

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7202316号
(P7202316)

(45)発行日 令和5年1月11日(2023.1.11)

(24)登録日 令和4年12月27日(2022.12.27)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 R 33/09 (2006.01)	G 0 1 R 33/09
H 1 0 N 50/10 (2023.01)	H 0 1 L 43/08 Z
G 0 1 R 33/02 (2006.01)	H 0 1 L 43/08 B
	G 0 1 R 33/02 R

請求項の数 10 (全21頁)

(21)出願番号	特願2019-566354(P2019-566354)	(73)特許権者	311015001 コミサリヤ・ア・レネルジ・アトミック・ エ・オ・エネルジ・アルテルナティブ フランス国、エフ - 7 5 0 1 5 ・パリ、 リュ・ルブラン・2 5、パティマン “ル・ ポナン・デ”
(86)(22)出願日	平成30年6月1日(2018.6.1)	(74)代理人	110001173 弁理士法人川口国際特許事務所
(65)公表番号	特表2020-522696(P2020-522696 A)	(72)発明者	ソリニャック, オレリー フランス国、9 1 3 0 0 ・マシー、スク ワール・ドゥ・ラリアンス・5
(43)公表日	令和2年7月30日(2020.7.30)	(72)発明者	フェルモン, クロード フランス国、9 1 4 0 0 ・オルセー、ア レ・ボワロー・6
(86)国際出願番号	PCT/EP2018/064502	(72)発明者	バヌティエ-ルクール, ミリアム 最終頁に続く
(87)国際公開番号	WO2018/220193		
(87)国際公開日	平成30年12月6日(2018.12.6)		
審査請求日	令和3年5月24日(2021.5.24)		
(31)優先権主張番号	1754901		
(32)優先日	平成29年6月2日(2017.6.2)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	フランス(FR)		

(54)【発明の名称】 磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)であって、

- 少なくとも1つの磁気抵抗センサ(C)を含み、前記磁気抵抗センサ(C)が、第1の動作点(201)における第1の感度(S1)および第2の動作点(202)における第2の感度(Ssat)を有し、第2の動作点における感度(Ssat)が、第1の動作点(201)における感度(S1)よりも低いかまたはゼロである、磁場(B)を測定するためのデバイス(D)と、
- 磁気抵抗センサ(C)を、第1の動作点(201)から第2の動作点(202)に、および、第2の動作点(202)から第1の動作点に切り換えるように構成されており、第1の動作点(201)に対応する第1の構成および第2の動作点(202)に対応する第2の構成を有する変調手段(M)と、
- 変調手段(M)の第1の構成に対応する第1の動作点(S1)における、磁場(B)が存在する場合の測定デバイス(D)の第1の応答(M1)と、変調手段(M)の第2の構成に対応する第2の動作点(Ssat)における、磁場(B)が存在する場合の測定デバイス(D)の第2の応答(M2)との一次結合を作るように構成されている、磁場(B)を測定するためのデバイス(D)から導かれた信号を処理するための手段(T)とを含む、磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項2】

磁場(B)を測定するためのデバイス(D)が、ハーフブリッジ構成に従って構成され

た2つの磁気抵抗センサ(301、302)と、低雑音前置増幅器(PA)とを含み、2つの磁気抵抗センサが磁場に対する逆応答を有し、ハーフブリッジ構成が第1のアーム(B1)および第2のアーム(B2)を含み、2つのアームが並列に接続され、アームの各々が抵抗(R)および磁気抵抗センサ(301、302)のうち的一方を含み、ハーフブリッジ構成が第1の出力(V+)および第2の出力(V-)をさらに含み、2つの出力が低雑音前置増幅器(PA)に接続され、個々の出力(V+、V-)が、抵抗(R)のうちの1つと、磁気抵抗センサ(301、302)のうちの1つとの間の接合点であることを特徴とする、請求項1に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項3】

測定システム(D)がハーフブリッジ構成に供給するためのDC電圧源(V)を含み、DC電圧(V)が2つの抵抗(R)の間の接合点に、または2つの磁気抵抗センサ(301、302)の間の接合点に接続されることを特徴とする、請求項2に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項4】

測定デバイス(D)が、第1の対の磁気抵抗センサ(401、401a)および第2の対の磁気抵抗センサ(402、402a)と、低雑音前置増幅器(PA)とを含み、第1の対のセンサ(401、401a)は、第2の対のセンサ(402、402a)と比べて逆応答を有し、磁気抵抗センサ(401、401a、402、402a)がブリッジ構成に従って構成され、ブリッジ構成が第1のアーム(B1)および第2のアーム(B2)を含み、2つのアームが並列に接続され、アームの各々が、第1の対の磁気抵抗センサ(401、401a)、および第2の対の磁気抵抗センサ(402、402a)を含み、ブリッジ構成が第1の出力(V+)および第2の出力(V-)をさらに含み、2つの出力が低雑音前置増幅器に接続され、個々の出力(V+、V-)が、第1の対の磁気抵抗センサ(401、401a)と、第2の対の磁気抵抗センサ(402、402a)との間の接合点であることを特徴とする、請求項1に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項5】

測定システム(D)がブリッジ構成に供給するためのDC電圧源(V)を含み、DC電圧源(V)が第1の対の磁気抵抗センサと第2の対の磁気抵抗センサの間の接合点に接続されることを特徴とする、請求項4に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項6】

測定デバイス(D)が、磁気抵抗センサの層の平面に磁場を印加するための電流線(303、304、403、404)を含み、線に電流が存在する場合、個々の磁気抵抗センサ(C)が第2の動作点(202)にあり、線に電流が存在しない場合、個々の磁気抵抗センサ(C)が第1の動作点(201)にあることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項7】

変調手段(M)が、第1の動作点(201)と第2の動作点(202)の間の切換え信号(L1/L2)を発生させるための高周波マスタクロックを含むことを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項8】

切換え信号(L1/L2)が、個々の磁気抵抗センサを第1の動作点(201)と第2の動作点(202)の間で切り換えるための、電流線(303、304、403、404)を循環する電流パルスを含むことを特徴とする、請求項1から7のいずれか一項に記載の低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項9】

磁場(B)を測定するためのデバイス(D)から導かれた信号を処理するための手段(

10

20

30

40

50

T)が、

- 測定デバイス(D)によって第1の動作点(201)で測定された信号(M1)を記録することが意図された第1のサンプル・アンド・ホールド回路と、
 - 測定デバイス(D)によって第2の動作点(202)で測定された信号(M2)を記録することが意図された第2のサンプル・アンド・ホールド回路と、
 - 第1および第2のサンプル・アンド・ホールド回路から導かれた信号を一次結合するためのデジタル(DSP)またはアナログ(1301)獲得システムと
- を含むことを特徴とする、請求項1から8のいずれか一項に記載の磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステム(S)。

【請求項10】

少なくとも1つの磁気抵抗センサ(C)を含む測定デバイス(D)による、磁場(B)の測定に関連付けられた低周波雑音を抑制するための方法(1)であって、

- 磁気抵抗センサの第1の動作点(201)および第2の動作点(202)を識別するステップ(ID)であって、磁気抵抗センサが、第1の動作点(201)における第1の感度(S1)および第2の動作点(202)における第2の感度(Ssat)を有し、第2の動作点における感度(Ssat)が、第1の動作点(201)における感度(S1)よりも低いかまたはゼロである、ステップと、
 - 磁気抵抗センサ(C)を、第1の感度(S1)を有する第1の動作点(201)から第2の感度(Ssat)を有する第2の動作点(202)に、および、第2の動作点(202)から第1の動作点(201)に切り換えることによって、磁気抵抗センサ(C)の感度を変調するステップ(MOD)と、
 - 変調(MOD)の間、第1の動作点(S1)における、磁場(B)が存在する場合の測定デバイス(D)の第1の応答(M1)、および第2の動作点(Ssat)における、磁場(B)が存在する場合の測定デバイス(D)の第2の応答(M2)を測定するステップ(MES)と、
 - 測定システム(D)の第1の応答(M1)および第2の応答(M2)の一次結合を計算するステップ(LIN)と
- を含む、方法(1)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗タイプのセンサの低周波雑音を抑制するためのシステムおよび方法に関する。磁気抵抗センサは、巨大磁気抵抗(GMR)センサおよびトンネル磁気抵抗(TMR)センサを包含するが、方法は、磁気抵抗タイプの任意の磁場センサに拡張され得る。

