

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4722934号
(P4722934)

(45) 発行日 平成23年7月13日(2011.7.13)

(24) 登録日 平成23年4月15日(2011.4.15)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 R 33/09 (2006.01)
 HO 1 L 43/08 (2006.01)
 GO 1 R 15/20 (2006.01)
 HO 1 L 21/822 (2006.01)
 HO 1 L 27/04 (2006.01)

GO 1 R 33/06 R
 HO 1 L 43/08 Z
 GO 1 R 15/02 A
 HO 1 L 27/04 P

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2007-536689 (P2007-536689)
 (86) (22) 出願日 平成17年8月22日(2005.8.22)
 (65) 公表番号 特表2008-516255 (P2008-516255A)
 (43) 公表日 平成20年5月15日(2008.5.15)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/029982
 (87) 国際公開番号 W02006/044031
 (87) 国際公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)
 審査請求日 平成20年3月12日(2008.3.12)
 (31) 優先権主張番号 10/962,889
 (32) 優先日 平成16年10月12日(2004.10.12)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 501105602
 アレグロ・マイクロシステムズ・インコー
 ポレーテッド
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州016
 15, ウスター, ノースイースト・カット
 オフ 115
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 所定の温度係数を有する抵抗器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気抵抗効果素子と、

反強磁性層と、

前記反強磁性層の上に配設された第1のピンド層と、

前記ピンド層の上に配設された非磁性層と、

前記非磁性層の上に配設された第2のピンド層と、

を備える前記磁気抵抗効果素子に結合された材料スタックと、

を備え、前記材料スタックは、磁界が存在するときと存在しないときで同じ電気抵抗を有し、前記電気抵抗は、磁気抵抗効果素子の温度係数と同じ温度係数を有し、前記材料スタックは自由層を含まない、

前記磁気抵抗効果素子は、別の反強磁性層と、別の第1のピンド層と、別の非磁性層と、別の第2のピンド層とを備えている、回路。

【請求項 2】

前記材料スタックの前記電気抵抗も、前記磁気抵抗効果素子の電気抵抗と同じ抵抗を有する請求項1に記載の回路。

【請求項 3】

前記反強磁性層はPtMnを含み、前記第1および第2のピンド層はCoFeからなり、前記非磁性層はIrまたはRuのうち選択された1つを含む、請求項1に記載の回路。

10

20

【請求項 4】

前記回路は、分圧器およびホイートストンブリッジのうち選択された 1 つを与える、請求項 1 に記載の回路。

【請求項 5】

前記回路は、電流センサ、近接検出器または磁界センサのうち選択された 1 つに供給され、前記電流センサが電流に応答し、前記近接検出器が強磁性物の接近に応答し、前記磁界センサが前記磁界センサの外部磁界に応答する、請求項 1 に記載の回路。

【請求項 6】

前記回路は、電流に応答する電流センサに供給される、請求項 1 に記載の回路。

【請求項 7】

前記回路は、外部磁界に応答する磁界センサに供給される、請求項 1 に記載の回路。

【請求項 8】

前記回路は、強磁性物の接近に応答する近接検出器に供給される、請求項 1 に記載の回路。

【請求項 9】

前記磁気抵抗効果素子は、巨大磁気抵抗効果 (GMR) 素子として与えられる、請求項 1 に記載の回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に電気抵抗器に関し、特に磁気抵抗効果素子の温度係数に従って選択された所定の温度係数を有する電気抵抗器に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気抵抗効果素子は、巨大磁気抵抗効果 (GMR) 素子および異方性磁気抵抗効果 (AMR) 素子を含むがこれだけには限定されない様々な構成で製造されることが知られている。

【0003】

図 1 を参照すると、従来技術の GMR 素子 10 は、反強磁性層 12、第 1 のピン層 14、第 1 の非磁性層 16、第 2 のピン層 18、第 2 の非磁性層 20 および自由層 22 を含む複数の層を有して形成される。ある従来型 GMR 素子では、反強磁性層 12 は PtMn を含み、第 1 および第 2 のピン層 14、18 は CoFe からなり、第 1 および第 2 の非磁性層 16、20 は Ir と Ru のうち選択された 1 つからなり、自由層 22 は NiFe からなる。しかし、当技術における通常の熟練者なら、GMR 素子内に他の層および材料が与えられ得ることを理解するであろう。

