

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6766333号
(P6766333)

(45) 発行日 令和2年10月14日(2020.10.14)

(24) 登録日 令和2年9月23日(2020.9.23)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 V 3/08 (2006.01)
G O 1 R 33/02 (2006.01)G O 1 V 3/08
G O 1 R 33/02A
L

請求項の数 10 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2015-198967 (P2015-198967)
 (22) 出願日 平成27年10月6日 (2015.10.6)
 (65) 公開番号 特開2017-72456 (P2017-72456A)
 (43) 公開日 平成29年4月13日 (2017.4.13)
 審査請求日 平成30年6月19日 (2018.6.19)

(73) 特許権者 000116655
 愛知製鋼株式会社
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地
 (74) 代理人 100083046
 弁理士 ▲高▼橋 克彦
 (72) 発明者 河野 剛健
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製
 鋼株式会社内
 (72) 発明者 荒川 英男
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 アイチ
 ・マイクロ・インテリジェント株式会社内
 (72) 発明者 山本 道治
 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製
 鋼株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】微小磁性体検知センサおよび異物検知装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象物内の自然磁化により磁石化している微小磁性体の有無を検出するための微小磁性体検出センサであって、

アモルファス材料の感磁体にパルス電流または交流電流が通電された場合に、前記感磁体の周辺において検出感度が依存する位置および姿勢が検査対象物内において不特定の状態で位置する自然磁化により磁石化しているサイズが0.1mmの微小磁性体の異物が発生する数nTレベルの微弱な局部磁界に対応する電圧を出力する磁気検出素子と、

前記電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、該出力信号が一定レベル以上かどうかにより異物有無の出力信号を出力する信号処理装置とから成り、

前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるように配設され、1つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも2個の感磁体より成ることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 2】

前記請求項1において、

前記2個の感磁体が、それぞれ前記微小磁性体が発生する局部磁界に対応する電圧を出力するように構成されていることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 3】

10

20

前記請求項 1 または請求項 2 において、

前記少なくとも 2 個の感磁体が、2 次元的に配設されていることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 4】

前記請求項 1 または請求項 2 において、

少なくとも 3 個の感磁体が、空間において 3 次元的に磁気的に干渉しないように配設されていることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 5】

前記請求項 3 において、

微小磁性体の局部磁界を検出する 2 個の感磁体が、矩形の基板の隣り合う 2 辺の端部に沿って接触しないように直交関係に配設され、

前記 2 個の感磁体に接続され、パルス電流または交流電流を通電する駆動回路が前記基板に配設されるとともに、

前記 2 個の感磁体に接続され、前記 2 個の感磁体によって検出された前記微小磁性体の局部磁界に基づく電圧を信号処理する信号処理装置が前記基板に配設されていることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 6】

前記請求項 4 において、

微小磁性体の局部磁界を検出する 3 個の感磁体が、互いの感度軸が成す角度が略直角になる 3 次元方向に配設され、

前記 3 個の感磁体に接続された前記信号処理装置が、前記 3 個の感磁体の出力信号に基づき前記微小磁性体が発する局部磁界の全磁力信号成分を求める特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 7】

前記請求項 1 または請求項 2 において、

前記少なくとも 2 個の感磁体が、前記一つの感磁体の前記感度軸の延長線が、残りの感磁体に接触しないように配置され、

少なくとも 2 個の検出コイルが前記少なくとも 2 個の感磁体に巻回されるとともに、信号処理装置に接続されていることを特徴とする微小磁性体検出センサ。

【請求項 8】

前記磁気検出素子として、磁気インピーダンス素子または直交フラックスゲート型検出素子を用いるとともに、前記信号処理装置が、前記磁気検出素子が出力する前記減衰振動電圧に対して、それぞれ信号処理を施した後に加算することにより、全磁力信号成分を演算する演算手段を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の微小磁性体検出センサ。

【請求項 9】

アモルファス材料の感磁体にパルス電流または交流電流が通電された場合に、前記感磁体の周辺において検出感度が依存する位置および姿勢が不特定の状態で位置する自然磁化により磁石化しているサイズが 0.1 mm の微小磁性体の異物が発生する数 n T レベルの微弱な局部磁界に対応する電圧を出力する磁気検出素子と、

前記電圧を信号処理して出力信号を出力する信号処理装置と、

該信号処理装置の出力信号に基づき表示部に表示を行う表示装置とから成り、

前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるようにある面に配設され、1 つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも 2 個の感磁体より成り、同一平面における検出領域内において間隔を置いて多数配設されるとともに、

前記検出領域内に載置された検査対象物内に磁石化した微小磁性体の異物が混入されている場合には、該微小磁性体の微弱な局部磁界を検出した前記磁気検出素子の少なくとも 2 個の感磁体が出力する前記電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、

10

20

30

40

50

該出力信号が一定レベル以上かどうかにより異物有無の出力信号を出力するように前記信号処理装置が信号処理することにより、前記微小磁性体が発する微弱な局部磁界の大きさを求め、前記表示装置が前記表示部において前記検出領域内において載置された前記検査対象物内に混入されている前記微小磁性体の異物の有無および位置を表示するように構成されていることを特徴とする異物検出装置。

【請求項 10】

前記磁気検出素子として磁気インピーダンス素子または直交フラックスゲート型検出素子を用いることを特徴とする請求項 9 に記載の異物検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、例えば地磁気等による自然磁化、あるいは人工的な磁化により磁石化している微小磁性体を検知する微小磁性体検知センサおよび検査対象物内に異物として混入された微小磁性体を検知する異物検知装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の磁性体検知装置は、例えば、図 24（特許文献 1 の図 5）に示されるように、書類を載置可能な書類載置面 P D に多数のフラックスゲート型磁気検出素子 S が分布して配設されているセンサユニット S U と、前記複数のフラックスゲート型磁気検出素子 S からの検出信号に基づいて、書類にステープル等が付着しているか否かを判定するコントロールボックスを備えるものである。

20

【0003】

前記フラックスゲート型磁気検出素子 S は、図 25 に示されるように例えばパーマロイまたはセンダストなどの軟磁気特性を有する材料を環状に成形した磁心 C O に励磁用コイル R C および検出用コイル D C を巻装したものである。

【0004】

また、他の従来の金属検出装置としては、図 26（特許文献 2 の図 10 (b) ）に示されるように包装材で包装された被検査物 W である製品内の金属異物を検出するもので、被検査物 W を搬送路内で搬送するコンベア C B と、被検査物 W 中の金属 m を磁化する着磁部 M と、被検査物 W の搬送方向に対して直交する直交方向に鋭指向性を有するとともに、直交方向に複数のフラックスゲートセンサが配設された上下対向型のセンサヘッド S E を有し、前記着磁部 M により着磁された被検査物 W 中の金属 m の残留磁気の直交方向の成分を検出する検出ヘッド H と、前記被検査物 W が検出ヘッド H を通過する時に検出された該検出ヘッド H の複数のセンサヘッド S E からの検出信号が A D 変換器 A S により A D 変換され、変換されたデジタル信号に基づいて判定用閾値を参照して、被検査物 W 中の金属 m の有無を判定する判定手段 P S とを備えるものが提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 189376 号公報

40

【特許文献 2】特開 2014 - 29323 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来の特許文献 1 に記載の磁性体検知装置は、前記フラックスゲート型磁気検出素子 S がパーマロイまたはセンダストなどの軟磁気特性を有する材料を環状に成形した1個の大型の口の字状の磁心（コア）C O の上下延在部に励磁用コイル R C および検出用コイル D C を巻装する、いわゆる平行（閉磁路型）フラックスゲート型素子であるため、磁気検出素子が大型になることから、後述するように隣り合うセンサの間の距離が長くなることから、その間に位置する微小磁性体を検出できない場合があるという問題があった。

50

【0007】

また、本発明者等が前記従来の磁気検出素子を備えた磁性体検知装置によって、微小磁性体検出の試験を数多く行なったところ、精度良く検出できない場合が生じることが判明した。そして、詳細にその原因を調査したところ、下記に説明する知見を得た。

すなわち、特許文献1に記載の磁性体検知装置は、書類の左端において、縦方向に位置していることが予め分かっているステープルを検知するものであるため、前記フラックスゲート型磁気検出素子Sの磁性体であるパーマロイまたはセンダストなどの軟磁気特性を有する材料を環状に成形した1個の磁心（コア）Cの配設方向を、書類の左端に縦方向に位置しているステープルを感度良く検出できるように決定することが出来るが、被検査物がステープル以外の場合、具体的には、被検査物Wの製品内において位置および姿勢（角度）が不特定な状態で混入しているような金属片を検知する場合には、センサの感磁体である前記1個の磁心（コア）Cの配置によって決まるコアの中心軸である感磁軸sの1軸方向に対する前記金属片の相対的位置および姿勢によって検出感度が依存するため、前記フラックスゲート型磁気検出素子の磁心（コア）Cに対して検出感度の低い位置および姿勢で金属片が位置する場合には、検出出来ない場合が生じるということが分かった。10

また、特許文献2の従来の金属検出装置も図2、3から1個のパーマロイの大型磁性体を備える1つの磁気検出素子を搬送路の幅方向の複数箇所に配置したものであり、このように1個のパーマロイの大型磁性体の配設方向で決まる特定の一軸方向における磁界を検出する磁気検出素子を用いた場合には、前記した特許文献1に記載の磁性体検知装置と同様に磁性体が被検査物内における相対的位置および、姿勢（角度）が不特定な状態で混入しているような場合には、検出できないおそれがある可能性がある。20

【0008】

さらに特許文献2に記載の従来の金属検出装置において、前記センサヘッドSHで用いられる複数のセンサが、上述と同様に図25(a)に示される平行型のフラックスゲートセンサである場合には、大型であり、後述するように隣り合うセンサの間の距離が長くなることから、その間に位置する微小磁性体を検出できない領域が存在する可能性があるという問題があった。

【0009】

また前記金属検出装置は、センサが平行型のフラックスゲートセンサによって構成されているので、感磁体がパーマロイなどの軟磁気特性を有する材料の1個の磁心（コア）COによって構成されるものであるため、被検査物Wの製品内に混入した金属片が該1個の磁心（コア）COの配置によって決まるコアの中心軸である感磁軸sの1軸方向に対して検出感度が低い位置および姿勢の状態である場合には、検出できない場合があるという問題があった。30

【0010】

本発明は、上記課題を解決するために成されたものであり、微小磁性体の確実な検出を可能にするとともに、検査対象物内における位置および姿勢が不特定な状態で混入している微小磁性体の異物の検出を確実に可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0011】**

本発明者らは、上記課題を解決するために、磁気検出素子の感磁体として検出感度が高く小型化が可能でありアモルファスワイヤ、アモルファスリボンその他のアモルファス材料を用いることに着目するとともに、感磁体に対する微小磁性体の相対的な位置および姿勢に関係なく検出できるようにする必要があることに着目し、かかる着目に基づき1つのセンサにアモルファス材料より成る少なくとも2個以上の感磁体を用いて、1つの感磁体では微小磁性体が検知できない場合でも、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるように配設されている残りの感磁体によって微小磁性体を検出するという本発明の第1の技術的思想に着眼した。そして本発明者らは、さらに研究開発を重ねた結果、センサ内の感磁体に対する微小磁性体の相対的位置および姿勢に関係なく、微小磁性体を確実に検出する本発明に到達した。つまり検査対象物内において混入している微小磁性体の異4050