【背景技術】

【0002】

GMRまたはTMRなどの磁気抵抗センサの低周波雑音は、今日、低い周波数における極めて高い検出性を必要とする特定の用途におけるそれらの使用に対する主要な障害とみなされている。これらの用途の例は、生理学的信号、とりわけ神経信号と関連付けられる磁場などの生物学的媒体中の磁場の測定である。これらの信号はゆっくりと変わり、周波数は1KHz未満であり、また、それらの検出は、測定中に使用されるセンサの低周波雑音によって影響される。

【0003】

異方性磁気抵抗(AMR)タイプのセンサの場合、電流方向の変化方法が、それらの1/f雑音の一部を抑制することを可能にする(例えばSensors and Actuators A, Volume 235, 2015の中で発表されている、I. Mateosらの「Low-frequency noise characterization of a magnetic field monitoring system using an anisotropic magnetoresistance」を参照された

10

20

30

40

50

い)。この技法は、GMRおよびTMRには適用され得ない、なぜならそれらの抵抗およびそれらの抵抗の変化が電流の方向に依存しないからである。

【0004】

センサから見られる場を変調するための技法は適用され得る。これらの技法は、センサの動作点をその低周波雑音の外側に変位させる。このような技法の例は、IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS、Vol. 48、N. 11、4115 - 4118頁、2012の中で発表されている、A. Guedesらの論文「Towards picoTesla Magnetic Field Detection Using a GMR-MEMS Hybrid Device」、およびJournal of Applied Physics、Vol. 91、7795頁、2002の中で発表されている、A. S. Edelsteinらの論文「Minimizing $1/f$ noise in magnetic sensor using a microelectromechanical system flux concentrator」に説明されている。

10

【0005】

これらの刊行物は、周波数変調フラックスコンセントレータ (frequency modulated flux concentrator) の使用を提案しているが、この技法は、結果が控え目であり、また、機械的変調を遂行するためにはMEMS (微小電気機械システム) の使用が必要である。

【0006】

超伝導電流ループに結合されたセンサの特定の事例では、超伝導電流の変調は、同じくセンサの動作点をより高い周波数へ変位させることによって低周波雑音を比較的効果的に抑制することができる。このような解決法は、特許文書EP 2 165 206およびEP 2 165 210に説明されている。

20

【0007】

しかしながらこれらの技法には、実現の困難性、小型化の限界、低効率、あるいはその代わりに、特定の使用条件を必要とする、費用がかさみ得る超伝導材料の使用、などのいくつかの欠点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0008】

【文献】欧州特許出願公開第2 165 206号明細書
欧州特許出願公開第2 165 210号明細書

【非特許文献】

【0009】

【文献】Sensors and Actuators A、Volume 235、2015の中で発表されている、I. Mateosらの「Low-frequency noise characterization of a magnetic field monitoring system using an anisotropic magnetoresistance」

40

IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS、Vol. 48、N. 11、4115 - 4118頁、2012の中で発表されている、A. Guedesらの論文「Towards picoTesla Magnetic Field Detection Using a GMR-MEMS Hybrid Device」
Journal of Applied Physics、Vol. 91、7795頁、2002の中で発表されている、A. S. Edelsteinらの論文「Minimizing $1/f$ noise in magnetic sensor using a microelectromechanical system flux concentrator」

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステムを提案することによって上記問題を解決することであり、このシステムは、信頼性が高く、小型であり、また、任意のタイプの磁気抵抗センサから製造され得る。

【課題を解決するための手段】

【0011】

そのために、本発明の第1の主題は、磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制するためのシステムであって、前記抑制システムは：

- 少なくとも1つの磁気抵抗センサを含み、前記磁気抵抗センサは、第1の動作点における第1の感度および第2の動作点における第2の感度を有し、第2の動作点における感度は低いかまたはゼロである、磁場を測定するためのデバイスと、

- 磁気抵抗センサを第1の動作点から第2の動作点に、および、第2の動作点から第1の動作点に切り換えるのに適しており、第1の動作点に対応する第1の構成および第2の動作点に対応する第2の構成を有する変調手段と、

- 変調手段の第1の構成に対応する第1の動作点における、磁場が存在する場合の測定デバイスの第1の応答と、変調手段の第2の構成に対応する第2の動作点における、磁場が存在する場合の測定デバイスの第2の応答との一次結合を作ることによって、磁場を測定するためのデバイスから導かれた信号を処理するための手段と

を含む。

【0012】

磁気抵抗センサCは、外部磁場に依存する電気抵抗を有する任意の素子を表すために使用されている。素子Cの端子における抵抗の変化を測定することによって外部磁場を測定することができる。外部磁場または磁場は、測定することが望まれる磁場を表すために使用されている。

【0013】

トンネル磁気抵抗TMRセンサおよび巨大磁気抵抗GMRセンサは、本発明の範囲内で使用され得る。

【0014】

本発明の実施形態によれば、使用されるGMR磁気抵抗センサまたはTMR磁気抵抗センサは、ヒステリシスがなセンサである。

【0015】

本発明の範囲内で使用される個々の磁気抵抗センサは、異なる感度を有する異なる動作点を有する。

【0016】

変調手段Mは、使用される磁気抵抗センサの感度の周期的な修正を可能にする手段を表すために使用されている。手段Mは、電流発生器または電圧発生器を含むことができる。手段Mによって遂行される変調は、例えば磁気抵抗センサCの感度の周期的変化である。この変調の周波数は、除去することが望まれる低周波雑音の周波数より高い。

【0017】

磁気抵抗センサCの低い感度またはゼロ感度は、1%/mTの典型的な感度を有するGMRの事例における0.05%/mT未満、および20%/mTの感度を有するTMRに対する1%/mT未満の感度を表すために使用されている。

【0018】

信号を処理するための手段Tは、デバイスDが第1の動作点にあるときのデバイスDの応答M1、およびデバイスが第2の動作点にあるときのデバイスDの応答M2を選択するために使用される手段を表すために使用されている。信号を処理するための手段Tは、応答M1およびM2の一次結合を作るのにも適している。処理手段Tは、アナログ回路、デジタル回路、またはアナログ回路とデジタル回路の混合を含むことができる。

【0019】

10

20

30

40

50

磁気抵抗センサCと関連付けられた低周波雑音は、すべての導体の場合と同様、抵抗の変動の雑音である。さらに、外部の場も、それに関しては同じく抵抗の変化を作り出す。したがって磁気抵抗センサを使用してゆっくりとした可変磁場を測定する事例では、単一の測定によっては抵抗の2つの変化は分離され得ない。

【0020】

提案される発明は、これまでに提案されている発明とは異なる原理に基づいている。提案される発明の原理は、2つの異なる動作点の間で磁気抵抗センサを発振させることにある。2つの点は、外部磁場に対する応答が異なるように選択される。外部磁場に対するセンサの応答はセンサの感度とも呼ばれる。2つの異なる動作点の間のセンサの発振は、センサの感度の変調とも呼ばれる。

10

【0021】

言い換えると、本発明は、これらの2つの測定点の間で、図1に示されている $1/f$ 雑音領域よりも迅速な周波数でセンサを発振させ、こうして個々の状態におけるセンサの応答を高い周波数で測定することにある。それにより2つの独立した曲線M1およびM2が得られ、2つの曲線は時間に依存している。これらの2つの曲線の一次結合が、外部の場に固有に依存する曲線を得ること、および抵抗の内部変動を与える曲線を得ることを可能にする。