【0004】

磁気抵抗効果素子は、電流に応答する電流センサ、強磁性の対象物、例えば鉄歯車の歯の接近に応答する近接検出器、および外部磁界に応答する磁界センサを含むがこれだけには限定されない様々な用途で使用される。

【0005】

上記の用途の各々において、1 つまたは複数の磁気抵抗効果素子が、簡単な抵抗分圧器内またはホイートストンブリッジ装置内に結合され得る。抵抗分圧器装置またはホイートストンブリッジ装置のどちらにおいても、1 つまたは複数の固定抵抗器も、1 つまたは複数の磁気抵抗効果素子と共に使用され得る。この抵抗分圧器およびホイートストンブリッジ装置の各々は、1 つまたは複数の磁気抵抗効果素子によって経験された磁界に比例する出力電圧信号をもたらす。

【0006】

磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果素子の最大応答軸の方向に、磁界に通常比例して変化する電気抵抗を有する。しかし、この電気抵抗は、磁界だけでなく磁気抵抗効果素子の温度にも比例して変化する。温度の影響は、温度あたりの抵抗という単位の温度係数とし

10

20

30

40

50

て特徴づけられ得る。

【0007】

抵抗分圧器またはホイートストンブリッジ装置で使用されるとき、磁気抵抗効果素子の温度係数が、抵抗分圧器またはホイートストンブリッジの所期の出力電圧信号に悪影響を及ぼし得ることが理解されよう。具体的には、1つまたは複数の磁気抵抗効果素子と共に使用される1つまたは複数の抵抗器が、この1つまたは複数の磁気抵抗効果素子と同じ温度係数を有するのでなければ、抵抗分圧器およびホイートストンブリッジ装置の出力電圧信号は、磁界だけでなく温度の変化にも応答することになる。

【0008】

電流センサ、近接検出器または磁界センサの開ループ装置は、1つまたは複数の磁界検出素子が回路の外部で生成された磁界にさらされる既知の回路装置である。電流センサ、近接検出器または磁界センサの閉ループ装置は、1つまたは複数の磁界検出素子の近傍に生じる磁界をゼロ近くに保つように、1つまたは複数の磁界検出素子が、外部で生成された磁界およびこの回路によって生成された逆磁界の両方にさらされる既知の回路装置である。閉ループ装置は、開ループ装置に対して、線形性の改善を含むがこれだけには限定されない一定の既知の利点を有する。逆に、開ループ装置は、閉ループ装置に対して、応答時間の改善を含むがこれだけには限定されない一定の既知の利点を有する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、巨大磁気抵抗効果（GMR）素子の温度係数と同じかまたは類似の温度係数を有する抵抗器を形成する材料スタックを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明によれば、材料スタックは、反強磁性層、反強磁性層の上に配設された第1のピンド層、このピンド層の上に配設された非磁性層、および非磁性層の上に配設された第2のピンド層を含む。この材料スタックは、磁界が存在するときと存在しないときで通常同じ電気抵抗を有し、この電気抵抗は、磁気抵抗効果素子の温度係数と通常同じ温度係数を有する。

【0011】

この特定の装置で、材料スタックは、温度変化にさらされたときでさえ、磁気抵抗効果素子のもので通常同じ電気抵抗をもたらす。

【0012】

本発明の別の態様によれば、前述のように、回路は、巨大磁気抵抗効果素子および材料スタックを含む。特定の実施形態では、回路は、分圧器、ホイートストンブリッジ装置、電流に応答する電流センサ、強磁性の対象物の接近に応答する近接検出器、および回路の外部磁界に応答する磁界センサであり得る。