物の位置および姿勢が不特定な状態であっても、異物の確実な検知を可能とする本発明に到達したのである。

【0012】

また本発明者らは、前記磁気検出素子における少なくとも2つの感磁体が磁気的に干渉しないように配置する必要があることに着目し、前記磁気検出素子における一つの感磁体に前記感度軸の延長線が、残りの感磁体に接触（衝突）しないように配置するという本発明の第2の技術的思想に着眼し、少なくとも2個の感磁体が互いに磁気的に干渉することなく、微小磁性体の異物の検出を行うことを可能にする本発明に到達した。

【0013】

さらに本発明者らは、本発明の微小磁性体検出センサを検出領域内に多数配設して、該検出領域内に微小磁性体が位置する場合には、微小磁性体の局部磁界を検出した前記微小磁性体検出センサが出力する出力信号に基づき、表示装置の前記検出領域に対応する表示部内に微小磁性体を表示する異物検出装置の発明に到達し、検査対象物内に混入している異物の有無、前記検査領域における前記異物の位置および姿勢に応じて表示することを可能にする本発明に到達した。 10

【0014】

以上の検討の結果得られた本発明（請求項1に記載の第1発明）の微小磁性体検出センサは、

検査対象物内の自然磁化により磁石化している微小磁性体の有無を検出するための微小磁性体検出センサであって、 20

アモルファス材料の感磁体にパルス電流または交流電流が通電された場合に、前記感磁体の周辺において検出感度が依存する位置および姿勢が検査対象物内において不特定の状態で位置する自然磁化により磁石化しているサイズが 0.1 mm の微小磁性体の異物が発生する数nTレベルの微弱な局部磁界に対応する電圧を出力する磁気検出素子と、

前記電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、該出力信号が一定レベル以上かどうかにより異物有無の出力信号を出力する信号処理装置とから成り、

前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるように配設され、1つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも2個の感磁体より成るものである。 30

【0015】

本発明（請求項2に記載の第2発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第1発明において、

前記2個の感磁体が、それぞれ前記微小磁性体が発生する局部磁界に対応する電圧を出力するように構成されていることを特徴とするものである。

本発明（請求項3に記載の第3発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第1発明において、

前記少なくとも2個の感磁体が、2次元的に配設されているものである。

【0016】

本発明（請求項4に記載の第4発明）の微小磁性体検出センサは、 40

前記第1発明または第2発明において、

少なくとも3個の感磁体が、空間において3次元的に磁気的に干渉しないように配設されているものである。

【0017】

本発明（請求項5に記載の第5発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第3発明において、

微小磁性体の局部磁界を検出する2個の感磁体が、矩形の基板の隣り合う2辺の端部に沿って接触しないように直交関係に配設され、

前記2個の感磁体に接続され、パルス電流または交流電流を通電する駆動回路が前記基板に配設されるとともに、 50

前記 2 個の感磁体に接続され、前記 2 個の感磁体によって検出された前記微小磁性体の局部磁界に基づく電圧を信号処理する信号処理装置が前記基板に配設されているものである。

【 0 0 1 8 】

本発明（請求項 6 に記載の第 6 発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第 4 発明において、

微小磁性体の局部磁界を検出する 3 個の感磁体が、互いの感度軸が成す角度が略直角になる 3 次元方向に配設され、

前記 3 個の感磁体に接続された前記信号処理装置が、前記 3 個の感磁体の出力信号に基づき前記微小磁性体が発する局部磁界の全磁力信号成分を求めるものである。 10

【 0 0 1 9 】

本発明（請求項 7 に記載の第 7 発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第 1 発明または第 2 発明において、

前記少なくとも 2 個の感磁体が、前記一つの感磁体の前記感度軸またはその延長線が、残りの感磁体に接触しないように配置され、

少なくとも 2 個の検出コイルが前記少なくとも 2 個の感磁体に巻回されるとともに、信号処理装置に接続されているものである。

【 0 0 2 0 】

本発明（請求項 8 に記載の第 8 発明）の微小磁性体検出センサは、

前記第 1 ~ 7 発明において、

前記磁気検出素子として、磁気インピーダンス素子または直交フラックスゲート型検出素子を用いるとともに、前記信号処理装置が、前記磁気検出素子が出力する前記減衰振動電圧に対して、それぞれ信号処理を施した後に加算することにより、全磁力信号成分を演算する演算手段を備えることを特徴とするものである。 20

【 0 0 2 1 】

本発明（請求項 9 に記載の第 9 発明）の異物検出装置は、

アモルファス材料の感磁体にパルス電流または交流電流が通電された場合に、前記感磁体の周辺において検出感度が依存する位置および姿勢が不特定の状態で位置する自然磁化により磁石化しているサイズが 0 . 1 mm の微小磁性体の異物が発生する数 n T レベルの微弱な局部磁界に対応する電圧を出力する磁気検出素子と、 30

前記電圧を信号処理して出力信号を出力する信号処理装置と、

該信号処理装置の出力信号に基づき表示部に表示を行う表示装置とから成り、

前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるようにある面に配設され、1つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも 2 個の感磁体より成り、同一平面における検出領域内において間隔を置いて多数配設されるとともに、

前記検出領域内に載置された検査対象物内に磁石化した微小磁性体の異物が混入されている場合には、該微小磁性体の微弱な局部磁界を検出した前記磁気検出素子の少なくとも 2 個の感磁体が出力する前記電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、該出力信号が一定レベル以上かどうかにより異物有無の出力信号を出力するように前記信号処理装置が信号処理することにより、前記微小磁性体が発する微弱な局部磁界の大きさを求め、前記表示装置が前記表示部において前記検出領域内において載置された前記検査対象物内に混入されている前記微小磁性体の異物の有無および位置を表示するように構成されているものである。 40

【 0 0 2 2 】

本発明（請求項 10 に記載の第 10 発明）の異物検出装置は、

前記第 9 発明において、

前記磁気検出素子として、磁気インピーダンス素子または直交フラックスゲート型検出素子を用いるものである。 50

【発明の効果】**【0023】**

上記構成より成る第1発明の微小磁性体検出センサは、前記磁気検出素子を構成する最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるように配設され、1つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも2個のアモルファス材料の感磁体が、パルス電流または交流電流が通電されると、前記感磁体の周辺において検出感度が依存する位置および姿勢が不特定の状態で位置する自然磁化により磁石化しているサイズが 0.1 mm の微小磁性体が発生する数nTレベルの微弱な局部磁界に対応する電圧を出力するので、前記1つの感磁体から出力された電圧が零に近くても、感度軸が異なる方向に配設された残りの感磁体が電圧を確実に検出して出力することから、前記信号処理装置が前記検出電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、該出力信号が一定レベル以上かどうかにより前記検査対象物内の異物有無の出力信号を出力するので、前記少なくとも2個の感磁体に対する相対的姿勢にかかわらず微小磁性体の確実な検出および前記検査対象物内における異物の有無の検出を可能にするという効果を奏する。

10

【0024】

上記構成より成る本第2発明の微小磁性体検出センサは、前記第1発明において、前記2個の感磁体が、それぞれ前記微小磁性体が発生する局部磁界に対応する電圧を出力するので、微小磁性体の確実な検出を可能にするという効果を奏する。

20

上記構成より成る本第3発明の微小磁性体検出センサは、前記第1発明または第2発明において、前記磁気検出素子を構成する前記少なくとも2個のアモルファス材料の感磁体が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるとともに、2次元的に配設されているので、仮に2次元的に配設された一つの感磁体によって出力される電圧が零に近くても、感度軸が異なる方向に2次元的に配設された残りの感磁体が検出して電圧を確実に出力することから、前記少なくとも2個の感磁体に対する微小磁性体の2次元的な相対的位置および姿勢にかかわらず、微小磁性体の確実な検出を可能にするという効果を奏する。

【0025】

上記構成より成る本第4発明の微小磁性体検出センサは、前記第1発明または第2発明において、少なくとも3個の感磁体が、空間において3次元的に磁気的に干渉しないように配設されているので、仮に3次元的に配設された一つの感磁体によって出力される電圧が零に近くても、感度軸が異なる方向に3次元的に配設された残りの少なくとも2個のうち、いずれかの感磁体が電圧を検出して出力することから、前記少なくとも3個の感磁体に対する微小磁性体の3次元的な相対的位置および姿勢にかかわらず、微小磁性体の確実な検出を可能にするという効果を奏する。

30

【0026】

上記構成より成る本第5発明の微小磁性体検出センサは、前記第3発明において、微小磁性体の局部磁界を検出する前記2個の感磁体が、前記矩形の基板の隣り合う2辺の端部に沿って接触しないように直交関係に配設され、前記2個の感磁体に接続され、パルス電流または交流電流を通電する駆動回路が前記基板に配設されるとともに、前記2個の感磁体に接続され、前記2個の感磁体によって検出された前記微小磁性体の局部磁界に基づく電圧を信号処理する前記信号処置装置が前記基板に配設されているので、上記基板を検査領域内に必要数並置することにより、前記領域内に位置する前記微小磁性体の検出を可能にするという効果を奏する。

40

【0027】

上記構成より成る本第6発明の微小磁性体検出センサは、前記第4発明において、微小磁性体の局部磁界を検出する3個の感磁体が、互いの感度軸が成す角度が直角になる3次元方向に配設され、前記3個の感磁体に接続された前記信号処理装置が、前記3個の感磁体の出力信号に基づき、前記微小磁性体が発する磁界の全磁力信号成分を求めるものであるので、前記微小磁性体の前記3個の感磁体に対する3次元における相対的ないかなる姿

50

勢に対しても安定な位置および姿勢に応じた検出を可能にするという効果を奏する。

【0028】

上記構成より成る本第7発明の微小磁性体検出センサは、前記第1発明または第2発明において、前記少なくとも2個の感磁体が、前記一つの感磁体の前記感度軸またはその延長線が、残りの感磁体に接触しないように配置され、少なくとも2個の検出コイルが前記少なくとも2個の感磁体に巻回されるとともに、信号処理装置に接続されているので、前記少なくとも2個の感磁体が磁気的に干渉することなく、前記微小磁性体の精確な検出を可能にするとともに、検出コイルによって検出された減衰振動電圧を出力することを可能にするという効果を奏する。

【0029】

上記構成より成る本第8発明の微小磁性体検出センサは、前記第1～7発明で用いる前記磁気検出素子として、磁気インピーダンス素子または直交(開磁路)フラックスゲート型検出素子を用いるとともに、前記信号処理装置が、前記磁気検出素子が出力する前記減衰振動電圧に対して、それぞれ信号処理を施した後に加算することにより、全磁力信号成分を演算する演算手段を備えるものである。本第8発明の微小磁性体検出センサは、どちらの素子もアモルファス材料を感磁体として用い、パルス電流または高周波電流(磁気インピーダンス素子)、交流電流(直交フラックスゲート型検出素子)を通電することにより、周囲の磁場の強さに応じた電圧を出力することにより、磁場を検出できるもので、高感度かつ小型化が可能な磁気検出素子であり、前記微小磁性体の精確な検出を可能にするという効果を奏する。なお、フラックスゲートセンサには、直交型以外に従来多く用いられていたパーマロイをコアとする平行フラックスゲートセンサがあるが、こちらのタイプは、小型化が困難なため、本発明には適さない。