【0022】

これらの2つの曲線M1およびM2の再構成は、デジタル的またはアナログ的のいずれかでなされ得る。

20

【0023】

2つの点が極めて異なる感度に対応するとき、本発明はなおいっそう有効になる。

【0024】

詳細には、低い感度またはゼロ感度を有する第2の動作点を選択したことが、この動作点に対応する測定値M2において、センサがもはや外部の場Bにセンシティブではない、主として低周波雑音による抵抗の変化のみを保持することを可能にする。この測定値は、次に、第1の動作点でなされた測定値M1から減算され、そうして、本質的に外部磁場Bの変化による、したがってこの外部の場の測定に対応する抵抗の変動が隔離される。

【0025】

したがって本発明によるデバイスは、低周波雑音による磁気抵抗センサの抵抗の変化と、外部磁場Bの変化による抵抗の変化を分離することを可能にする。言い換えると、本発明によるデバイスは、磁気抵抗センサの低周波雑音を抑制することを可能にする。

30

【0026】

また、本発明によるデバイスは、個々に考慮して、あるいは技術的に可能なそれらのあらゆる組合せに従って、以下の特徴のうちの1つ以上を有することも可能である：

【0027】

- 磁場Bを測定するためのデバイスDは、ハーフブリッジ構成に従って構成された2つの磁気抵抗センサ301、302と、低雑音前置増幅器PAとを含み、2つの磁気抵抗センサは磁場に対する逆応答を有し、ハーフブリッジ構成は、第1のアームB1および第2のアームB2を含み、2つのアームは並列に接続され、アームの各々は、抵抗Rおよび磁気抵抗センサ301、302のうちの一方を含み、ハーフブリッジ構成は、第1の出力 $V+$ および第2の出力 $V-$ をさらに含み、2つの出力は低雑音前置増幅器PAに接続され、個々の出力 $V+$ 、 $V-$ は、抵抗Rのうちの1つと、磁気抵抗センサ301、302のうちの1つとの間の接合点である。

40

【0028】

- 測定システムDは、ハーフブリッジ構成に供給するためのDC電圧源Vを含み、DC電圧Vは、2つの抵抗Rの間の接合点、または2つの磁気抵抗センサ301、302の間の接合点に接続される。

【0029】

- 測定デバイスDは、第1の対の磁気抵抗センサ401、401aおよび第2の対の

50

磁気抵抗センサ 402、402a と、低雑音前置増幅器 PA とを含み、第 1 の対のセンサ 401、401a は、第 2 の対のセンサ 402、402a と比べて逆応答を有し、磁気抵抗センサ 401、401a、402、402a はブリッジ構成に従って構成され、ブリッジ構成は、第 1 のアーム B1 および第 2 のアーム B2 を含み、2 つのアームは並列に接続され、アームの各々は、第 1 の対の磁気抵抗センサ 401、401a、および第 2 の対の磁気抵抗センサ 402、402a を含み、ブリッジ構成は、第 1 の出力 V+ および第 2 の出力 V- をさらに含み、2 つの出力は低雑音前置増幅器に接続され、個々の出力 V+、V- は、第 1 の対の磁気抵抗センサ 401、401a と、第 2 の対の磁気抵抗センサ 402、402a との間の接合点である。

【0030】

- 測定システム D は、ブリッジ構成に供給するための DC 電圧源 V を含み、DC 電圧源 V は、第 1 の対の磁気抵抗センサと第 2 の対の磁気抵抗センサの間の接合点に接続される。

【0031】

- 測定デバイス D は、磁気抵抗センサのうちの少なくとも 1 つの基準層 703、704 をフリップするための局所加熱手段を含む。

【0032】

- 測定デバイス D は、磁気抵抗センサの層の平面に磁場を印加するための電流線 301、302、403、404 を含み、線に電流が存在する場合、個々の磁気抵抗センサ C が第 2 の動作点 202 にあり、線に電流が流れていない場合、個々の磁気抵抗センサ C が第 1 の動作点 201 にある。

【0033】

- 電流が印加されたとき、逆応答を有する磁気抵抗センサは、第 2 の動作点 (202) にあり、同じ抵抗を有しつつ、低い感度またはゼロ感度 (Ssat) を有する。

【0034】

- 変調手段 M は、第 1 の動作点 201 と第 2 の動作点 202 の間で切り換えるための信号 L1 / L2 を発生させるための高周波マスタクロックを含む。

【0035】

- 切り換え信号 L1 / L2 は、個々の磁気抵抗センサを第 1 の動作点 201 と第 2 の動作点 202 の間で切り換えるための、電流線 301、302、403、404 を循環する電流パルスを含む。

【0036】

- 磁場 B を測定するためのデバイス D から導かれた信号を処理するための手段 T は、前置増幅器 PA から導かれた信号の迅速なデジタル獲得のためのデバイスを含む。

【0037】

- 磁場 B を測定するためのデバイス D から導かれた信号を処理するための手段 T は：
 - 測定デバイス D によって第 1 の動作点 201 で測定された信号 M1 を記録することが意図された第 1 のサンプル・アンド・ホールド回路と、
 - 測定デバイス D によって第 2 の動作点 202 で測定された信号 M2 を記録することが意図された第 2 のサンプル・アンド・ホールド回路と、
 - 第 1 および第 2 のサンプル・アンド・ホールド回路から導かれた信号を一次結合するためのデジタル DSP またはアナログ 1301 獲得システムとを含む。

【0038】

- マスタクロックは、第 1 のサンプル・アンド・ホールド回路の第 1 の制御信号 SH1、および第 2 のサンプル・アンド・ホールド回路の第 2 の制御信号 SH2 をさらに発生させる。

【0039】

本発明の別の主題は、少なくとも 1 つの磁気抵抗センサを含む測定デバイスによる、磁場の測定に関連付けられる低周波雑音を抑制するための方法であって、前記方法は以下の

10

20

30

40

50

ステップを含む：

- 少なくとも1つの磁気抵抗センサの第1の動作点および第2の動作点を識別するステップであって、磁気抵抗センサは、第1の動作点における第1の感度および第2の動作点における第2の感度を有し、第2の動作点における感度は低いかまたはゼロである、ステップと、

- 磁気抵抗センサを、第1の感度を有する第1の動作点から第2の感度を有する第2の動作点に、および、第2の動作点から第1の動作点に切り換えることによって、磁気抵抗センサの感度を変調するステップと、

- 変調の間、第1の動作点S1における、磁場が存在する場合の測定デバイスDの第1の応答、および第2の動作点における、磁場が存在する場合の測定デバイスの第2の応答M2を測定するステップと、

- 測定システムDの第1の応答M1および第2の応答M2の一次結合を計算するステップ。

【0040】

本発明による方法の第1のステップが、デバイスDに存する磁気抵抗センサの2つの動作点を識別することを可能とし、2つの動作点は2つの異なる感度を有する。

【0041】

有利には、第2の動作点は、外部磁場に対して低い感度またはゼロ感度を有するように選択される。これが、センサCの低周波雑音による抵抗の変動を外部磁場による抵抗の変動から区別することを可能にする。

【0042】

次に、デバイスDの磁気抵抗センサを2つの動作点の間で切り換えるために、例えば変調手段Mを使用してセンサの感度を変調される。

【0043】

したがって第1の動作点および第2の動作点におけるデバイスDの応答を測定することができ、それにより磁気抵抗素子の低い感度またはゼロ感度の状態における主として低周波雑音による抵抗の変動を識別することができる。

【0044】

また、本発明による方法は、個々に考慮して、あるいは技術的に可能なそれらのあらゆる組合せに従って、以下の特徴のうちの1つ以上を有することも可能である：

【0045】

- センサの感度の変調の周波数が、低周波雑音がセンサCと関連付けられた熱雑音より小さくなる周波数101より高い。

【0046】

- センサの感度の変調MODの周波数が、低周波雑音がセンサCと関連付けられた熱雑音より小さくなる周波数101より少なくとも2倍高い。

【0047】

- 測定デバイスDは、ハーフブリッジ構成に従って構成された2つの磁気抵抗センサ301、302と、前置増幅器とを含み、2つの磁気抵抗センサは磁場に対する逆応答を有し、ハーフブリッジ構成は、第1のアームB1および第2のアームB2を含み、2つのアームは並列に接続され、アームの各々は、抵抗Rおよび磁気抵抗センサ301、302のうちの一方を含み、ハーフブリッジ構成は、第1の出力V+および第2の出力V-をさらに含み、2つの出力は低雑音前置増幅器に接続され、個々の出力V+、V-は、抵抗Rのうちの1つと、磁気抵抗センサ301、302のうちの1つとの間の接合点である。