【0013】

この特定の装置で、回路は、磁界に応答するが温度変化には一般に反応しない出力信号をもたらすことができる。

【0014】

本発明自体ばかりでなく本発明の上記特徴も、以下の図面の詳細な説明から十分に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の抵抗器を説明する前に、いくつかの予備的な概念および用語が説明される。本明細書に用いられる用語「上に配設された」は、上方向または下方向である必要性を示唆するのではなく、相対的な配置に言及するために使用される。例えば、第1の層の上に配設された第2の層と第1の層の組合せという表現は、第2の層が第1の層の上側にある必要性を意味するものではない。上記の組合せを単に裏返すことによって、第2の層が、第

10

20

30

40

50

1の層の上側か下側の、どちらでもあり得ることが理解されよう。また、用語「上に配設された」は、物理的接触の必要性を示唆するものでもない。例えば、上記の第1と第2の層が接触している必要はない。

【0016】

図2を参照すると、所定の温度係数を有する例示の抵抗器50が、反強磁性層52、第1のピンド層54、非磁性層56、および第2のピンド層58を含む材料スタックとして与えられる。反強磁性層52はPtMnを含み、第1および第2のピンド層54、58はCoFeからなり、非磁性層56はIrおよびRuのうち選択された1つを含む。抵抗器50が、図1の磁気抵抗効果素子10の層のほとんどを有することが理解されよう。しかし、抵抗器50には、図1の第2の非磁性層20および自由層22がない。したがって、抵抗器50は磁界に応答しない。しかし、抵抗器50は、図1の磁気抵抗効果素子10など磁気抵抗効果素子の温度係数と同じかまたは類似の温度係数を有する。代替実施形態では、第2のピンド層58上に非磁性層（図示せず）が設けられる。

10

【0017】

抵抗器50が磁気抵抗効果素子10と同じ幅および奥行き寸法を有するのであれば、抵抗器50は、磁気抵抗効果素子10の温度係数と通常同じ温度係数を有する一方で、任意の特定の温度で磁気抵抗効果素子10の公称低抗値と異なる公称低抗値を有することがあり得る。しかし、他の実施形態では、磁気抵抗効果素子の公称低抗値と通常同じ公称低抗値を実現するために、抵抗器50は、やはり磁気抵抗効果素子10の温度係数と通常同じ温度係数を保つ一方で、幅および深さは、磁気抵抗効果素子10の幅および深さと異なって作成され得ることを理解されたい。しかし、他の実施形態では、抵抗器50の幅および深さは、生産能力内の任意の寸法を有するように作成され得て、任意の所望の抵抗を実現する。

20

【0018】

特定の材料から形成された特定の層を有する特定の材料スタック50が説明されてきたが、図1のGMR素子10以外の他のGMR構造体と適合するために、材料スタック50によって設けられたのと同じ方法で、単にGMR構造体から関連した自由層および関連した非磁性層を除去することにより、他の材料スタックが設けられ得ることを理解されたい。

【0019】

他の実施形態では、非磁性層56は、各々が同じかまたは異なる材料から形成された複数の非磁性層で構成され得ることを理解されたい。したがって、本明細書で使用される用語「非磁性層」は、単一の非磁性層と複数の非磁性層のどちらにも言及するように使用されるものである。

30

【0020】

別の実施形態では、第2の非磁性層（図示せず）は、第2のピンド層58に隣接して設けられ得る。この第2の非磁性層は、図1の第2の非磁性層20と同じかまたは類似のものであり得る。この場合、単にGMR構造体から関連する自由層を除去することにより、図1のGMR素子10以外の他の材料スタックが与えられ得て、他のGMR構造体と適合され得ることを理解されたい。

40

【0021】

他の実施形態では、1つまたは複数の他の層（図示せず）が、層52～層58の間に挿入され得る。

【0022】

次に図3を参照すると、分圧器回路70は、抵抗器72および磁気抵抗効果素子74を含む。抵抗器72は、例えば図2の抵抗器50として示された材料スタックとして与えられる。

【0023】

抵抗器72が磁気抵抗効果素子74と同じ温度係数を有するので、抵抗分圧器70の出力電圧 V_{out} は、一般に温度に応答しない。しかし、出力電圧 V_{out} は、磁気抵抗効

