) paragraph [0023] - paragraph [0038] -----	8, 11, 14, 30, 31
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> 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		*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
*E* earlier document but published on or after the international filing date		*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
*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)		*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.
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*G* document member of the same patent family
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search  4 août 2008	Date of mailing of the international search report  11/08/2008	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Böhm-Pélissier, A	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/058701

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HOUSSAMEDDINE D ET AL: "Spin-torque oscillator using a perpendicular polarizer and a planar free layer" NATURE MATERIALS NATURE PUBLISHING GROUP UK, vol. 6, no. 6, June 2007 (2007-06), pages 447-453, XP002479794 ISSN: 1476-1122 the whole document -----</p>	1-31

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/058701

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005041342	A1	24-02-2005	NONE
US 6888742	B1	03-05-2005	NONE
US 2005280058	A1	22-12-2005	NONE

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/058701

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b>		
INV. G01R33/09 G11B5/39		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01R G11B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2005/041342 A1 (HUAI YIMING [US] ET AL) 24 février 2005 (2005-02-24)	1-7,9, 12,13, 15-29
Y	abrégé; figures 4,6  alinéa [0047] - alinéa [0058]	1-4,8, 11,14, 30,31
Y	US 6 888 742 B1 (NGUYEN PAUL P [US] ET AL) 3 mai 2005 (2005-05-03) abrégé; figures 4,5 colonne 18, ligne 24 - colonne 18, ligne 60	1-4
Y	US 2005/280058 A1 (PAKALA MAHENDRA [US] ET AL) 22 décembre 2005 (2005-12-22) alinéa [0023] - alinéa [0038]	8,11,14, 30,31
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cite pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (elle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition, ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
4 août 2008		11/08/2008
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Böhm-Pélissier, A

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/058701

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>HOUSAMEDDINE D ET AL: "Spin-torque oscillator using a perpendicular polarizer and a planar free layer"            NATURE MATERIALS NATURE PUBLISHING GROUP UK,            vol. 6, no. 6, juin 2007 (2007-06), pages 447-453, XP002479794            ISSN: 1476-1122            le document en entier            -----</p>	1-31

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/058701

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005041342	A1	24-02-2005	AUCUN	
US 6888742	B1	03-05-2005	AUCUN	
US 2005280058	A1	22-12-2005	AUCUN	

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 デイニー ベルナール

フランス国 エフ 3 8 2 5 0 ラン アン ベルコール アレ デ ゼラーブル 1 8 0

(72)発明者 バラデュク クレール

フランス国 エフ 3 8 8 5 0 シラン デュ 8 メ 1 9 4 5 アベニュー 1 3 7

(72)発明者 プティ セバスチャン

フランス国 エフ 3 8 0 0 0 グレノーブル リュ ベイル スタンダール 4

(72)発明者 ティリオン クリストフ

フランス国 エフ 3 8 2 5 0 ラン アン ベルコール ルート ドゥ ビラール 6 0

Fターム(参考) 2G017 AA01 AA10 AB07 AC01 AC09 AD54

5F092 AA05 AB01 AC08 AC12 AD03 AD12 AD25 BB09 BB15 BB17

BB22 BB23 BB31 BB34 BB35 BB36 BB42 BC07 BC12 BC46

BE13 BE24 BE27 CA23