【0048】

- 測定デバイスDは、第1の対の磁気抵抗センサ401、401aおよび第2の対の磁気抵抗センサ402、402aと、低雑音前置増幅器とを含み、第1の対のセンサ401、401aは、第2の対のセンサ402、402aと比べて逆応答を有し、磁気抵抗センサ401、401a、402、402aはブリッジ構成に従って構成され、ブリッジ構成は、第1のアームB1および第2のアームB2を含み、2つのアームは並列に接続され

10

20

30

40

50

、アームの各々は、第1の対の磁気抵抗センサ401、401a、および第2の対の磁気抵抗センサ402、402aを含み、ブリッジ構成は、第1の出力V+および第2の出力V-をさらに含み、2つの出力は低雑音前置増幅器に接続され、個々の出力V+、V-は、第1の対の磁気抵抗センサ401、401aと、第2の対の磁気抵抗センサ402、402aとの間の接合点である。

【0049】

- 少なくとも1つの磁気抵抗センサの感度を変調するステップMODは、少なくとも1つの磁気抵抗センサの近傍に構成された電流線であって、磁気抵抗センサの層の平面に磁場を発生させ、それによりセンサが第2の動作点にあるときに、その感度を減少させるか、あるいは相殺することによって磁気抵抗センサを飽和させるのに適した電流線を使用して遂行される。

10

【0050】

- 測定デバイスDの第1の応答M1および測定デバイスDの第2の応答M2を測定するステップMESは、デジタルまたはアナログ獲得システム1101を使用して遂行される。

【0051】

- 一次結合のステップLINは、デジタルまたはアナログ獲得システムを使用して遂行される。

【0052】

本発明の他の特徴および利点は、本発明についての、添付の図を参照してなされる、本発明を示すことを目的とした非制限の以下の説明から明らかになるであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の主題による、低周波雑音を減少させるためのシステムSを示す図である。

【図2】1/f雑音すなわち低周波雑音スペクトル密度を示すグラフである。

【図3】GMRセンサまたはTMRセンサの典型的な応答を示すグラフである。

【図4】低周波雑音を減少させるための、図1に示されているようなシステムSと関連付けられた、測定デバイスDの第1の例を示す図であり；この事例では2つの磁気抵抗素子を有するハーフブリッジ構成が表されている。

【図5】低周波雑音を減少させるための、図1に示されているようなシステムSと関連付けられた、測定デバイスDの第2の例を示す図であり；この事例では4つの磁気抵抗素子を有する完全ブリッジ構成が表されている。

30

【図6】統合電流線を有する、センサの感度を変調するために磁場を印加することを可能にするC形GMRセンサの物理的な例を示す図であり；このシステムは、磁場を測定するための、図1に示されているようなデバイスDに使用され得る。

【図7】図5に示されているようなブリッジの出力の時間曲線の例を示すグラフである。

【図8】磁気抵抗トンネルTMRセンサの典型的なスタックを示す図であり；このようなセンサは、図1に示されているデバイスDに使用され得る。

【図9】測定デバイスDから導かれる信号のデジタル処理と共に低周波雑音を抑制するためのシステムSの実施形態を、示す略図である。

40

【図10】2つの曲線M1およびM2をアナログ方式で得ること、および、デジタル一次結合をおこなうことを可能にする、低周波雑音を抑制するためのシステムSの実施形態の電子線図(electronic diagram)である。

【図11】2つの曲線M1およびM2をアナログ方式で得ること、および、アナログ一次結合をおこなうことを可能にする、低周波雑音を抑制するためのシステムSの実施形態の電子線図である。

【図12】変調手段Mから導かれる、GMRセンサまたはTMRセンサの感度を変調することを可能にする信号の例を示し、信号M1およびM2のアナログ処理回路を管理するために使用される信号を同じく示すグラフである。

【図13】本発明による、雑音を減少させるためのシステムを実現するための方法のステ

50

ップを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0054】

図1は、本発明による、低周波雑音を減少させるためのシステムSの例を示したものである。システムSは：

- 少なくとも1つの磁気抵抗センサの感度を変調するために使用される変調手段Mであって、例えばDC電圧Vの発生器、および電流または電圧パルス発生器GIを含む変調手段Mと、

- 外部磁場Bを測定するためのデバイスDであって、デバイスDは、少なくとも1つの磁気抵抗センサCと、磁気抵抗センサCから導かれた信号を増幅するための低雑音増幅器PAと、Dによって測定された信号の低周波数成分および高周波数成分を除去するための帯域通過フィルタFPBとを含み、デバイスDの部分を形成している個々の磁気抵抗センサが、外部磁場Bに対する異なる感度を伴う異なる動作点を有することに留意することが重要であり、デバイスDは、デバイスDから導かれた第1の測定値M1および第2の測定値M2を供給する、デバイスDと、

- 2つの測定値M1およびM2を記録し、および/または第1の測定値M1および第2の測定値M2の一次結合をおこなうように、信号を処理するためのデバイスTとを含む。

【0055】

図2は、磁気抵抗センサの1/f雑音スペクトル密度の例を示したものである。この図では、低周波雑音は、周波数101から熱雑音より小さくなることが理解され得る。この事例では、2つの動作点の間の発振周波数は周波数101より高いことが必要であり、また、可能である場合、点101に対応する周波数より少なくとも2倍高いことが必要である。

【0056】

異なる感度を有する2つの動作点の間の発振周波数は、磁気抵抗センサの感度の変調の周波数とも呼ばれる。

【0057】

有利には、十分に高い変調周波数、すなわち抵抗の変動が熱雑音に等しくなる周波数より高い変調周波数を選択することがより良好である。

【0058】

図3は、ゼロ場において正しい応答を有するように線形化された、GMRタイプまたはTRMタイプの磁気抵抗センサの典型的な応答を示したものである。y軸は、磁気抵抗センサの端子で測定された電圧を表しており、また、x軸は外部磁場を表している。2つの動作点201および202は、第1の感度S1および第2の感度S2を有する2つの点である。

【0059】

感度は、図3に示されている曲線の傾きに比例し、点201は高い感度S1に対応し、また、点S2は、低い感度またはゼロ感度に対応することが理解され得る。詳細には、点201は、センサの動作ゾーンすなわち感度ゾーンに存在している。点202は、その感度が低くなるか、あるいはゼロになる飽和ゾーンに存在している。本発明によるシステムSは、磁気抵抗センサをこれらの2つの点201と202の間で発振させることを可能にする。

【0060】

例えば個々の磁気抵抗素子に印加される磁場が、スタックの感度の軸の平面において、値Hsを超えたとき、センサは飽和領域にある。

【0061】

図4は、本発明によるシステムSの測定デバイスDの第1の実施形態を示したものである。この実施形態によれば、測定デバイスDは、2つの磁気抵抗センサ301および302、ならびに2つの同一の抵抗Rを含む。これらの4つの素子は、図4に示されているハ

10

20

30

40

50

ーフブリッジ構成に従って接続されている。

【 0 0 6 2 】

詳細には、ーフブリッジ構成は、第 1 のアーム B 1 および第 2 のアーム B 2 に接続された供給電圧 V を含む。これらの 2 つのアームは並列に接続されている。電圧 V に接続されているアーム B 1 および B 2 の端部とは反対側の端部はアースに接続されている。2 つのアーム B 1 および B 2 の各々は、抵抗 R および磁気抵抗素子を含む。図 4 に示されている例では、供給電圧 V は、2 つの抵抗 R の間の接合点に接続されている。別法としては、電圧 V は、2 つの磁気抵抗センサ 3 0 1 と 3 0 2 の間の接合点に接続され得る。