50

果素子 74 の近傍の磁界には応答する。

【0024】

次に図 4 を参照すると、ホイートストンブリッジ回路 100 は、第 1 の抵抗器 102、第 2 の抵抗器 104、第 1 の磁気抵抗効果素子 106 および第 2 の磁気抵抗効果素子 108 を含む。第 1 および第 2 の抵抗器 102、104 は、例えば図 2 の抵抗器 50 として示されたような、それぞれの材料スタックとして各々与えられる。

【0025】

抵抗器 102、104 が磁気抵抗効果素子 106、108 と同じ温度係数を有するので、ホイートストンブリッジ回路 100 の V_{out+} と V_{out-} の間の出力電圧差は、一般に温度に応答しない。しかし、この出力電圧差は、磁気抵抗効果素子 106、108 が置かれる磁界には応答する。

10

【0026】

次に図 5 を参照すると、閉ループ電流センサ形式の電子回路 150 が示されている。電流センサ 150 は、第 1 の磁気抵抗効果素子 152、第 2 の磁気抵抗効果素子 155、第 1 の抵抗器 168、および第 2 の抵抗器 165 を含む。抵抗器 168、165 は、図 2 の抵抗器 50 に従って材料スタックとして各々製作される。磁気抵抗効果素子 152、155、抵抗器 168、165 は、シリコン基板 154 の表面 154a の上に配設される。2 次側導体 164 も、シリコン基板 154 の表面 154a の上で磁気抵抗効果素子 152、155 の最も近くに配設される。さらなる 1 次側導体 158 は、図示のように、誘電体 156 によってシリコン基板 154 から絶縁される。

20

【0027】

作動中、1 次側導体 158 を通って 1 次電流 160 が流れ、それによって、1 次側磁界 162 を生成する。2 次側導体 164 を通って 2 次電流 166 が流れ、それによって、導体部分 164a に 2 次側磁界 165 を生成する。1 次電流 160 が 1 次側導体 158 を通ると反対方向に、2 次電流 166 が 2 次側導体部分 164a を通るので、2 次側磁界 165 は 1 次側磁界 162 と反対方向である。

【0028】

ここではシリコン基板 154 に一体化された第 1 の電圧源 174 は、第 1 の抵抗器 168 および第 1 の磁気抵抗効果素子 152 を通る電流を供給し、したがって、第 1 の磁気抵抗効果素子 152 によって経験された磁界に関連する大きさを有する電圧をノード 170 に生成する。同様に、ここではシリコン基板 154 に一体化された第 2 の電圧源 159 も、第 2 の磁気抵抗効果素子 155 および第 2 の抵抗器 165 を通る電流を供給し、したがって、第 2 の磁気抵抗効果素子 155 によって経験された磁界に関連する大きさを有する電圧をノード 171 に生成する。特定の一実施形態では、第 1 の電圧源 174 および第 2 の電圧源 159 は同じ電圧を供給し、単一の電圧源によって与えられる。ノード 170、171 に結合された増幅器 172 は、ノード 170 と 171 の間の電圧差に応じて 2 次側導体 164 に 2 次電流 166 を供給する。

30

【0029】

第 1 の磁気抵抗効果素子 152 は応答軸 153 を有し、第 2 の磁気抵抗効果素子 155 は応答軸 157 を有する。磁気抵抗効果素子 152、155 は、同じ方向に分極される。2 次電流 166 は、第 1 および第 2 の磁気抵抗効果素子 152、155 の側を同じ方向に通る。したがって、2 次側磁界 165 にさらされたとき、ノード 170 の電圧とノード 171 の電圧は、磁界に応じて反対方向に動く。

40

【0030】

図示の特定の装置では、ノード 170 が増幅器 172 の反転入力に結合され、ノード 171 が増幅器 172 の非反転入力に結合される。増幅器 172 は、ノード 170 と 171 の間の電圧差に比例した 2 次電流 166 を生成する。ノード 171 の電圧は、1 次側磁界 162 に応じて増加する傾向があり、ノード 170 の電圧は、減少する傾向がある。しかし、前述のように、2 次側磁界 165 は、1 次側磁界 162 に対抗する傾向がある。