【0030】

上記構成より成る本第9発明の異物検出装置は、上述した構成の前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるようにある面に配設され、1つの感磁体では有意な大きさの出力信号を出力することが出来なくて前記微小磁性体が検知出来ない場合でも、残りの感磁体によって有意な大きさの出力信号を出力して検出されるように構成された少なくとも2個の感磁体が、パルス電流または交流電流が通電されると、同一平面における前記検査領域内において隣り合う2個の前記磁気検出素子の磁界検知視野の重なりを考慮して決定された間隔を置いて多数配設されているので、前記検査領域内において前記感磁体の周辺に検出感度が依存する位置および姿勢が不特定の状態で位置する磁石化した微小磁性体の異物が位置する場合には、サイズが0.1mmの微小磁性体の数nTレベルの微弱な局部磁界を検出した前記磁気検出素子が出力する前記電圧に基づき、前記信号処理装置が各磁気検出素子における少なくとも2個の感磁体から出力される前記検出電圧を加算その他信号処理して出力信号を出力するとともに、該出力信号が一定レベル以上かどうかにより前記検査対象物内の異物有無の出力信号を出力するという信号処理により、前記微小磁性体が発する局部磁界の大きさを求め、前記表示装置が前記表示部において、前記検出領域内において載置された前記検査対象物内に混入されている前記微小磁性体の異物の有無を表示するので、前記検査領域内に載置された検査対象物内に混入している異物の二次元的な位置および姿勢に応じた表示を可能にするという効果を奏する。

なお、ここで、磁気検出素子により求める微小磁性体が発する局部磁界の大きさとは、例えば、感磁体が2個の場合には、2個の感磁体の感磁軸を含む平面に沿う成分として求めることができ、互いに感磁軸が直交するように3個の感磁体を設けた場合には、第6発明と同様に全磁力成分として求めることができる。

【0031】

上記構成より成る本第10発明の異物検出装置は、前記第9発明で用いる前記磁気検出素子として、磁気インピーダンス素子または直交フラックスゲート型検出素子を用いるものである。そして、本第10発明の異物検出装置は、前記した本第8発明と同様の理由により、前記微小磁性体の精確な検出を可能な異物検出装置を提供可能にできるという効果を

10

20

30

40

50

奏する。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の第1実施形態における感磁体と搬送される微小磁石体の相対的な位置や向きと検出出力の関係を示す斜視図および線図である。

【図2】第1実施形態において、微小磁石体の長手方向が搬送方向に配置されて搬送される場合の検出出力の関係を示す斜視図および線図である。

【図3】第1実施形態において、微小磁性体の長手方向が搬送方向に対して直交関係で配置されて搬送される場合の検出出力の関係を示す斜視図および線図である。

【図4】第1実施形態の微小磁性体検出センサにおける磁気インピーダンス素子を構成する複数の感磁体の微小磁性体に対する配設様式を示す斜視図である。 10

【図5】本発明の第2実施形態の微小磁性体検出センサにおける磁気インピーダンス素子を構成する2個の感磁体の微小磁性体に対する配設様式を示す斜視図である。

【図6】本発明の第3実施形態の微小磁性体検出センサにおける磁気インピーダンス素子を構成する3個の感磁体の微小磁性体に対する配設様式を示す斜視図および微小磁性体が特異な位置および姿勢において位置する場合の磁束検出を説明するための斜視図である。

【図7】本発明の第5実施形態の微小磁性体検出センサおよび従来のブラックスゲートセンサにおける検出ヘッド部内における3個の感磁体の配設様式を示す斜視図である。

【図8】第5実施形態および第4実施例における微小磁性体検出センサのベルトコンベアを利用する異物検出装置の適用例を示す斜視図である。 20

【図9】隣り合う2個の3次元磁気検出ヘッドに配置される2個の感磁体の間の距離を10mm、14mm、20mmに変えた場合の2個の感磁体が検出した検出出力の加算出力の分布図を示す線図である。

【図10】その他の3次元磁気検出ヘッドを構成する矩形基板の例を示す平面図および斜視図である。

【図11】本発明の第1実施例の微小磁性体検出センサの外観および検査状態を示す斜視図である。

【図12】本発明の第2実施例の微小磁性体検出センサの2個の感磁体の配置様式および信号処理装置を説明するためのブロック説明図である。

【図13】本発明の第3実施例の微小磁性体検出センサの3個の感磁体の配置様式および信号処理装置を説明するためのブロック説明図である。 30

【図14】本発明の第4実施例の異物検出装置の3次元磁気検出ヘッドと信号処理装置を示す斜視図および詳細回路図である。

【図15】本発明の第5実施例の微小磁性体検出センサの検査用の架台を示す斜視図である。

【図16】本第5実施例の検査用の架台の基板に列設されるセンサユニットのパッケージを示す斜視図である。

【図17】本第5実施例の検査用の架台、信号処理装置を構成するマイクロプロセッサおよび表示装置および表示装置における複数の表示様式の要部を説明するための説明図である。 40

【図18】本第5実施例における信号処理装置を構成するマイクロプロセッサにおける絶対値演算、レベル分け、色分け表示用のカラー選択を行う手順を説明するためのチャート図である。

【図19】2個および3個の感磁体の配置様式を説明するための説明図である。

【図20】検出ヘッドにおける感磁体の配置様式と感度との関係を説明するための説明図である。

【図21】磁気検出ヘッドに3個の感磁体が3次元配置されている場合の微小磁石体の局部磁界の検出様式を説明する説明図である。

【図22】本第5実施例における信号処理装置をアナログ電気回路によって構成する変形例と、レベル分けの調整を説明するための詳細回路図である。 50

【図23】本発明の微小磁性体検出センサを生体磁気計測に適用した適用例を説明するための説明図である。

【図24】従来のフラックスゲート型磁気検出素子を用いたステークル検知装置を示す斜視図である。

【図25】従来のステークル検知装置における平行フラックスゲート型磁気検出素子および第5実施形態のM1磁気センサ、第6実施例の直交フラックスゲート型磁気検出素子および変形例の平行フラックスゲート型磁気検出素子の基本構造を説明するための説明図である。

【図26】従来の平行フラックスゲート型磁気検出素子を用いた金属検出装置を説明するための説明図である。 10

【図27】第6実施例の直交(開磁路型)のフラックスゲート磁気検出素子を示す平面図である。

【図28】第6実施例における信号処理回路を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、本発明の最良の実施形態について、実施形態および実施例に基づき図面を用いて説明する。

【実施形態1】

【0034】

たとえば食品中に含まれる鉄系異物は、微小な鉄片、鉄球あるいは鉄粒などである。これら鉄類は、自然界では、地磁気によって着磁されているので、いわば微小な磁石体であると考えることが出来る。こういった微小磁石体の検出は、微小磁性体が発生する局部磁界を磁気センサで検出することによって行う。近年たとえば鉄球の直径が0.3mmあるいはさらに0.1mmなどと、より小さな異物を検出したいという要求が高まっている。 20

【0035】

磁石体の直径が小さくなるほど発生する局部磁界の強さはどんどん微弱になるので、これを見落とすことなく検知するためには、信号対ノイズの比を十分確保するため、数nT(ナノテスラ)以上の計測ができる高感度な磁気センサが必要である。

【0036】

また食品中の異物検査は、梱包体や包装品の内部の食品などに当接して傷つけることがないように磁気センサを一定の距離を隔てて配設することが必要であり、距離の増加とともに検出する磁界の強さはより微弱になるため、磁気センサにはさらなる高感度化が要求される。 30

【0037】

このような背景において従来技術による検査装置では異物である微小磁石体と磁気センサの感磁体との相対的な位置や向きの状態により、磁気センサが出力する信号に大小のむらが生じ、見落としが発生したりする場合があった。

【0038】

この原因について検討した結果、以下のことが明らかになった。

鉄系異物を微小磁石体として捉え、その磁界すなわち磁束の流れを考えると、図1(a)に示されるようにN極から磁束が出てカーブを描いてS極へ戻る局部磁界を形成する。すなわち両端のN極あるいはS極の近傍では磁束の密度が高いので磁界の強さHは大であるが、そこから遠ざかるにしたがって磁界の強さは小さくなり、磁石体の周辺では、場所によって磁束の向きや磁界の強さHが変化する。 40

【0039】

異物としての微小磁石体の磁軸p(N極とS極を含む軸)は一般的に3次元方向の任意の傾きで存在するので、磁気センサの感磁体10が所定の向きで固定されている場合、前記微小磁石体の磁界Hを感磁体の感度軸(感度が最大になる軸)sの方向成分として検出することになる。

【0040】

したがって微小磁石体の磁軸 p と感磁体の感度軸 s との成す相対角が であれば、感磁体周辺の外部磁界が H のとき、感磁体 10への磁気入力は $H \times \cos$ となる。ここで上述のように前記磁軸と感度軸の方向がほぼ一致すると、すなわち相対角 がほぼ 0 であると \cos はほぼ 1 であるから、外部磁界 H と \cos の積はほぼ H であり、磁気センサの感磁体には、ほぼ周辺磁界の強さ H に相当する磁界が入力され、出力信号も H に対応する。

【 0 0 4 1 】

逆に相対角 が大きくなり 90° 近くになると、 \cos がほぼ 0 であるから周辺磁界 H との積もほぼ 0 であるので、感磁体 10への磁界の入力が減少することになるので、信号の出力は小さくなるか 0 になる。

10

すなわち微小磁石体と感磁体 10との距離が同じでも微小磁石体の磁軸 p と感磁体の感度方向 s との成す相対角 によって、検出される信号すなわち検出出力は、0 ~ H の範囲で大小に変化することになる。

【 0 0 4 2 】

たとえば検出信号が大きく取得される例としてベルトコンベア 1B によって梱包体およびその中の微小磁石体が、前述の図 1 (a) における矢印方向に運ばれることを例について説明する。

感磁体 10の感度軸 s が垂直にセットされた磁気センサが微小磁石体の磁界を検出する場合において、該磁石体の磁軸 p がおよそ垂直で、かつ該感磁体のほぼ直下を微小磁石体が通過するときには磁石体の磁束のうちの磁軸方向の流れと磁気センサの感磁体の感度方向が略一致するので、相対角はほぼ 0 となり、したがって上述に示されるように \cos はほぼ 1 であるから、周辺磁界 H との積は H であるから、検出信号はほぼ減衰することなく、図 1 (b) に示されるように時系列信号は大きな出力のピークを持った波形になる。

20

【 0 0 4 3 】

また、図 2 (a) に示されるように微小磁石体の磁軸 p がベルトコンベア 1B の進行方向を向いており、かつ感磁体 10の直下を前記微小磁石体が通過するときには、前記磁石体の N、S 2つの磁極から出る強い磁界（磁束）の垂直成分を磁気センサの感磁体が検出して大きな信号出力を得る。この場合の時系列信号は、図 2 (b) に示されるように磁石体両端の N、S の 2つの極は符号が異なるので、出力は正、負のピークをもつ電圧波形になる。