【 0 0 6 3 】

図 4 の構成の個々のアーム B 1、B 2 は出力 V -、V + を含む。2 つの出力 V -、V + は低雑音前置増幅器 P A に接続されている。

10

【 0 0 6 4 】

2 つの磁気抵抗センサ 3 0 1 および 3 0 2 は、外部の場に対して逆応答を有している。言い換えると、図 4 のブリッジによって占有される体積中の一様な外部磁場の作用の下では、第 1 の磁気抵抗センサ 3 0 1 の磁気抵抗の増加は、第 2 の磁気抵抗センサ 3 0 2 の磁気抵抗の減少に対応する。

【 0 0 6 5 】

有利には、これが、2 つの出力 V + と V - の間の電位差を測定することを可能にし、この電位差は、測定する外部磁場に比例する。

【 0 0 6 6 】

本発明を実現するためには、高い感度 S 1 を有する第 1 の動作点 2 0 1 と、ゼロ感度を有する第 2 の動作点 S s a t との間で、磁気抵抗センサ 3 0 1 および 3 0 2 の感度を変調することが必要である。この変調は、十分な強度の磁場を磁気抵抗センサの層の平面に印加し、それにより磁気抵抗センサを飽和ゾーンへ変位させてセンサを飽和させることによって得られうる。

20

【 0 0 6 7 】

2 つの素子 3 0 1 および 3 0 2 が逆応答を有するには、個々の素子に印加される飽和磁場が反転されていなければならない。

【 0 0 6 8 】

図 4 に示されている実施形態によれば、個々の素子 3 0 1、3 0 2 への飽和磁場の印加は、電流線 3 0 3 および 3 0 4 によって遂行される。強い場 - ゼロ場発振は、例えば図 6 に提案されている統合電流線 3 0 3 および 3 0 4 によって生じる。電流は、適用される電流モードでセンサが飽和するように、すなわち H s + H p より強い磁場を素子に対して作り出すことができるように選択されなければならない。ここで H p は、センサに対する所望の場の動作範囲であり、また、H s は素子の飽和場 (s a t u r a t i o n f i e l d) である。同じ磁場に対して印加される電流は、センサの幅と逆に変わる傾向があるため、横方向の寸法が短い、典型的には 3 から 5 μ m 程度の幅のセンサを使用することが好ましいが、この範囲外の幅も選択され得る。

30

【 0 0 6 9 】

センサの第 1 の動作点は、線に電流がないことに対応する。第 2 の動作点は、電流が線にあることに対応し、これが十分に強い飽和磁場を作り出すことによってセンサを飽和させる。電流を、第 2 の動作点 2 0 2 が 2 つのセンサで同じ抵抗値に対応し、したがってそれらの逆応答が与えられると、物理的に必ず反転されるように、線に印加する必要があることが強調されるべきである。図 4 に示されている電流線 3 0 3、3 0 4 のレイアウトは、線を循環する同じ電流が、逆応答を有する素子 3 0 1 および 3 0 2 と相応して反転磁場を得ることを可能にする。電流の印加中、また、その抑制中に、迅速な小さい遷移が存在し得る。

40

【 0 0 7 0 】

有利には、電流線 3 0 3 および 3 0 4 は測定デバイス D 内に統合されてもよく、それにより低周波雑音を減少させるためのシステム S の大きさを減少させることができる。

50

【 0 0 7 1 】

別法としては、素子 3 0 1 および 3 0 2 が十分に間隔を隔てている場合、2 つの独立したコイルが使用されて飽和磁場が印加され得る。

【 0 0 7 2 】

有利には、ハーフブリッジ構成は、磁気抵抗センサの動作点から独立した出力を有することを可能にする。言い換えると、磁気抵抗素子が第 1 の動作点 2 0 1 にあるときの図 4 のブリッジの差動出力電圧は、磁気抵抗素子が飽和点 2 0 2 にあるときの差動電圧に近い。

【 0 0 7 3 】

この構成は、いずれの事例においても低雑音前置増幅器 P A を飽和させることなくブリッジの出力電圧を増幅することができるため、極めて有利である。

10

【 0 0 7 4 】

図 5 は、低周波雑音を減少させるためのシステム S のための測定デバイス D の第 2 の実施形態を示したものである。この事例では、4 つの磁気抵抗素子を有する完全ブリッジ構成が存在している。素子 4 0 1 および 4 0 1 a は、素子 4 0 2 および 4 0 2 a と比較して逆応答を有している。

【 0 0 7 5 】

図 5 の回路の動作は図 4 の動作に類似している。磁気抵抗素子の飽和磁場は、電流線 4 0 3 および 4 0 4 によって印加され得る。これらの電流線はデバイス D 内に統合されて、システム S の大きさを減少させることができる。

【 0 0 7 6 】

別法としては、素子 4 0 1、4 0 1 a、4 0 2、4 0 2 a が十分に間隔を隔てている場合、4 つの独立したコイルが使用されて、センサを飽和させるための磁場が発生され得る。

20

【 0 0 7 7 】

有利には、このブリッジ構成は、一方では磁気抵抗センサの動作点から独立した出力を有することを可能にし、また、他方では出力振幅に対する 2 倍の利得を可能にする。

【 0 0 7 8 】

図 4 に示されているハーフブリッジ構成の事例、および図 5 に示されているブリッジ構成の事例のいずれにおいても、磁気抵抗素子は逆応答を有していなければならない。この逆応答は、既に知られている方法に従って得られうる：第 1 は、同一であるが、物理的に反転されたセンサを取り付ける 4 ことにある。この方法は、使用が単純であるが、2 つの独立したシリコンダイを有する必要がある、したがってより高い商業原価を有する。第 2 の方法は、局所加熱手段による、局所磁場下加熱 (local under field heating) によって 2 つの磁気抵抗素子 4 0 2、4 0 2 a の基準層をフリッピングすることにある。第 3 の方法は、逆であるが極めて類似している応答を有する 2 つのわずかに異なるスタックを堆積させることにある。優先実施形態では、低コストで産業化され得る方法を有することができる第 2 の方法が適用される。

30

【 0 0 7 9 】

図 6 は、統合電流線を有する、センサを飽和させるための十分な磁場を作り出すことができ、その一方で電流消費が少ない、C 形 GMR センサの物理的な例を示したものである。

【 0 0 8 0 】

図 7 a は、図 5 に表されているようなデバイス D の出力の時間曲線の例を示したものである。この曲線は、図 5 のブリッジの出力電圧を表しており、ブリッジは正弦波の外部磁場にさらされている。曲線 7 b は、電流線 4 0 3 および 4 0 4 に流れる電流を示したものである。電流線に送られる電流は、センサ 4 0 1、4 0 1 a、4 0 2 および 4 0 2 a に印加される磁場に対応しており、それらを飽和させることができる。言い換えると、線に電流が流れていないとき、センサは、感度が高い第 1 の動作点 2 0 1 にある。

40

【 0 0 8 1 】

線に電流が存在する場合、印加される磁場は、センサ C の動作点を低い感度またはゼロ感度の点 2 0 2 へ変位させることによってそれらを飽和させる。

【 0 0 8 2 】

50

有利には、電流線 403、404 に流れる電流は、例えば図 1 の変調手段 M によって制御される。線に電流が存在しないことは、変調手段 M の第 1 の構成に対応し、また、線に電流が存在することは、変調手段 M の第 2 の構成に対応する。

【0083】

有利には、測定デバイス D の磁気抵抗素子の動作点は、変調手段 M によって制御され得る。

【0084】

図 7c は、外部磁場および図 7b の電流の励起の存在下におけるブリッジの出力を示したものである。この曲線では、電流線 403、404 に電流が存在しない場合、デバイス D は外部の場に対してセンシティブであり、ブリッジの出力はこの場の変化を追従することが理解され得る。ブリッジの出力は、例えば図 7b の点 601 における測定値を含む。

10

【0085】

電流線 403、404 に電流が存在する場合、磁気抵抗センサは飽和され、デバイス D はもはや外部の場に対してセンシティブではない。ブリッジの出力は、例えば点 602 における測定値を伴う。

【0086】

したがって本発明によるシステム S のデバイス D は、磁気抵抗センサの第 1 の動作点に対応する第 1 の測定値 M1 を供給することができる。この第 1 の測定値 M1 は、図 7c のタイプ 601 の点に対応する。また、デバイス D は、磁気抵抗センサの第 2 の動作点に対応する第 2 の測定値 M2 を供給することもできる。第 2 の測定値 M2 は、図 7c のタイプ 602 の点に対応する。