【0031】

50

第1の磁気抵抗効果素子152によって経験される磁界は、2次側磁界165と1次側磁界162の、応答軸153に沿った和である。同様に、第2の磁気抵抗効果素子155によって経験される磁界は、2次側磁界165と1次側磁界162の、応答軸157に沿った和である。2次側磁界165が1次側磁界162と反対方向であるため、2次側磁界165が1次側磁界162を打ち消す傾向がある。

【0032】

増幅器172は、第1および第2の磁気抵抗効果素子152、155によって経験される合計の磁界が実質的にゼロガウスであるように、応答軸153、157に沿った1次側磁界162を打ち消すのに十分な2次側磁界165を生成するために必要なレベルで2次電流166を供給する。

10

【0033】

2次電流166は、抵抗器176を通り、それによって、出力端子178と180の間に2次電流166に比例した出力電圧 V_{out} を生成する。この装置で、出力電圧 V_{out} は、必要に応じて、2次側磁界165に比例し、したがって1次電流160に比例する。

【0034】

抵抗器176が温度係数を持った抵抗を有することが理解されよう。当技術の通常の熟練者は、この温度係数の影響を低減させるために使用され得る技術を理解するであろう。例えば、この影響を低減させるために、適切に適合されたフィードバック補償回路網を有するオペアンプ回路が使用され得る。

20

【0035】

2つの磁気抵抗効果素子152、155、および2つの抵抗器168、165は、例えば図4に示されたようなホイートストンブリッジ回路をもたらし。抵抗器168、165が図2の抵抗器50に従って材料スタックとして与えられ、磁気抵抗効果素子152、155の温度係数と実質的に同じ温度係数を有するので、ノード170と171の間の電圧差は、実質的に温度変化に影響されず、したがって、出力電圧 V_{out} は、同様に影響されないはずであるということを理解されたい。

【0036】

閉ループ電流センサ150は、2つの磁気抵抗効果素子152、155および2つの抵抗器168、125を有するが、代替の閉ループ電流センサは、2つを上回るかまたは2つ未満の磁気抵抗効果素子および2つを上回るかまたは2つ未満の抵抗器を与えられ得ることが、当技術の通常の熟練者には理解されよう。

30

【0037】

シリコン基板154が示されているが、SiGe、GaAsまたはInGaAsを含むがこれらには限定されない他の基板材料が、本発明から逸脱することなく、シリコン基板154の代りに使用され得ることも明白であろう。また、代替実施形態では、シリコン基板154は、Al₂O₃を含むがこれには限定されないセラミック材料で構成された別の基板（図示せず）と取り替えられ得る。この特定の実施形態では、図2の抵抗器50に従って材料スタックとして形成された磁気抵抗効果素子および抵抗器が、セラミック基板上で製作され得る。増幅器171に類似の回路が、例えばシリコン基板上に、例えば個別の基板（図示せず）上に形成され得て、これはセラミック基板にワイヤボンディングなどで結合され得る。

40

【0038】

次に図6を参照すると、磁界センサ形式の電子回路200は、シリコン基板204、第1および第2の磁気抵抗効果素子202、205、ならびに第1および第2の抵抗器218、215を含み、シリコン基板204の表面204aの上に配設される。導体214も、シリコン基板204の表面204aの上で磁気抵抗効果素子の最も近くに配設される。第1および第2の抵抗器218、215は、図2の材料スタック50に従って材料スタックとして設けられる。磁界センサ200は、外部磁界240を検出し、かつ、磁界240に比例した出力信号 V_{out} を供給するように適合される。

50

【 0 0 3 9 】

作動中、導体 2 1 4 の第 1 の部分 2 1 4 a を通って電流 2 1 6 が流れ、それによって、磁界 2 1 7 を生成する。磁界 2 1 7 は、外部磁界 2 4 0 に対して反対方向である。したがって、磁界 2 1 7 は、外部磁界 2 4 0 を打ち消す傾向がある。