30

【 0 0 4 4 】

これとは逆に信号が小さく取得される例としては、図 3 (a) に示されるように微小磁石体の磁軸 p がベルトコンベア 1B と平行で、かつベルトコンベアの進行方向に対して直角方向のときに、磁気センサの感磁体の直下すなわち感度軸の直下を該微小磁石体の中央部分が通過するときである。すなわち、磁石体の磁束 の流れと磁気センサの感磁体の感度軸 s が直角すなわち前記相対角がほぼ 90° になるため、上述に示されるように \cos がほぼ 0 であるので、周辺磁界 H との積もほぼ 0 であるから、前記感磁体への磁気入力はゼロあるいは非常に小さくなり、検出信号出力はゼロあるいはゼロ近くに小さくなり、その時系列信号は図 3 (b) に示されるようになる。このようなときには異物すなわち微小磁石体が存在しても検出されず、いわゆる死角が生じることになり検査の見落としが発生することになる。

40

このような問題は異物検査として、所定の領域を 1つの感磁体の感度軸方向を固定した磁気センサを用いて、微小磁石体の検出を行おうとすることに起因しており、避けられない問題である。

なお、以上説明した図 1 ~ 3 に示す波形は、以上の説明で予測される波形を単に示したものではなく、実際に前記したような環境を人工的に準備して実験により確認した結果を示したものである。特に、図 3 (b) に示す波形は、1軸のみ測定可能な磁気センサを用いた従来の異物検出装置での測定限界を示すもので、本発明を完成するに到った重要なデータを示すものである。

50

【0045】

本発明の第1実施形態は、上述の検討にもとづき従来の磁気センサが1つの感磁体によって検出していた領域に対して磁気センサの感磁体を複数個用いて、それら各々の最大感度方向である感度軸方向が互いに異なる方向になるように配設することで、任意の方向に向いている微小磁石体の磁界を、前記複数の異なる感度軸方向成分として検出するので、微小磁石体と磁気センサの感磁体との相対的な位置や向きの状況に依存しないで死角を生じることなく検出することができ、それぞれの感磁体が検出した磁気信号を利用することでき、またはそれぞれの信号を互いに信号処理することにより、見落としのない高精度な微小磁石体の検出を可能にするものである。

さらに第1実施形態は、磁気センサが複数の感磁体を使うので、信号処理することで得られる信号レベルも高くなり、高感度な微小磁石体の検出を可能にするものである。 10

【0046】

第1実施形態においては、梱包体中の異物検知を行う例について説明したが、本第1実施形態におけるアプリケーションとしては、局部磁界を発するものの検出、たとえば書類のなかのホチキスや磁性インクの検出、フィルム中の鉄粉検出、粉体中の鉄分検出、磁気パターン計測などへの応用が考えられる。

また本第1実施形態は、脳磁図、心磁図などの生体磁気現象の計測にも利用できる。

【0047】

第1実施形態の微小磁性体検出センサは、図4に示されるように複数のアモルファス材料の感磁体を有する磁気インピーダンス素子を用いるもので、それぞれの感度軸sを互い異なる方向になるように配設して1つの領域を計測するので、微小磁石体がその磁軸pが任意の方向を向いた状態において、検査対象物に内包されていても、その磁界を前記磁気センサの各感磁体11～14がそれぞれの感度軸sの方向の成分として検出することにより、それぞれ出力信号を出力するものである。 20

【0048】

したがって第1実施形態の微小磁性体検出センサは、ひとつの感磁体が有意の大きさの出力信号を出力することができない場合でもいずれかの感磁体が有意な大きさの出力信号を出力することができるとともに、すべての感磁体が有意な大きさの出力信号を出力した場合には、すべての出力信号を用いて信号処理することにより、精度高くかつ高感度の微小磁石体の検出ができるので、見落としのない異物検査装置を実現することが出来るという効果を奏する。 30

【実施形態2】

【0049】

第2実施形態の微小磁性体検出センサは、図5に示されるように2つのアモルファス材料の感磁体11、12を有する磁気インピーダンス素子を用いて互いの感度軸s1、s2の成す角度が略90°（略2次元）になるように配設することにより、任意の方向を向いた前記微小磁石体が発生する局部磁界を、前記2つの感磁体11、12がそれぞれの感度軸s1、s2の方向の成分として検出するものである。

【0050】

第2実施形態の微小磁性体検出センサは、前記微小磁石体の局部磁界の磁束はカーブを描くので、梱包体に内包された微小磁石体がベルトコンベアなどの移動に伴って、2つの感磁体のそれに感度軸方向の成分が現れるため、これを検出することにより2つの感磁体11、12の信号のいずれかから、あるいは2つの感磁体11、12からの2つの信号を一緒に用いて信号処理することによって、わずか2個の感磁体11、12を有する磁気インピーダンス素子によって、死角を生じない高精度な微小磁石体の検出が可能になり、見落としのない異物検出装置を実現することができるという効果を奏する。 40

【実施形態3】

【0051】

第3実施形態の微小磁性体検出センサは、図6に示されるように磁気センサの3つの感磁体11、12、13の互いの感度軸方向の成す角度が略90度（略3次元）になるように

10

20

30

40

50

配設することにより、任意の方向を向いた微小磁石体が発する局部磁界を前記3つの感磁体11、12、13によってそれぞれの感度軸方向の成分として検出され、検出した信号を出力するものである。

前記第2実施形態における直交関係の感磁体11、12の長手方向の中点を通る破線の交点と交わる垂直線q上に微小磁石体が(垂直方向にNS)位置する場合は、図6(b)に示されるように二つの感磁体11、12を通過する磁束m1とm2、m3とm4はそれぞれ同じ大きさ(経過距離、角度が同じ)であり感磁体の両端方向へ向かう。感磁体の二つの端は極性が互いに反対であるから、感磁体11、12の出力はゼロになり、このときは磁石体を検出することが出来ないことになる。

【0052】

10

しかしながら、本第3実施形態は、破線で示した垂直方向に感度軸を持つz軸用の感磁体13を追加して設けることにより、図6(b)に示されるようにz軸成分m5を検知できるようになる。すなわち図21に示されるように任意の方向を向いた磁界Hは3次元方向x、y、zの3つの方向成分Hx、Hy、Hzの合成により検出できるので、3つの方向成分Hx、Hy、Hzの2乗Hx²、Hy²、Hz²の和の平方根演算をすることにより、センサが置かれている場所の磁界(全磁力)Hを求めることができる。すなわち微小磁石体による局部磁界Hがいかなる方向を向いていても、3個の感磁体11、12、13が3次元配置されたセンサヘッドにおいては、死角のない磁気計測が可能になるのである。

【0053】

20

この検出された3つの信号成分を合わせると感磁体が置かれている場所における前記局部磁界Hの全磁力成分に相当するので、3個の感磁体11、12、13が置かれた場所である3次元空間における前記局部磁界Hのすべての方向成分を欠落することなく検出するので、いずれかの感磁体の検出信号から、あるいは感磁体11、12、13からの3つの検出信号を一緒に用いて信号処理することにより、微小磁石体と磁気センサの感磁体11、12、13との相対的な位置や向きの状況に依らないで、安定度が高くかつより高感度で見落としのない異物の検出装置を実現することを可能にするという効果を奏する。

【実施形態4】

【0054】

30

なお、前記第1ないし第3実施形態の微小磁性体検出センサにおいては、磁気センサの複数の各感磁体のそれぞれの検出信号を共に用いる信号処理として、合成、フィルタ、平均、強調などの演算を行うことができる(第4実施形態)。これにより、より高精度な磁気信号を得ることが出来るので、磁気的な背景ノイズに影響されない見落としのない微小磁石体の検出が可能になるという効果を奏する。

【実施形態5】

【0055】

第5実施形態の微小磁性体検出センサは、前記第1ないし第4実施形態において磁気センサの磁気インピーダンス素子としてアモルファスワイヤまたはアモルファスリボンからなる磁気コアを感磁体とする磁気センサである。アモルファスワイヤはたとえば数100μm以下の直径で数10mm以下の長さ、代表的には数mmの長さであり、そしてアモルファスリボンは数100μm以下の厚さで数mm以下の幅そして数10mm以下の長さ、代表的には数mmの長さであるという、ともに非常に小さな寸法でありながら、高い磁気電気変換能力を持つため、超小型の磁気センサヘッドの構築を可能にするものである。

40

【0056】

例えば、磁気センサの感磁体を中心とするヘッド部を多数並設する場合のように最も小容積なスペースに収容して略3次元(3方向)に配設する例を考えると、3つの感磁体の磁軸が互いに機械的かつ磁気的にも干渉しない状態において、ヘッド部全体の大きさを最小にする配置として、図7(a)、(b)に示されるように、3つの感磁体の中心軸である感磁軸が成す角度が互いに90度となるように組み合せた3次元磁気センサヘッドの外観寸法(占有空間寸法)が、各感磁体の長さを一辺とする立方体となる配置を考えること

50

ができる。

【 0 0 5 7 】

数 n T レベルの計測ができるアモルファスワイヤのようなアモルファス材料を感磁体とする M I 磁気センサ（磁気インピーダンスセンサ）のヘッド（M I 素子）は、図 25 (b) に示されるように例えば M I 磁気センサにおいて、ヘッド部は、直径略 $10 \mu m$ で、長さが略 $6 mm$ のアモルファスワイヤを台座に固定して、その上からコイルが巻回された簡単な構造であるため、磁気センサヘッド部の長さが略 $6 mm$ 、平均直径が $1.5 mm$ にすることができる。

【 0 0 5 8 】

一方、数 n T レベルの計測ができ、高感度でもっとも小型と言われている、ブラックスゲート磁気センサのヘッド部は長さが $20 mm$ 、直径が $10 mm$ と大型である。こういった従来型のいわゆる平行ブラックスゲートセンサの感磁体は代表的にはパーマロイのような高透磁率材料をトランス（変圧器）と同じように閉磁路構造をつくり、1個の大型のある方向に配置されたコア CO に励磁用コイル RC および検出用コイル DC の 2 個のあるいは 3 個のコイルを巻回するという複雑な構造をとるため、大型化するので、仮にこの平行ブラックスゲートセンサの感磁体を 3 次元方向に配置して 3 次元磁気センサヘッドを構成すると図 25 (a) に示されるようになり、図 25 (b) に示されるようにアモルファスワイヤのコアに 1 個のコイル $10 C$ を巻装する M I 磁気センサや開磁路型の直交ブラックスゲートセンサのように小型に構成することが難しいことが確認された。

【 0 0 5 9 】

本第 5 実施形態においては、M I 磁気センサの組み合わせヘッド部は、図 7 (b) に示されるように感磁体を $6 mm$ 角の立方体の稜線に沿って配置するものであるから、最小 $6 mm \times 6 mm \times 6 mm$ であり、従来型のブラックスゲートセンサによって 3 次元ヘッドを構成したものは、 $20 mm \times 20 mm \times 20 mm$ であり、それぞれセンサ方式の 3 次元ヘッドの幅寸法は、本第 5 実施形態の M I 磁気センサが $6 mm$ 、従来型のブラックスゲート磁気センサヘッドは、 $20 mm$ である。