20

【0087】

有利には、図 7c のタイプ 602 の点と関連付けられた第 2 の測定値 M2 は、主として磁気抵抗素子の低周波雑音による抵抗の変動を含む。

【0088】

したがって測定値 M1 および M2 の一次結合をおこなうことによって低周波雑音を除去することができる。

【0089】

図 8 は、トンネル磁気抵抗 TMR の典型的なスタックを示したものである。Cu または CuN タイプの合金であることがしばしばである層 701 は、下部電極として働く。層 702 は成長層として働く。CoFeB 704 タイプの層に結合された PtMn または IrMn タイプの反強磁性である層 703 は、基準として働く。障壁は、Al₂O₃ または優先的には MgO 705 で形成される。層 706 および 707 は従来のフリー層を形成する。すなわち外部の場を追従する層。層 708 は、保護およびトンネル接合の上部コンタクトのための開始点として働く。

30

【0090】

文献から知られているスタックの多くの代替が存在する。

【0091】

図 9 は、雑音がない信号の直接デジタル獲得およびデジタル再構築の事例における、本発明によるシステム S の例示的实施形態を示したものである。

40

【0092】

変調手段 M は、供給信号 V、ならびに周波数が f で、パルス幅が調整可能である 2 つの周期信号 L1 および L2 を発生させる。GMR に対する典型的な周波数 f は約 100 kHz である。サイズが小さい TMR の場合、典型的な周波数 f は、10 MHz まで高くすることができる。信号 V は、GMR ブリッジまたは TMR ブリッジに供給する DC 電圧である。周期信号 L1 および L2 は、電流線 403、404 を供給する。典型的なパルス幅値は全サイクルの 50% である。2 つのパルスは同相である。ブリッジ出力部では、低雑音前置増幅器 PA、ならびに f より高い周波数および f より十分に低い周波数を遮断するフィルタ FPB が、デジタル処理手段 DSP によってデジタル的に獲得され、変換され、処理される、信号を条件付ける。

50

【 0 0 9 3 】

実施形態 9 による変調手段 M は、例えば D C 電圧 V 発生器およびパルス発生器または関数発生器 G I を含む。

【 0 0 9 4 】

超低雑音前置増幅器 P A は、切換え速度の少なくとも 5 倍の帯域幅を有していなければならない。

【 0 0 9 5 】

デジタル信号処理手段 D S P は、典型的には約 1 0 M H z のサンプリング周波数で極めて迅速な獲得を遂行する。信号は、フィルタ F P B の出力中で直接獲得される。この事例では、すべての処理はデジタル方式でなされる。印加された個々の場の遷移後の点が平均される。この方法で 2 つの曲線 M 1 および M 2 が再構築される。次に、これらの 2 つの曲線が減算されて、雑音がない信号が得られる。

10

【 0 0 9 6 】

有利には、この実施形態は、デジタル信号処理手段 D S P を使用するおかげで実現が容易である。

【 0 0 9 7 】

他の実施形態は、アナログ信号処理手段 T の使用に基づいている。

【 0 0 9 8 】

図 1 0 は、2 つの独立した曲線 M 1 および M 2 をアナログ方式で得ることができ、また、デジタル処理手段 D S P によってデジタル的に一次結合をおこなうことができる、電子線図 (e l e c t r o n i c d i a g r a m) の例を示したものである。図 9 に既に存在しているモジュールに加えて、ダブル (d o u b l e) サンプル&ホールド 1 1 0 1 が挿入されている。ダブルサンプル&ホールド 1 1 0 1 は、この時点で 4 つの信号を発生させる変調手段 M によって統制される。2 つの信号 L 1 および L 2 は、図 4 によるブリッジの電流線のために意図されており、また、パルス幅が約 4 0 % 短い 2 つの逆相信号がサンプル&ホールド 1 1 0 1 に送られる。したがって 2 つの S & H 1 1 0 1 は、測定された信号、磁気抵抗センサが飽和されていないときは測定値 M 1、また、磁気抵抗センサが飽和されているときは測定値 M 2、を分離する。2 つの信号 M 1 および M 2 は、格納され、変換され、減算されて、雑音がない信号を得る。測定値 M 1 および M 2 の格納および減算のこれらの動作は、デジタル信号処理手段 D S P によって遂行される。

20

30

【 0 0 9 9 】

より詳細には、2 つの S & H 回路 1 1 0 1 の動作は、関数発生器 G I によって発生させられる信号を示す図 1 2 に関連して説明される。

【 0 1 0 0 】

関数発生器は、典型的には 1 M H z である高い周波数 f におけるマスタクロックの役割を有しており、3 つの信号、L 1 / L 2、S H 1、S H 2 を発生させる。信号 L 1 / L 2 は、ゼロ電流 - 大電流切換えの実現を管理し、また、検出モードから飽和モードへと渡ることを可能にする。信号 S H 1 は第 1 の S & H 1 1 0 1 を管理し、信号 S H 2 は第 2 の S & H 1 1 0 1 を管理する。

【 0 1 0 1 】

図 1 2 は、第 1 の S & H 回路は、電流線に電流が存在しない間、すなわち L 1 / L 2 信号がゼロであるとき、獲得モードにあることを示している。この第 1 の S & H 回路が、測定値 M 1 に戻って作動することを可能にする。それとは逆に、第 2 の S & H 回路は、電流が電流線を循環しているとき、すなわち信号 L 1 / L 2 が非ゼロであるとき、獲得モードにある。この第 2 の S & H 回路が、低周波雑音による抵抗の変動を本質的に含む測定値 M 2 に戻って作動することを可能にする。

40

【 0 1 0 2 】

変調手段 M の第 1 の構成は信号 L 1 / L 2 がないことに対応する：磁気抵抗センサは感度ゾーンにある。変調手段 M の第 2 の構成は信号 L 1 / L 2 が存在することに対応する：磁気抵抗センサは飽和ゾーンにある。

50

【 0 1 0 3 】

有利には、S & H回路を管理するこの方式は、製造が単純で、安価な電子工学 (e l e c t r o n i c) を使用して測定値M 1およびM 2を分離することを可能にする。

【 0 1 0 4 】

信号L 1 / L 2と2つの信号S H 1およびS H 2の間の時間シフトは、図1 2に示されているように、切換えの終了時の少し後にS & H回路が獲得モードに、また、後続する切換えの前に記憶モードに置かれるようになっている。

【 0 1 0 5 】

有利には、この時間シフトが、切換えに引き続く遷移を分離すること、および、低周波雑音をより正確に除去することを可能にする。

10

【 0 1 0 6 】

図1 1は、全体が信号のアナログ処理のステップを伴う、本発明によるシステムSの第3の例示的实施形態を、示したものである。図1 0のデバイスと異なり、この場合、デジタル信号処理手段D S Pは、2つの測定値M 2およびM 1の減算をアナログ方式でおこなうことができる減算回路1 3 0 1に置き換えられている。

【 0 1 0 7 】

有利には、図1 1のシステムは全面的にアナログシステムであり、潜在的にセンサのレベルで統合可能であり、変調および減算のこれらのステップを使用者に対して透過的にする。

【 0 1 0 8 】

20

図1 3は、本発明によるシステムSを実現するための方法のステップを示したものである。

【 0 1 0 9 】

第1のステップI Dの間、外部の場Bを測定するためのデバイスDの部分形成している少なくとも1つの磁気抵抗センサの2つの動作点2 0 1および2 0 2が選択される。点2 0 1および2 0 2は、外部磁場Bに対する2つの極めて異なる感度を有するように選択される。第2の動作点における感度S s a tは、極めて低いか、あるいはゼロである。

【 0 1 1 0 】

第2のステップM O Dの間、変調手段Mが使用されて、少なくとも1つの磁気抵抗センサCが、第1の感度S 1を有する第1の動作点2 0 1から第2の感度S s a tを有する第2の動作点2 0 2に、および、第2の動作点2 0 2から第1の動作点2 0 1に切り換えられる。