【 0 0 4 0 】

ここではシリコン基板 2 0 4 に一体化された第 1 の電圧源 2 2 4 は、第 1 の抵抗器 2 1 8 および第 1 の磁気抵抗効果素子 2 0 2 を通る電流を供給し、したがって、第 1 の磁気抵抗効果素子 2 0 2 によって経験された磁界に関連する大きさを有する電圧をノード 2 2 0 に生成する。同様に、ここではシリコン基板 2 0 4 に一体化された第 2 の電圧源 2 0 9 も、第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 5 および第 2 の抵抗器 2 1 5 を通る電流を供給し、したがって、第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 5 によって経験された磁界に関連する大きさを有する電圧をノード 2 2 1 に生成する。一実施形態では、第 1 の電圧源 2 2 4 および第 2 の電圧源 2 0 9 は同じ電圧を供給し、単一の電圧源によって与えられる。増幅器 2 2 1 は、ノード 2 2 0 と 2 2 1 の間の電圧差に応じて 2 次側導体 2 1 4 に 2 次電流 2 1 6 を供給する。

10

【 0 0 4 1 】

第 1 の磁気抵抗効果素子 2 0 2 は応答軸 2 0 3 を有し、第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 5 は応答軸 2 0 7 を有する。第 1 および第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 は、同じ方向に分極される。電流 2 1 6 は、第 1 および第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 のそばを同じ方向に通る。したがって、磁界 2 1 7 にさらされたとき、ノード 2 2 0 の電圧がある電圧方向に動き、ノード 2 2 1 の電圧がもう一方の電圧方向に動く。

20

【 0 0 4 2 】

図示の特定の装置では、ノード 2 2 0 が増幅器 2 2 2 の反転入力に結合され、ノード 2 2 1 が増幅器 2 2 2 の非反転入力に結合される。外部磁界 2 4 0 に応じて、ノード 2 2 1 の電圧は増加する傾向があり、一方、ノード 2 2 0 の電圧は減少する傾向がある。しかし、前述のように、磁界 2 1 7 は、外部磁界 2 4 0 に対抗する傾向がある。

【 0 0 4 3 】

応答軸 2 0 3、2 0 7 が外部磁界 2 4 0 と整合され、かつ磁界 2 1 7 とも整合されるように、第 1 および第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 が配向される。第 1 および第 2 の磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 によって経験される磁界は、それぞれ、磁界 2 1 7 と外部磁界 2 4 0 の、応答軸 2 0 3、2 0 7 に沿った和である。磁界 2 1 7 が、応答軸 2 0 3、2 0 7 に沿って外部磁界 2 4 0 と反対方向であるため、磁界 2 1 7 が外部磁界 2 4 0 を打ち消す傾向がある。増幅器 2 2 1 は、ノード 2 2 0 と 2 2 1 の間の電圧差に比例した電流 2 1 6 を生成する。したがって、増幅器 2 2 2 は、磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 の各々によって経験される合計の磁界が実質的にゼロガウスであるように、応答軸 2 0 3、2 0 7 に沿った外部磁界 2 4 0 を打ち消すのに十分な磁界 2 1 7 を生成するために必要なレベルで電流 2 1 6 を供給する。

30

【 0 0 4 4 】

電流 2 1 6 は、抵抗器 2 2 6 を通り、それによって、出力端子 2 2 8 と 2 3 0 の間に電流 2 1 6 に比例した出力電圧 V_{out} を生成する。この装置で、出力電圧 V_{out} は、必要に応じて、外部磁界 2 4 0 を打ち消すのに必要な磁界 2 1 7 に比例し、したがって外部磁界 2 4 0 に比例する。