【 0 0 6 0 】

ここで異物検知装置への実用的適用例を示すと、ベルトコンベアで搬送される梱包体中に内在する微小磁石体を検知する場合には、微小磁石体の発する磁気の強さ、磁気センサを配設するベルトからの高さ（距離）、磁気センサが有効に磁気検出できるベルト面上での広さすなわち視野半径を考慮して、図 8 に示されるように前記搬送路であるベルトコンベア 1 B を横断する方向に磁気センサユニット（3 次元配置したヘッド）u 1 ~ u n を複数セット、センサ把持装置 SH に配置する必要がある。

このとき、検出するべき微小磁石体がベルトコンベア 1 B の幅内のどの位置に存在しても、すなわち配設した複数の磁気センサ（磁気ヘッドである感磁体）に対して微小磁石体がどの位置を通過しても検査の見落としが生じないように各センサユニットの磁界検知視野内において、微小磁石体の検出感度が一定レベル以上であり、ほぼ一様である必要がある。

【 0 0 6 1 】

図 9 (a) 中符号 a で例示するのは、感磁体の直下（横軸の 0 位置）を中心に微小磁石体を左右（図 9 では横軸の - 、 + ）に移動させたときの磁気インピーダンス素子の出力を表すものであり、微小磁石体が感磁体の真下にあるとき約 $30 nT$ （ナノテスラ）相当の出力を 1 として、左右に移動させるとその出力が減少することを表している。この例では $0.2 mm$ の鉄球を検出したときのものであり、微小磁石体すなわち鉄球を直下から左または右へ $5 mm$ 移動させると、その出力はほぼ 50% に減少し、さらに 0 位置からそれ以上離れる方向に移動させると、出力はゼロに向かって減衰する。

【 0 0 6 2 】

このとき $10 mm$ 離れた隣にもう一つの磁気インピーダンス素子の感磁体を配設して同様の測定をした場合、その出力を表示すると図 9 (a) 中の符号 b の様に前記符号 a とほぼ同様の波形が、 $10 mm$ 右側にずれた形になる。

10

20

30

40

50

ここで前記隣り合う2つの磁気センサの信号を加算すると、図9(a)中の符号cの様に2つのピークを持った波形になり、最大値が1.03、最小値が0.95で、平均値に対する変動は±略7%に収まり、鉄球が5mm移動してもさほど大きな信号の変動にはならないので、センサユニットの磁界検知視野内のどの位置に微小磁石体が存在しても、ほぼ同じ感度で検出することができる。

したがってこのようにベルトコンベア1Bの幅方向全体に磁気センサを10mmごとに配設すれば、見落としのない異物検知を実現することができるのである。

【0063】

このように10mmごとに感磁体すなわち磁気検出ヘッドを配設することができるのは上述のようにアモルファス材料としてアモルファスワイヤまたはアモルファスリボンを感磁体とする磁気センサすなわちM1磁気センサか、または磁気回路が従来と異なる図25(b)に示される棒状で磁束が空中に出る開磁路型の直交フラックスゲート磁気センサ(縦型フラックスゲート磁気センサ)によって実現されるものである。またアモルファスワイヤを感磁体とするM1磁気センサあるいは開磁路型の直交フラックスゲートセンサはワイヤにコイルを巻回するのみの簡単な構造のため、製造価格が非常に安価であることも特徴であり、数多く使用しても異物検知装置全体に対する大きなコストアップにはならないメリットがある。

10

【0064】

一方上述したように従来の図25(b)に示される環状の一形態として口の字状の磁路のため、磁路が閉じられているため磁束が空気中に出ない閉磁路型平行フラックスゲート磁気センサは、サイズが大きいため、検出ヘッドを10mmごとに配設することができないので、本第5実施形態のような異物検知装置を実現することができず、また高価であるので数多く使用するためにはコストアップを免れないである。

20

【0065】

上述においては、各センサユニットの感度が、ほぼ50%になるところで両者の磁界検知視野を重ねるようにすると、2つの磁気センサユニットの信号の和演算による信号の大きさ(感度)のむらを最小にすることができる例を示したものである。

しかしながら異物検知においては、ある大きさ以上の磁界強度が「有る」か「無し」かという判別をすることになるので、磁気信号の大きさ(レベル)が、閾値から明白に乖離しているか否かの判断をするのが通例であり、感度が数%、あるいは数十%という程度の違いは、ノイズによりマスクされることを考慮すると、あまり大きな問題にならないことが多いと思われる。

30

【0066】

たとえば図9(b)に示される例のように、隣り合う符号aおよびbのセンサユニットの感磁体間の距離を、約14mm程度に拡げて、感度がお互いに25%程度で重ねる場合には、a、b2つのセンサユニットの感磁体の検出信号の和を示す図9(b)中の符号cの最小感度は、最大値の50%程度になる。したがって、感度変動をさほど厳しく設定しなくてもよい場合には、このような使い方も可能であると考えられる。

【0067】

なお前記従来型の平行フラックスゲートセンサを使用する場合は、上述した様にセンサ間距離が20mm以上離れることになるので、同様に概算すると図9(c)に示されるようになり、図9(c)中の隣り合う符号aおよびb2つのセンサユニットの感磁体の検出信号の和を示す符号cの最小出力(感度)は、最大値の20%以下になり、あまり実用的とはいえないことになる。

40

すなわち図9(c)から明らかな様に感度50%以下の領域が10mmに亘り延在するので、かかる領域内に位置する微小磁性体の検出漏れが発生する可能性があることになる。

【0068】

このように本実施形態の適用例においては、アモルファスワイヤまたはアモルファスリボンからなる磁気コアを感磁体とすることにより、非常に小さな寸法で複数のセンサヘッドを構築することが可能であり、従来1つのセンサで検出していった一定の領域(たとえば直

50

径数mm～数十mmを検出)に、2方向あるいはそれ以上の複数方向の磁界検出を可能にする感磁体を備えるセンサヘッドを配設して、前記微小磁石体を見落とすことなく検出することが可能になった。

【0069】

またアモルファスワイヤを使用するMI磁気センサは、超高感度のため微小磁石体の磁界の強さが数百pTあるいはそれ以下の磁界の検出も可能であるから、パーマロイ材などの磁気シールド筒によって磁気センサと梱包体を周辺の磁気ノイズから遮断することにより、さらに非常に小さな鉄異物の検出または遠方からの異物検出が可能になるのである。

【0070】

なお上述においては、感磁体である磁気ヘッドを最も小容量のスペースにおいて3次元に組み合わせる例について説明をしたが、センサユニットすなわち感磁体を複数配設する場合において、10mmよりもすこしあい間隔が許容される場合には、電子回路基板に一体的に組み立てられたセンサを、そのまま3個組み合わせて3次元磁気センサユニットを構成することができる。

【0071】

上記センサは、図10(a)および(b)に示される様に電子回路基板の長手方向の一端において幅方向に対して磁気ヘッドが平行に設置されているA型と電子回路基板の長手方向の一端において長手方向に対して磁気ヘッドが平行に設置されているB型の2種類が存在する。なお図10(a)および(b)においては電子回路基板とMI磁気センサヘッドのみが代表的に表示されている。

【0072】

また図10(c)に示される様に上記2種類のセンサの基板を、前記A型2個B型1個をコの字状に配置して組み合わせることにより、X、Y、Z軸の3軸方向を計測する3次元磁気センサを実現することができる。

本磁気センサは、前記A型およびB型とともに、電子回路基板の幅寸法は11mm、長さ寸法は35mmであるので3次元磁気センサユニットとしての最少幅寸法は11mmである。

【実施例1】

【0073】

第1実施例の微小磁性体検出センサは、図11に示されるように、互いの感度軸sが異なる方向に配設された複数の感磁体を備えたセンサユニット1Uと、先端に前記センサユニットが配設され、他端に握部が形成された握り棒1Gとから成り、ユーザーは握部を握って先端の前記センサユニットを検査対象物に接近させて、表面に沿って移動することにより、混入されている異物の微小磁性体を検知するものである。前記センサユニット1Uは、センサカバー1C内に収納されている。

【0074】

前記センサユニット1Uは、図4または図6に示されるように複数の感磁体11～14が同一平面においてランダムな方向に配置するか、3次元方向に3個の感磁体を配置して、図示しないセンサカバー1C内に収納された信号処理装置によって、検出信号を信号処理するとともに、一定レベル以上の検出信号が出力されたら前記センサカバー1Cの一部に配設された点灯部1Tを点灯させるように構成されている。

【0075】

前記検査対象の梱包体に内包される異物すなわち微小磁石体を検知するために、前記センサカバーを前記梱包体に近づけて、梱包体の表面に沿って移動させることによって、微小磁石体の異物を検知した場合には、前記点灯部1Tを点灯させるものである。

【0076】

第1実施例の微小磁性体検出センサは、前記複数の感磁体または磁気センサの感度軸sが互いに異なる方向に配設されているので、微小磁石体が前記梱包体内においていかなる方向を向いていても、また握り棒の持ち方(姿勢、傾き)が如何にあろうとも、見落としのない検査を可能にするという効果を奏する。

10

20

30

40

50

【実施例 2】

【0077】

第2実施例の微小磁性体検出センサは、図12に示されるように磁気インピーダンス素子を構成する2つの感磁体を互いの感度軸 s_1 、 s_2 が成す角がほぼ90度となる略2次元方向(2次元平面)に配置するものであり、異物である微小磁石体による局部磁界を、信号処理装置2において、前記2つの感磁体(磁気センサ)から出力される減衰振動電圧を処理して増幅する信号処理回路20の出力信号 m_1 、 m_2 を用いて、それぞれを2個の2乗演算器21により2乗してから加算器22により加算して、そしてルート演算器23によりその平方根を演算することによって、前記二つの感度軸を含む面の磁気成分 m_s を算出するものである。

10

【0078】

前記感磁体11および12は、その感度軸 s_1 、 s_2 がそれぞれの最大感度軸をx、y軸としてひとつの面内に互いの角度を90度になるように2次元に配置されている。検出対象である微小磁石体が発している磁界 m_r は、図12(b)に示されるものであり、その前記x-y面内成分の強さは m_s であり、一方の感磁体11で検出する感度軸 s_1 に沿う成分 m_1 と感磁体12が検出する感度軸 s_2 に沿う成分 m_2 との2つの成分として検出される。

【0079】

すなわち、2つの感磁体11および12によって検出された m_1 、 m_2 の大きさを図12(b)において矢印の長さで表すとき、それぞれの矢印の先端から各軸に対して直角に引かれた2つの破線の交点Cまでの長さはそれぞれ m_2 、 m_1 に等しい。したがって交点Cと0点を結ぶ矢印の長さ m_s は、Cを先端とする0からの矢印 m_s が平方根演算された磁気成分であり、直角三角形の理により m_1 の2乗値と m_2 の2乗値とを加算して平方根を求められるものであり、上述の磁石体が発している局部磁界 m_r の先端から垂線を下ろして、上記2次元平面において点Cで接することになる。

20

【0080】

本第2実施例の微小磁性体検出センサは、微小磁石体の磁界は局部磁界であるため、磁束の帰路の途中には必ず前記2つの感度軸 s_1 および s_2 を含む面を通過する磁気成分 m_s があるので、この成分を算出することにより、微小磁石体の磁界 m_r の前記2つの感磁体の感度軸 s_1 、 s_2 を含む面に沿う成分(図10(b)では例えば水平面)であるので、見落としの無い高精度の微小磁石体の有無の検査装置を実現することができるという効果を奏する。