30

【 0 1 1 1 】

ステップM E Sの間、感度ゾーンおよび飽和ゾーンにおけるデバイスDの磁気抵抗センサの応答が記録され、磁気抵抗センサの感度の変調が依然として実施される。飽和ゾーンにおける磁気抵抗センサの応答、すなわち測定値M 2は、低周波雑音による抵抗の変動を本質的に含む。感度ゾーンにおける磁気抵抗センサの応答、すなわち測定値M 1は、低周波雑音による変動に加えて、外部磁場の変化による抵抗の変化を含む。それにより依存および独立の2回の曲線が得られる。

【 0 1 1 2 】

40

したがってステップL I Nの間、測定値M 1およびM 2の一次結合をおこなって、雑音がない信号を得ることができ、また、任意選択で、抵抗の内部変動を独自に与える曲線を得ることができる。

【 0 1 1 3 】

実施形態によれば、ステップL I Nの一次結合は、2つの測定値M 1およびM 2を減算することにある。

【 0 1 1 4 】

別の実施形態によれば、ステップL I Nの間、タイプM 1 - M 2の式に従って測定値M 1およびM 2が一次結合される。パラメータは、M 2を測定している間の残留感度に本質的に依存する。これがゼロである場合、はゼロであり、そうでない場合、は、感

50

度比率にほぼ等しくなる。

【0115】

本発明による方法の実施形態によれば、磁気抵抗センサの感度の変調の周波数は、低周波雑音が磁気抵抗センサと関連付けられた熱雑音より小さくなる周波数101より高い。

【0116】

方法の実施形態によれば、センサの感度の変調の周波数は、低周波雑音が磁気抵抗センサと関連付けられた熱雑音より小さくなる周波数101より少なくとも2倍高い。

【0117】

ステップMESは、測定デバイスDを使用して遂行され得る。デバイスDは、本発明によるシステムSに関連して示された構成のうちの1つに従って製造され得る。

10

【0118】

ステップMESおよびLINは、信号を処理するための手段Tを使用して遂行され得る。処理手段Tは、本発明によるシステムSに関連して説明された構成のうちの1つによれば、デジタル、アナログ、または一部がデジタルで、一部がアナログであってもよい。