40

【 0 0 4 5 】

2 つの磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5、および 2 つの抵抗器 2 1 8、2 1 5 は、例えば図 4 に示されたようなホイートストンブリッジ回路をもたらし。抵抗器 2 1 8、2 1 5 が図 2 の抵抗器 5 0 に従って材料スタックとして与えられ、磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 の温度係数と実質的に同じ温度係数を有するので、ノード 2 2 0 と 2 2 1 の間の電圧差は、実質的に温度変化に影響されず、したがって、出力電圧 V_{out} は同様に影響されないはずであるということを理解されたい。

【 0 0 4 6 】

閉ループ磁界センサ 2 0 0 は、2 つの磁気抵抗効果素子 2 0 2、2 0 5 および 2 つの抵

50

抗器 218、215 を有して示されているが、代替装置では、閉ループ磁界センサが、2 つを上回るかまたは 2 つ未満の磁気抵抗効果素子および 2 つを上回るかまたは 2 つ未満の抵抗器を有し得ることを理解されたい。

【0047】

シリコン基板 204 が示されているが、SiGe、GaAs または InGaAs を含むがこれらには限定されない他の基板材料が、本発明から逸脱することなく、シリコン基板 204 の代りに使用され得ることも明白であろう。また、代替実施形態では、シリコン基板 204 は、 Al_2O_3 を含むがこれには限定されないセラミック材料で構成された別の基板（図示せず）と取り替えられ得る。この特定の実施形態では、図 2 の抵抗器 50 に従って材料スタックとして形成された磁気抵抗効果素子および抵抗器が、セラミック基板上で製作され得る。増幅器 222 に類似の回路が、例えばシリコン基板上に、例えば個別の基板（図示せず）上に形成され得て、これはセラミック基板にワイヤボンディングなどで結合され得る。

10

【0048】

図 5 に閉ループ電流センサ 150 が示され、図 6 には閉ループ磁界センサ 200 が示されており、図 2 の材料スタック 50 に従って材料スタックとして形成された抵抗を有する閉ループ装置が提供され得ることが理解されよう。その上、閉ループか開ループのどちらでも、例えば鉄歯車の歯によって生成された外部磁界に応答する近接検出器もまた、図 2 の材料スタック 50 に従って材料スタックとして形成された抵抗を有して提供され得る。

【0049】

20

本明細書に引用された参照はすべて、それら全体の参照によって本明細書に合体される。

【0050】

本発明の好ましい実施形態を説明してきたが、それらの概念を合体する他の実施形態が使用され得ることが、当技術の通常の熟練者には今や明白になるであろう。したがって、これらの実施形態は、開示された実施形態に限定されるべきでなく、添付の特許請求の範囲の趣旨および範囲によってのみ限定されるべきであるということが悟られる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】従来技術の巨大磁気抵抗効果（GMR）素子の層を示す図である。