30

【実施例3】

【0081】

第3実施例の微小磁性体検出センサは、図13(a)に示されるように磁気インピーダンス素子を構成する3つの感磁体11～13の互いの感度軸 s_1 、 s_2 、 s_3 が成す角度をほぼ90度となる略3次元方向に設定するものであり、上述の第2実施例と同様に異物すなわち微小磁石体が発する磁界を前記三つの感磁体11～13から出力される減衰振動電圧に基づく信号処理回路20の出力信号 m_1 、 m_2 、 m_3 を用いて、信号処理装置2による信号処理によりそれを2乗演算器21により2乗して m_1^2 、 m_2^2 、 m_3^2 を求めて、加算器22により2乗値の和を求め、そしてルート演算器23により2乗値の和の平方根を演算することにより、前記微小磁石体が発している磁界に相当する全磁力信号成分 m_t を演算するものである。

40

【0082】

図13(b)に示されるように3次元配置された3個の感磁体11～13に感度軸に沿う成分である出力信号 m_1 、 m_2 、 m_3 の2乗値の和の演算を行い、その平方根を求めた全磁力信号成分 m_t が、前記磁石体が発する磁界に相当するものである。

この全磁力信号成分 m_t は、磁石体と感磁体11～13との距離すなわち前記磁石体の感磁体11～13との相対的な位置で決まる磁界の強さであるから、感磁体または磁気センサの感度軸と微小磁石体との成す角度によって信号が大小に変化するということが存在し

50

なくなるので、安定度が高い高精度の異物検査装置を実現できるという効果を奏する。

【0083】

なお前記信号処理装置2において行った平方根演算をすることなく、(m₁²+m₂²+m₃²)の情報から異物の有無を判断する態様も可能である。また2乗演算することもなくm₁、m₂、m₃個々の信号の大きさから、異物の有無を判断する態様も可能であり、強調処理として、3乗および4乗値を演算することにより、異物の有無を判断する態様も可能である。

【実施例4】

【0084】

第4実施例の異物検出装置は、図8および図14に示されるように3つのMI磁気センサの互いの感度軸が略直交するように略3次元方向に配設して成る磁気インピーダンス素子1のセンサユニットu₁₁~u_{m n}を複数用いて、梱包体を搬送するベルトコンベア1Bの上方で、かつ該梱包体と干渉しない高さで前記ベルトコンベア1Bの幅を横断して前記複数のセンサユニットを配設することにより、通過する前記梱包体に内包される微小磁石体の異物の有無を検出するものである。

10

【0085】

前記センサユニットu₁₁~u_{m n}は、各ユニットが計測する領域に空白がないように、互いのセンサユニットの検出領域が一部重なるような間隔でベルトコンベア1Bを幅方向に横断して配置される。図8においてはベルトコンベア1Bの移動方向に対して横一列に並べて示しているが、これにこだわらずそれぞれのセンサユニットu₁₁~u_{m n}をベルトコンベア1Bの前後方向にずらして配置することも可能である。またこれらセンサユニットu₁₁~u_{m n}をベルトコンベア1Bの下部に配置することや、ベルトコンベア1Bの上部および下部に同時に配置することも可能である。

20

【0086】

前記センサユニットu₁₁~u_{m n}には、図14(a)に示されるようにそれぞれMI磁気センサの3個の感磁体11~13の感度軸s₁、s₂、s₃が略3次元方向のx、y、z方向に沿って配設されている。

【0087】

図14(a)に示されるように3次元方向に配設されたMI磁気センサの感磁体であるx、y、z方向に配設された検出素子である感磁体11(X)、12(Y)、13(Z)は、図14(b)において示される電気回路で駆動されるとともに、信号処理が行われる様に構成されている。

30

【0088】

第4実施例における信号処理装置において、3次元に配置された各感磁体11、12、13を駆動する駆動回路PAは、図14(b)に示されるように1MHzのパルスP1を出力する外部のパルス発振回路Pに接続され、該パルス発振回路Pから供給されるパルスP1を入力して、所定の電圧のパルスに増幅して1MHzの駆動パルスを、接続された感磁体11、12、13に出力するように構成されている。

【0089】

タイミング回路Tcは、図14(b)に示されるように前記駆動回路PAの出力端子に接続されるとともに、後述するアナログスイッチSWの制御端子に接続され、前記パルス発振回路Pが出力するパルスP1と同期する制御パルスP2を前記アナログスイッチSWの制御端子に出力するように構成されている。

40

【0090】

信号処理装置2を構成する3個の信号処理回路20は、x方向、y方向またはz方向に配設された感磁体11、12、13に入力端が接続され、前記タイミング回路Tcから出力される制御パルスP2の入力と同期して、感磁体11、12、13の周辺の微小磁性体が発生する局部磁界に対応して、前記感磁体11、12、13に巻回された検出コイル11C~13Cが出力する減衰振動電圧を出力端より出力するように構成されているアナログスイッチSWと、該アナログスイッチSWの出力端に一端が接続され、他端がバイアス電

50

圧を供給するために電源電圧を分圧する抵抗器 r_1 および r_2 の接続点に接続され、前記アナログスイッチ SW から出力される前記感磁体 11 、 12 、 13 に巻回された前記検出コイル $11C$ ～ $13C$ が output した減衰振動電圧を保持するホールドコンデンサ Ch と、前記アナログスイッチ SW の出力端に接続され、該アナログスイッチ SW から出力される前記感磁体 11 、 12 、 13 に巻回された検出コイル $11C$ ～ $13C$ が output した x 方向、 y 方向および z 方向の減衰振動電圧を增幅して、3 方向成分の磁気信号 m_x 、 m_y 、 m_z をそれぞれ出力する増幅器 A とから成る。

【0091】

A/D 変換器 24 は、前記信号処理回路 20 の各増幅器 A の出力端に入力端が接続され、入力された前記 3 方向成分の磁気信号 m_x 、 m_y 、 m_z をデジタル信号に変換して、マイクロプロセッサ 25 に出力するように構成されている。10

【0092】

マイクロプロセッサ 25 は、プログラムに従いデジタル化された磁気信号 m_x 、 m_y 、 m_z の 2 乗演算を行うことにより m_x^2 、 m_y^2 、 m_z^2 をそれぞれ求めて、その和 $m_x^2 + m_y^2 + m_z^2$ を求めた上で、その平方根 $(m_x^2 + m_y^2 + m_z^2)$ を演算するよう構成されている。

【0093】

以下にその動作を記述する。前記センサユニット $u11$ ～ umn 内に収納された磁気インピーダンス素子 1 である M I 磁気センサは同じものであるから、ここでは代表的に前記センサユニット $u1$ における 3 個の感磁体について説明する。20

【0094】

M I 素子の x 、 y 、 z 方向に配設された感磁体 11 、 12 、 13 である各アモルファスワイヤ w は、外部の前記パルス発振回路 P から供給されるパルス P_1 を受けた前記パルス増幅器 PA によってパルス通電される。パルス電流が流れた瞬間に各アモルファスワイヤ w に巻回されたコイル $11C$ 、 $12C$ 、 $13C$ の両端には M I （磁気インピーダンス）効果によりアモルファスワイヤ周辺の外部磁界に対応する振幅の減衰振動電圧 V_t を発生する。

【0095】

この減衰振動電圧は、前記コイル $11C$ 、 $12C$ 、 $13C$ の一端に接続されたアナログスイッチ SW により所定のタイミングでホールドコンデンサ Ch に保持される。このホールドコンデンサ Ch の電圧 V_h は、 x 、 y 、 z 方向に配設された感磁体 11 、 12 、 13 の周辺の外部磁界の感度軸方向成分に対応する磁気信号である。30

【0096】

この磁気信号は、前記パルスが繰り返すごとに更新されるとともに、前記 $u1$ から un の各センサユニットの M I 素子を構成する x 、 y 、 z 方向に配設された各アモルファスワイヤ w はすべて前記パルス発振回路 P から供給されるパルス P_1 に対応して同時にパルス通電される。これによってすべての磁気センサが同時に磁気検出を行い、互いに他のセンサからのノイズの影響を受けることを防ぐことができる。

【0097】

ここではパルス P_1 の繰り返しの速さ、すなわち前記パルス発振回路の周波数を 1 MHz とした。なお、前記アナログスイッチ SW が開閉して、前記ホールドコンデンサ Ch が前記減衰振動電圧を保持するタイミングは、前記パルス発振回路 P のパルス P_1 と同期するタイミング回路 Tc のパルス P_2 によって決められる。40

【0098】

なお、抵抗器 r_1 、 r_2 により電源電圧を分圧して生成されたバイアス電圧は、コイル $11C$ 、 $12C$ 、 $13C$ を通してアナログスイッチ SW に供給される。

【0099】

前記 M I 素子の x 、 y 、 z 方向に配設されたアモルファスワイヤ w の周辺の外部磁界の方向成分に対応する磁気信号は、それぞれ増幅器 A によって所定の増幅がなされ、3 方向成分の磁気信号 m_x 、 m_y 、 m_z が出力される。以上説明した M I 磁気センサを構成する磁50

気インピーダンス素子 1 と信号処理回路 2 0 が配設されたパッケージ C 1 、 C 2 、 C 3 は同様の構成より成るものである。

【 0 1 0 0 】

感磁体 1 1 、 1 2 、 1 3 によって検出された各磁気信号 m_x 、 m_y 、 m_z は、前記 A / D 変換器によりデジタル信号に変換された後、前記マイクロプロセッサ 2 5 に入力され、該マイクロプロセッサ 2 5 により $(m_x^2 + m_y^2 + m_z^2)$ の演算が行われるように信号処理がなされ、その結果センサユニット u 1 1 が計測した外部磁界の全磁力成分 $m_t 1 1$ として出力される。同様に各ユニットから $m_t 1 2 \sim m_t m_n$ が出力される。

【 0 1 0 1 】

これをもとにソフトウェアに従い前記マイクロプロセッサ 2 5 による判定装置によって判定がなされて、その結果前記微小磁石体が検出されたならば、前記マイクロプロセッサ 2 5 から出力により表示のランプが点灯するとともに、ブザー音で警告をする。

10

【 0 1 0 2 】

上記作用を奏する第 4 実施例の異物検出装置は、以上の信号処理装置 2 を構成する電気回路より成る前記信号処理回路 2 0 およびマイクロプロセッサ 2 5 における信号処理が、前記各センサユニット u 1 1 ~ u m n ごとに施されて、最終的にはセンサユニットごとの全磁力信号成分 $m_t 1 1 \sim m_t m_n$ が得られるので、これをもとにソフトウェアによる判定装置としての判定がなされて、その結果前記微小磁石体が検出されたならば、マイクロプロセッサ 2 5 から出力として表示のランプが点灯するとともに、ブザー音で警告をするので、微小磁石体の局部磁界を検出することにより、見落としのない着磁手段を備えていないシンプルな構成の異物検知装置が実現されるという効果を奏する。