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

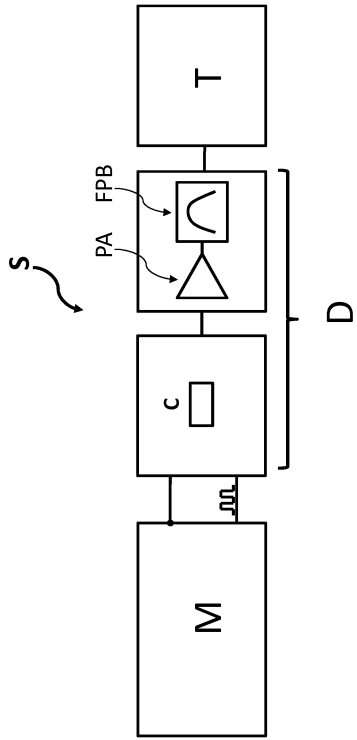


Figure 1

【図 2】

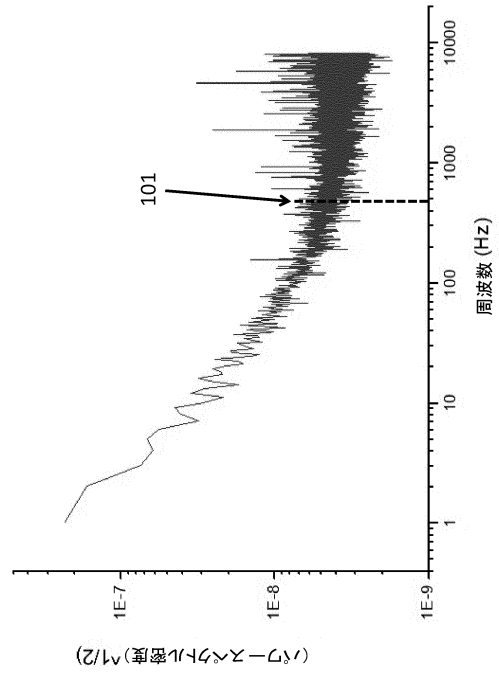


Figure 2

【図 3】

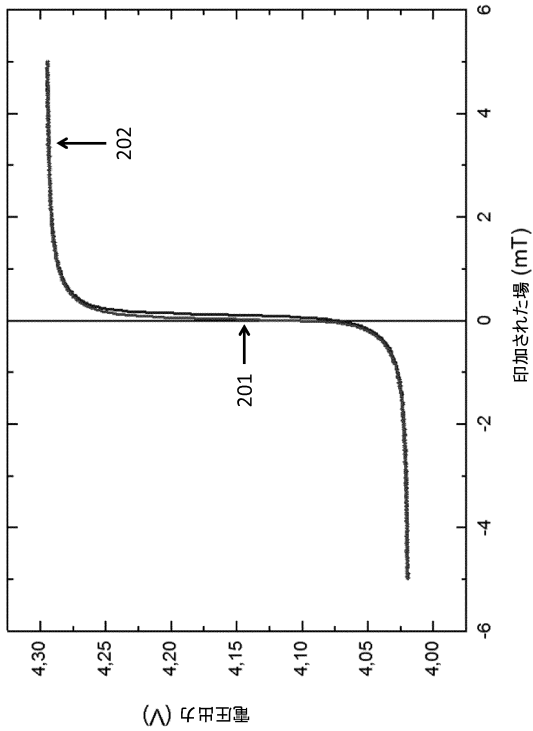


Figure 3

【図 4】

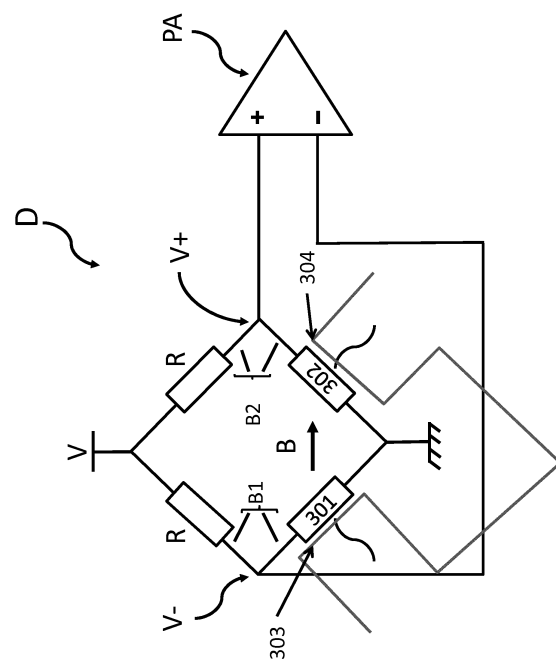


Figure 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

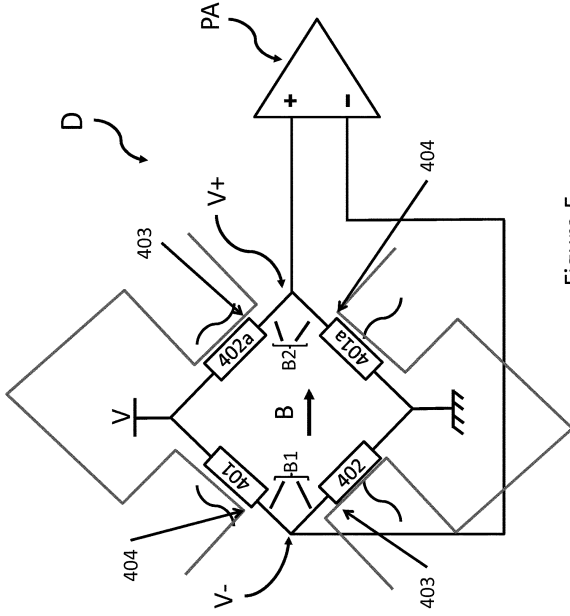


Figure 5

【 図 6 】

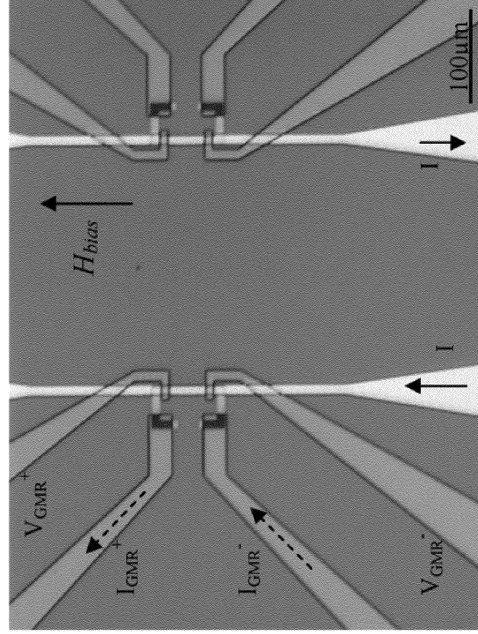


Figure 6

【 図 7 】

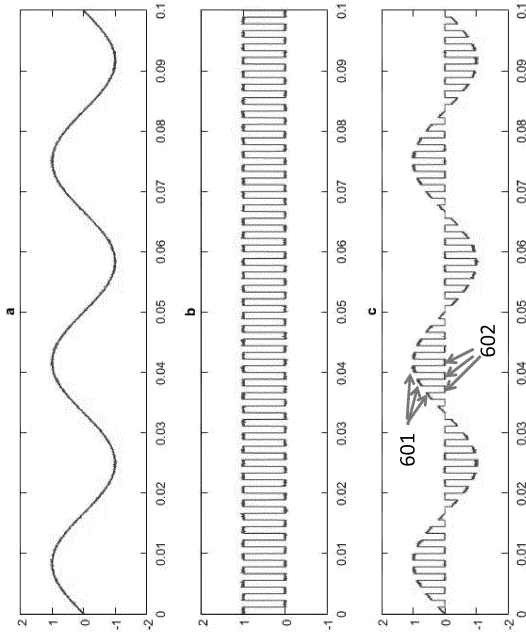


Figure 7

【 図 8 】

708 Ta
707 NiFe
706 CoFe10
705 MgO
704 CoFeB
703 PtMn
702 Ta
701 CuN

Figure 8

【図 9】

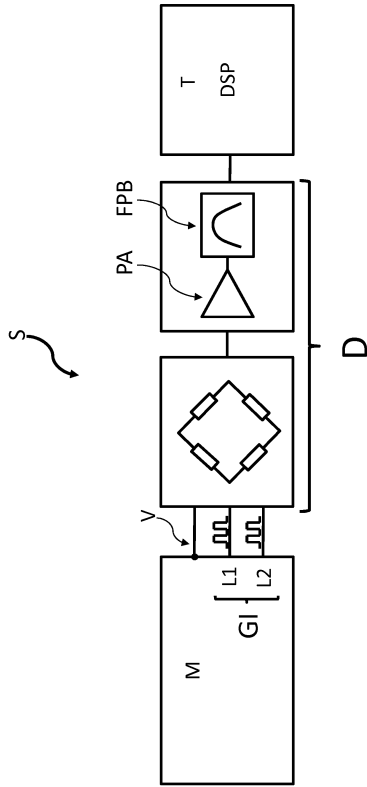


Figure 9

【図 10】

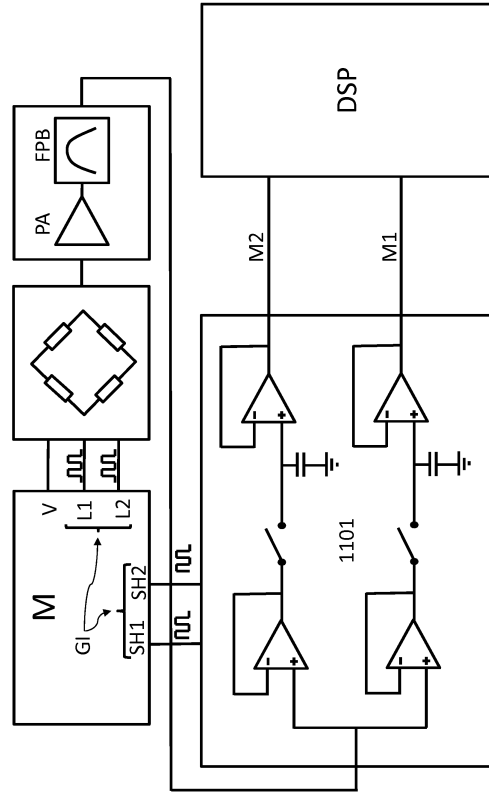


Figure 10

【図 11】

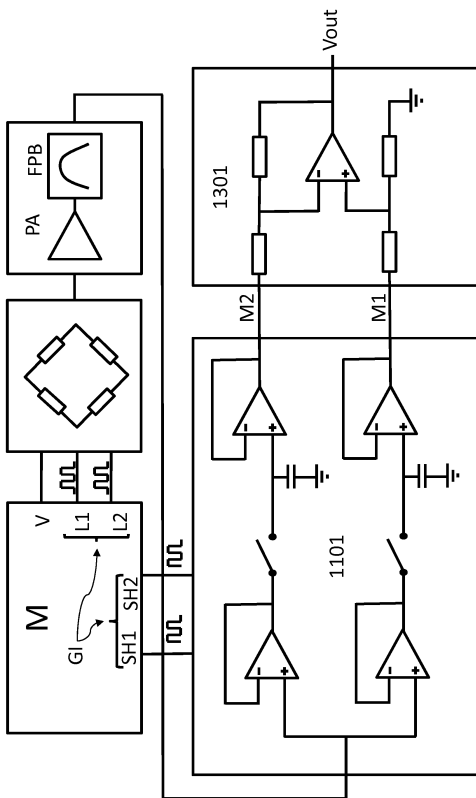


Figure 11

【図 12】

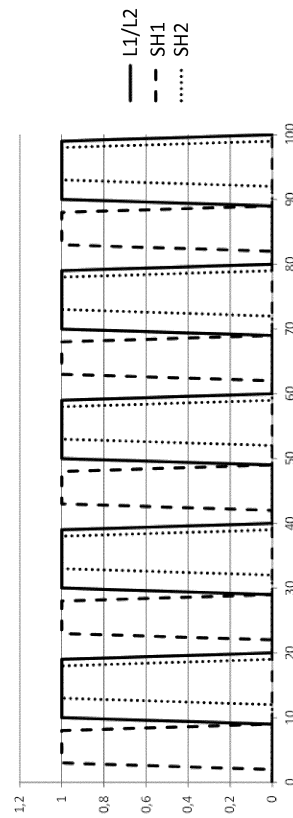


Figure 12

10

20

30

40

50

【 1 3 】

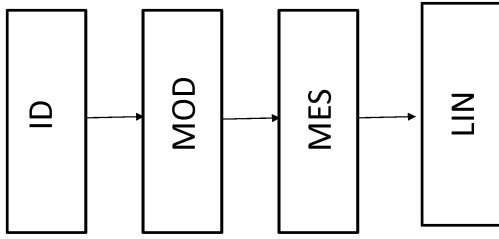


Figure 13

10

20

30

40

50

フロントページの続き

フランス国、9 1 4 4 0・ビュール・シュル・イベット、アブニュ・ドゥ・ラ・ミュチュアリテ・
4 1

(72)発明者 ト라우シュセック, バンサン

フランス国、7 5 0 1 9・パリ、アブニュ・シモン・ポリバル・6 0

審査官 島田 保

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 0 8 / 0 2 2 4 6 9 5 (U S , A 1)

特表2 0 1 0 - 5 3 2 4 7 1 (J P , A)

特開平0 5 - 2 6 4 6 9 5 (J P , A)

特開2 0 1 7 - 0 7 2 3 7 5 (J P , A)

国際公開第2 0 0 4 / 0 6 8 1 5 2 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

G 0 1 R 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 6

H 0 1 L 4 3 / 0 8