30

【図 2】本発明によって抵抗器を形成する材料スタックの層を示す図である。

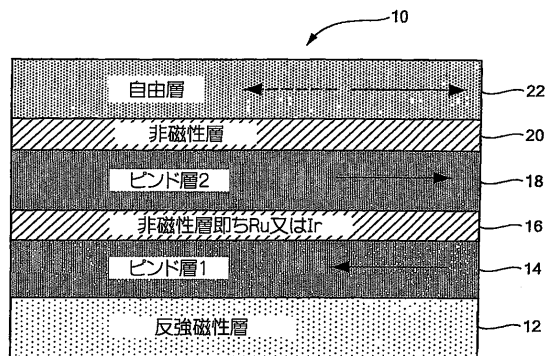
【図 3】図 2 の抵抗器を有する抵抗分圧器の概略図である。

【図 4】図 2 の抵抗器を 2 つ有するホイートストンブリッジの概略図である。

【図 5】図 2 の抵抗器を 2 つ有する電流センサの図である。

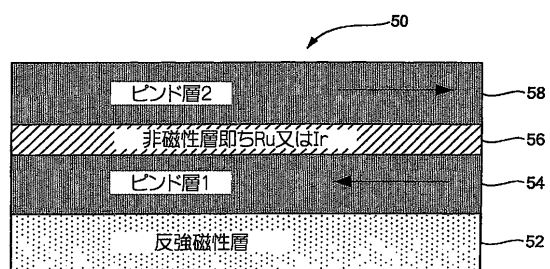
【図 6】図 2 の抵抗器を 2 つ有する磁界センサの図である。

【図 1】

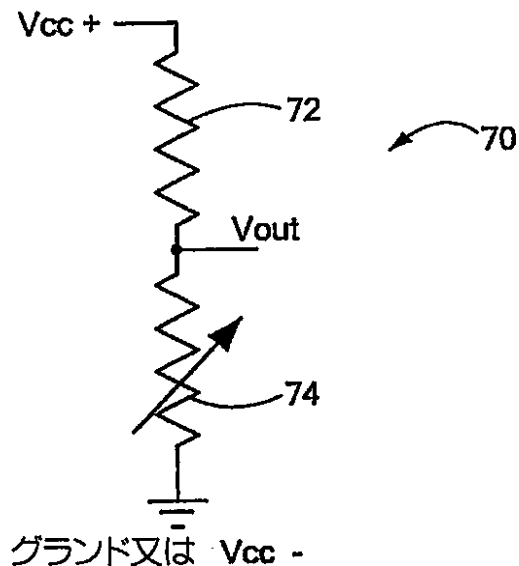


先行技術

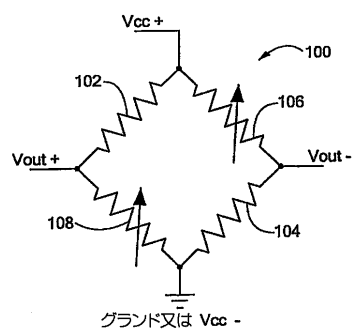
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 6】

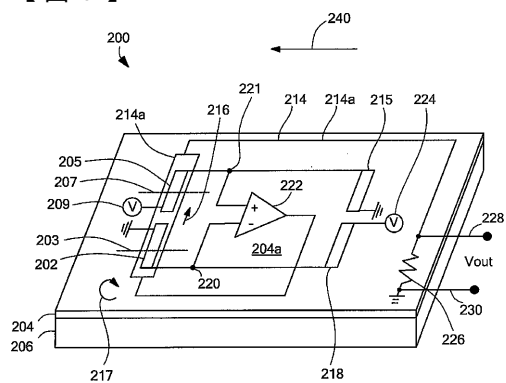


FIG. 6

【図 5】

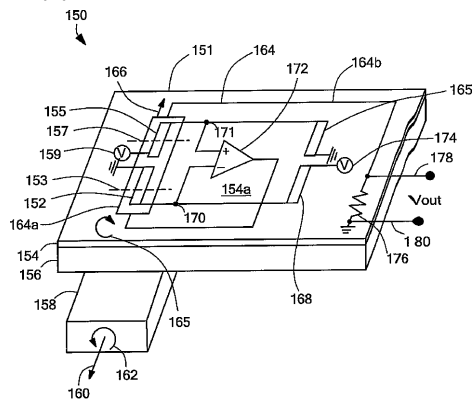


FIG. 5

フロントページの続き

(74)代理人 100107696

弁理士 西山 文俊

(72)発明者 テイラー, ウィリアム・ピー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 8 4 5 , ノース・アンドーバー, ミル・ポンド 9 5

(72)発明者 ドゥーグ, マイケル・シー

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州 0 3 1 0 4 , マンチェスター, ノース・アダムス・ストリート 1 1 5

審査官 荒井 誠

(56)参考文献 特表 2 0 0 3 - 5 2 5 5 2 8 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 1 7 4 3 5 8 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 3 5 3 4 1 8 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 7 9 2 8 3 (J P , A)

特開平 0 2 - 2 4 6 1 7 6 (J P , A)

特表 2 0 0 4 - 5 3 8 6 5 9 (J P , A)

特表 2 0 0 4 - 5 3 3 1 2 0 (J P , A)

特表 2 0 0 3 - 5 0 2 8 7 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01R 33/09

G01R 15/20

H01L 21/822

H01L 27/04

H01L 43/08