20

【 実施例 5 】

【 0 1 0 3 】

第 5 実施例の異物検出装置は、図 1 5 および図 1 6 に示されるようにセンサユニットとして M I 磁気センサの 2 個の感磁体の互いの感度軸が略直交するように略 2 次元方向に配設して成る 2 次元磁気センサを複数個用いて、それらを架台の下面に 2 次元配置して、架台の上面に載置された梱包体または包装品に内包された微小磁石体からなる異物の有無を検査するものである。

【 0 1 0 4 】

図 1 5 に示されるように対向する 2 個の脚部 L に両端が支持された架台 T は、梱包体を載せるためのものであり、その下方の一定距離の位置に配置された基板 B に載置されたセンサユニット U (u 1 1 ~ u m n) が、一例として縦方向に 1 8 個、横方向に 3 2 個配列されている。前記架台 T と基板 B と上下方向の位置関係は、少なくとも一方を、高さ調整用のビスその他により固定するか、駆動モータ (図示せず) により、上下位置を調整できるようにして、画面の表示状態に応じて、調整できるようにしたり、最も距離を少なくするために、前記架台 T とは別部材の前記基板 B を無くして、前記架台 T の上面に複数のセンサユニット U を埋設する態様を採用することが出来る。

30

【 0 1 0 5 】

2 次元磁気センサユニット U は M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) 、 I C 技術により製作された小型の 2 次元 M I 磁気センサがひとつのパッケージ P 内に収納配置されており、その大きさは例えば約 3 mm × 3 mm × 1 mm でありながら、高感度の磁気センサを構成するものである。

40

【 0 1 0 6 】

センサユニットのパッケージ P の内部は、図 1 6 に示されるようにパッケージ基板 P B 上の x 、 y の 2 次元方向に配置された基板 S B 上に検知コイル 1 1 C および 1 2 C が巻装された感磁体 1 1 、 1 2 が配設されるとともに、この 2 つの M I 素子の感磁体 1 1 、 1 2 を共通で駆動するための駆動回路 D C と信号処理およびデジタル出力に変換する信号処理回路 S P が前記パッケージ基板 P B 上に配置されており、パッケージ P から順次出力される x 、 y 方向の信号出力 m_x 、 m_y は、 M I 素子の感磁体 1 1 および 1 2 の周辺の外部磁界である微小磁性体の局部磁界の大きさに対応する前記検知コイル 1 1 C および 1 2 C の検

50

出力が、デジタル化された磁気信号である。

【0107】

前記配列された合計 576 個のセンサユニット U を備える 2 次元磁気センサの信号は、図 17 に示されるように前記基板 B のプリント配線により外部へ取り出し、外部のマイクロコンピュータ 25 により信号処理される。

【0108】

具体的には各センサユニット U 每に x 、 y 方向の感磁体 11 および 12 の磁気信号 m_x 、 m_y に基づき 2 乗和の平方根すなわち $(m_x^2 + m_y^2)$ を算出して、異物による微小磁石体による局部磁界の水平成分を求めるものである。

【0109】

表示装置 3 の表示画面 30 における表示は、この水平成分の大きさを前記 2 次元配列したセンサユニット U に対応する合計 576 個の表示点により 2 次元の濃淡表示、色分け表示、明暗表示あるいは段階の数字表示等で行う。

【0110】

感磁体 11 および 12 を x 、 y の 2 次元方向に配設した前記センサである前記ユニット u 11 ~ umn であるパッケージ P を、 2 次元的に配列してなる異物検知装置の信号処理および検査結果の表示法について、以下説明する。

【0111】

図 17 において、複数のセンサユニットが載置された基板 B からケーブル W を介して前記センサユニット u 11 ~ umn の磁気情報データが、マイクロコンピュータ 25 に順次取り込まれ、コンピュータソフトウェアのデータ処理機能により、検出された各磁気信号の大きさが 1 点ごとに、たとえば磁気の強さの弱い順から例えば 5 段階あるいは 8 段階のレベルに分けられ、ディスプレイ装置 3 の表示画面 30 上にセンサユニットの配列と対応するセグメントを配列して、カラーの色分け表示あるいは明暗表示または濃淡表示を行なうものである。

【0112】

信号処理については、図 18 に示されるフローチャートに従い説明する。ステップ S 1 において、前記センサユニット u 11 ~ umn が検出した磁気データ（磁界の強さ）を順次取り込み、ステップ S 2 において、記憶する。

【0113】

ステップ S 3 において、前記記憶したデータを読み出して絶対値処理を行う。ここで絶対値演算というのは、前記センサユニット u 11 ~ umn のそれぞれに内蔵される 2 つの磁気センサを構成する感磁体が検出する x 、 y の磁気信号出力 m_x 、 m_y にもとづいて、それぞれの 2 乗和の平方すなわち $(m_x^2 + m_y^2)$ を演算して、前記 2 つの感磁体 x 、 y を含む面内磁気成分をもとめるとともに、それぞれの正負の符号を取り去り $|m_x|$ 、 $|m_y|$ とするために、 2 乗することで m_x^2 、 m_y^2 を求めて正負の符号を取り去り、出力する態様とともに、ステップ S 7 として小さな信号をより小さく、大きな信号をより大きく拡大する信号強調処理を施した後に output する態様がある。

この絶対値演算は微小磁石体の向きにより磁気センサが検出する信号が N 、 S に対応して信号の極性が、正であったり負であったりするので、すべて同一極性に変換するものである。すなわち正極性でも負極性でも絶対値が大きければ、異物が大きいことに対応するという技術認識に基づくものである。

【0114】

ステップ S 4 において、前記絶対値化したデータまたは強調処理を施したデータを、信号の大きさを順次 5 段階または 8 段階の磁界強さのレベルに分けて、ステップ S 5 において、 5 段階または 8 段階の各レベルに対応するカラー、たとえば白、黄、緑、青、赤を該当するセグメントすなわち表示点に割り当てることにより、色分け表示を行う。色分け表示された部分を拡大して示した図 17 (b) において、第 5 段階の赤は Red の「 R 」、第 4 段階の青は Blue の「 B 」、第 3 段階の緑は Green の「 G 」の文字を前記セグメントすなわち表示点に表示した。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

ステップ S 6においては、カラーディスプレー画面 3 0に前記センサユニットに対応する配列のセグメント毎にカラー表示するとともに、その次の新しいデータに更新するためステップ S 1へ戻るように設定されている。

【 0 1 1 6 】

前記5段階のレベル分けの方法は、例えば $0 \sim < 50 \text{ nT}$ 、 $50 \text{ nT} \sim < 100 \text{ nT}$ 、 $100 \text{ nT} \sim < 500 \text{ nT}$ 、 $500 \text{ nT} \sim < 1000 \text{ nT}$ 、 1000 nT 以上の 5 段階であるが検査対象によっては分別レベルを調整することも必要になるので、適宜そのレベルを変更する機能を持たせている。したがって、5 段階のレベル分けから段階数を変更して 8 段階のレベル分けに変更するために、細かく分割することを容易に行うことが出来る。

10

【 0 1 1 7 】

段階数毎にレベル分けの磁界の強さのレベルを決定して予め記憶しておき、段階数を指定すれば変更できるようにする方法か、あるいは微小磁性体の表示状態を見た上で、レベル分けの磁界の強さのレベルを任意に設定調整出来るようにする方法その他が考えられる。

【 0 1 1 8 】

異物の発生する磁界が強い場合あるいは磁気センサの感度が高い場合には、異物のサイズが小さくても、異物の周囲に発生している局部磁界および磁束を検出するものであることから、周辺の複数のセンサが検出することにより、ディスプレイに表示される色分け表示（輝度表示）が実際の異物の大きさよりも大きくすなわち広い面積の多数の表示点において表示されるため、異物の有無を検出すればいい場合は問題無いが、混入している異物の位置を精確に把握したい場合には、図 1 7 (b)においては、34 個のセンサに対応する 34 個のセグメントである表示点において、色分け表示が示されるので、異物の位置が不明瞭になる場合がある。

20

これを避けるために図 1 8 に示されるようにステップ S 7において、必要に応じて検出した磁気信号に対して、後述する強調演算処理を施すことにより、最も強い信号あるいはそのグループを際立たせて、異物の概略の 2 次元的位置を表示することが可能になる。

【 0 1 1 9 】

検出した磁気信号を前出の絶対値処理のように 2 乗することにより、図 1 8 (b) に示されるように低レベルの信号をより小さく、高レベルの信号をより大きくすることが出来るが、必要に応じて例えば 3 乗、4 乗の演算を行うことも可能である。また検出した磁気信号に対して非線形演算処理を施すことにより、高レベルの信号をより大きくすることも可能である。さらに検出した磁気信号のレベル分けのステップを不等間隔にすることにより、低レベルに対してはステップを低く、高レベルに対してはステップをより高くすることも可能である。

30

【 0 1 2 0 】

また、前記表示画面 3 0において、最高輝度（最高信号レベル）の表示点が複数の場合には、輝度重心点を求めることにより、異物の概略位置を絞り込んで表示画面 3 0 の該当の表示点において、表示することも可能である。図 1 8 (d) は、強調処理として輝度重心点を求めた場合の結果の一例であり、第 5 段階の赤は「 R 」で 2 個、第 4 段階の青は「 B 」で 2 個の合計 4 個の表示点に絞られ表示されるもので、異物の位置が明確になったことを示している。

40

【 0 1 2 1 】

上記構成より成る第 5 実施例の異物検出装置は、見落としのない高感度な微小磁石体の検出を可能にし、前記表示装置 3 の表示画面の色分け表示により架台 T 上に載置された梱包体と内包された微小磁石体の異物の有無を報知し、前記架台 T 上の微小磁石体の位置および姿勢に応じた表示を可能にするとともに、検査対象物である梱包体または包装物を搬送手段により移動させること無く、架台 T 上に載置して検査できるため、検査装置をシンプル且つコンパクトにまとめることが出来るとともに、複数の梱包体を同時に検出することが可能であるという効果を奏する。

【 実施例 6 】

50

【0122】

第6実施例の開磁路型のフラックスゲート磁気センサは、本発明をフラックスゲート磁気センサに適用したものであり、図27および図28に示されるようにアモルファスワイヤを感磁体として、これに検出コイルC6を巻回した直交フラックスゲート磁気検出素子によって構成されるものである。

【0123】

フラックスゲート磁気検出素子は、一例として長さ6mmのセラミックス基板6Bの長手方向に感磁体として2本のアモルファスワイヤAW1、AW2を平行に配設して、その上からコイルC6を巻回し、コイルC6の直径はもっとも大きなところで1.6mmであった。

10

【0124】

上記2本のアモルファスワイヤAW1、AW2と同様の2本のアモルファスワイヤAW3、AW4(図示せず)を、異なる角度例えば互いに直角に配設された第2の基板6B2(図示せず)の上に長手方向に配設するものである。

したがってフラックスゲート磁気検出素子の寸法は、長さが6mm、直径が最大1.6mmであり、同一の構成の磁気インピーダンス素子とほぼ同程度の小型で製作できる。

【0125】

なお、前記アモルファスワイヤAW1、AW2は、2本とも磁気回路的には両端が空中に開放されており、いわゆる直交型(開磁路型)であり、該フラックスゲート磁気検出素子を構成するアモルファスワイヤAW1、AW2の一端は外部と電気的接続のための電極a、bが設けてあり、もう一方の端は2つのアモルファスワイヤAW1、AW2を電極dにより電気的接続されている。

20

【0126】

図28は、その信号処理回路を構成する電気回路であり、所定の周波数および電圧の発振回路OSCと、該発振回路OSCに一端が接続されるとともに他端が設置された直流電圧源Eおよび抵抗器R1を、直列にアモルファスワイヤAW1の一端に前記電極aを介して接続し、所定の交流励磁およびバイアス励磁を行うように構成されている。

【0127】

前記検出コイルC6の出力端子には、検出した外部磁場の大きさに対応する交流電圧が出力され、コンデンサC16の一端に接続され、他端を介して増幅器A1の入力端に接続され、該増幅器A1により所定のレベルに増幅された出力は、位相調整回路PKから出力された前記発振回路OSCの交流電圧を参照信号として同期検波回路DKによって同期検波されて、磁気信号に対応する電圧に変換されるように構成されている。

30

【0128】

この同期検波回路DKの出力は、増幅器A2と、前記同期検波回路DKの出力端子および前記増幅器A2の入力端子に接続された抵抗器R36と、前記増幅器A2の入力端子と出力端子に接続されたコンデンサC26とからなる積分回路IKを介して、その出力は抵抗器R26を通じて前記検出コイルC6に接続され、負帰還されるように構成されている。これによりゼロ位法によってオフセットがなくなるため、安定で線形性のよいフラックスゲートセンサとして動作するものであり、出力は前記積分回路IKの出力を出力端子Pから得ることができるように構成されている。

40

【0129】

上記構成より成る第6実施例の直交型(開磁路型)のフラックスゲート磁気センサは、異なる角度で配設された基板6B上に、2本ずつの配設された2組(4個)のアモルファスワイヤAW1～AW4によって検出された微小磁石体の局部磁界に対応する交流電圧を前記信号処理回路によって信号処理して、出力端子より出力するので、上述の実施例と同様に2乗演算器により2乗値を求め、次に加算器によりその和を求めて、ルート演算器により平方根を求ることにより、それぞれ磁場成分msを求めるので、見落としの無い高精度の微小磁石体の有無を検出することを実現するという効果を奏する。

【0130】

50

上述の実施例の磁気インピーダンスセンサに置き換えて、本第6実施例の開磁路型のフラックスゲート磁気センサの性能を確かめたところ、前記図1(b)および図2(b)と類似の結果(波形)を得ることが出来た。

また、上記第6実施例において、前記積分回路IKおよび負帰還回路R26を省略すれば、前記同期検波回路PKの出力を、磁気信号の出力とすることが出来るが、電気回路の製作費を低コスト化することが可能であり、ゼロ点ドリフトが目立つことになる場合があり得る。本第6実施例においては、1個のフラックスゲート磁気センサにおいて、感磁体として2本のアモルファスワイヤAW1、AW2を用いる例について説明したが、コストダウンのために1本のアモルファスワイヤに減らしたり、逆に3本以上のアモルファスワイヤを利用し、さらに感度を高めることも可能であるが、上述の磁気インピーダンスセンサにおいても同様である。10

【0131】

上述の実施形態および実施例は、説明のために例示したもので、本発明としてはそれらに限定されるものでは無く、特許請求の範囲、発明の詳細な説明および図面の記載から当業者が認識することが出来る本発明の技術的思想に反しない限り、変更および付加が可能である。

【0132】

例えば、感磁体を備えた磁気センサを少なくとも2個用いて、それぞれの最大感度方向を互いに異なる方向に配設して所定の領域を計測する微小磁石体検知センサを採用可能であり、任意の方向を向いている微小磁石体の磁界を、前記複数の異なる感度軸成分として検出する第1の態様が採用可能であり、微小磁石体と磁気センサの感磁体との相対的な信号や向きに依存しないで死角を生ずることなく検出することができ、見落としのない高精度な微小磁石体の検出を可能にするものである。20

【0133】

上記第1の態様において、複数個のセンサの隣り合うセンサとの最大感度方向を少なくとも30度以上異なった状態で配設する第2の態様が採用可能であり、一方のセンサが微小磁石体との相対角度が90度の場合は、出力が零になるような場合でも、他方のセンサは、30度以上角度が異なるので、微小磁石体との相対角度が60度以下になり、微小磁石体の局部磁界の少なくとも約2分の1の検出出力を得ることができるので、実用的である。30

【0134】

上記第1の態様において、2つの感磁体を備えた磁気センサの最大感度方向が互いに成す角度が略90度(略2次元)の方向に配設された第3の態様の微小磁石体検出センサが採用可能であり、一方のセンサが微小磁石体との相対角度が90度で出力零の場合でも、他方のセンサは、90度角度が異なるので、微小磁石体との相対角度が0度になるため、微小磁石体の100%の局部磁界を検出することができるものである。

【0135】

上記第1の態様において、3つの感磁体を備える磁気センサの最大感度方向が互いに成す角度が略90度で略3次元方向に配設された第4の態様の微小磁石体検出センサが採用可能であり、微小磁石体が3次元空間の任意の姿勢であったとしても、3次元における3つの感度軸成分を検出することができるので、死角のない磁気計測を可能にするものである。40

【0136】

複数の各感磁体または磁気センサのそれぞれの信号を共に用いて信号処理して磁気信号を得る第5の態様の微小磁石体検出センサが採用可能であり、見落としのない高感度で高精度の微小磁石体の検出を可能にするものである。

【0137】

アモルファスワイヤまたはアモルファスリボンからなる磁気コアを感磁体とする第6の態様の磁気センサが採用可能であり、高感度の微小磁石体の検出を可能にするものである。

【0138】

10

20

30

40

50

検出対象の微小磁石体が搬送され通過する領域を監視するために、前記搬送路の路幅を横断して磁気センサを複数個配設する第7の態様の微小磁石体検出装置が採用可能であり、搬送された梱包物内に内包された微小磁石体の異物検出を可能にするものである。

【0139】

検出対象の微小磁石体が存在する領域を監視するために磁気センサを複数個略2次元的に配置する第8の態様の微小磁石体検出装置が採用可能であり、監視領域に載置された梱包された商品に内包された微小磁石体の異物検出を可能にするものである。

【0140】

検出対象の微小磁石体を内包または混入している梱包体が、たとえばベルトコンベア1Bにより通過するのをベルトコンベア1Bの全幅にわたって監視するための技術であり、複数の感磁体を複数方向に配設した磁気センサを、磁気センサユニットを複数個用いる第9の態様は、個々の検出する領域が互いに一部重複するように前記ベルトコンベアの幅を横断して配設することで、見落としのない微小磁石体検出装置を実現するものである。10

【0141】

また、検出対象の微小磁石体を内包または混入している梱包体が、存在する領域を監視するために、複数の感磁体を複数方向に配設した磁気センサユニットを複数個用いて、これを略2次元的に配置する第10の態様は、梱包体を移動させることなく前記監視領域において載置された状態において、微小磁石体の存在を検出する異物検出装置を実現することもできる。

本発明の第11の態様の異物検出装置は、アモルファス材料の感磁体にパルス電流または交流電流が通電された場合に、前記感磁体の周辺に位置する磁石化している微小磁性体が発生する局部磁界に対応する電圧を出力する磁気検出素子と、前記電圧を信号処理して出力信号を出力する信号処理装置と、該信号処理装置の出力信号に基づき表示部に表示を行う表示装置とから成り、前記磁気検出素子が、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるようにある面に配設された少なくとも2個の感磁体より成り、同一平面における検出領域内において間隔を置いて多数配設されるとともに、前記検出領域内に載置された検査対象物内に磁石化した微小磁性体の異物が混入されている場合には、該微小磁性体の局部磁界を検出した前記磁気検出素子が出力する前記電圧に基づき前記信号処理装置が信号処理することにより、前記微小磁性体が発する局部磁界の大きさ（例えば、感磁体が2個の場合は、2個の感磁体の感磁軸を含む平面に沿う成分、互いに直交する3個の感磁体を使う場合は、全磁力成分）を求め、前記表示装置が前記表示部において前記検出領域内において載置された前記検査対象物内に混入されている前記微小磁性体の異物を表示するように構成されているものである。2030

【0142】

上述の第5実施例において、分割レベルの調整をソフトウェアで実行する例について説明したが、本発明としてはそれに限定されるものではなく、レベル変更の方法および分割レベルの調整をアナログ電気回路を用いて行う変形例を採用することが可能であり、図22を用いて以下に説明する。

【0143】

図22において磁気センサユニットu11～umnは、検出信号であるアナログ信号電圧を出力するものであり、アナログ電圧を切り替えて伝達するアナログスイッチであるマルチプレクサMによって順次絶対値回路AbSに伝達される。この切換えタイミングは、たとえば1msである。本変形例におけるセンサユニットの数は例えば縦18個、横32個の合計576個であるので約5.76ms毎に周回することになる。40

【0144】

前記絶対値回路AbSは、正の入力電圧も負の入力電圧もすべて正の電圧として出力する機能を持つICである。上述の様に検出した磁界が正であっても負であってもその信号の絶対値が大きければ異物が大きいということになるので、それに対応させるものである。かくして正の信号電圧は、演算増幅器OP1～OP4からなる4個のアナログコンパレータの正極性の入力端子に並列に接続される。演算増幅器OP1～OP4の負極性の入力端50

子は、それぞれ電源とグランドに接続された半固定可変抵抗器 V R 1 ~ V R 4 の摺動電極によって、互いに異なる所定の電圧 V 1 ~ V 4 に設定された参照電圧が入力されている。

【 0 1 4 5 】

この代表的に図 2 2において示した4個のコンパレータ回路 O P 1 ~ O P 4 は、絶対値回路から出力された電圧 V A b s とそれぞれの参照電圧 V 1 ~ V 4 とを比較し、0 ボルト ~ V 1 ボルト、V 1 ~ V 2 ボルト、V 2 ~ V 3 ボルト、V 3 ~ V 4 ボルト、V 4 ボルト以上の5段階のレベルに分ける。

なお、予め使用において必要と思われる最大数のコンパレータ例えば20個をスイッチ要素を介して前記絶対値回路 A b s の出力端子に接続し、例えば8個のコンパレータを使う場合は、8個のスイッチ要素をオンにする様か、前記スイッチ要素を介挿しないで全てのコンパレータを絶対値回路に予め接続しておき、例えば5個のコンパレータを使う場合は、5個のコンパレータの基準電圧を設定し、その他のコンパレータは最大値に設定して、動作しないようにする様を採用することが出来る。10

【 0 1 4 6 】

すなわち各コンパレータ回路 O P 1 ~ O P 4 は、絶対値回路から出力された電圧 V A b s がそれぞれの参照電圧よりも低ければ0ボルトを出力し、それぞれの参照信号よりも高くなれば正の5ボルトの電圧を出力する。

【 0 1 4 7 】

各4つのコンパレータの出力端は、それぞれ入力抵抗 R 1 ~ R 4 を持つ加算回路 O P 1 1 に接続される。前記入力抵抗 R 1 ~ R 4 は、ともに同じ抵抗値であり、たとえば 50 k 、帰還抵抗 R 5 は R 1 ~ R 4 の 1 / 5 の値でたとえば 10 k である。20

【 0 1 4 8 】

したがって入力抵抗 R 1 ~ R 4 のいずれの入力端子から信号が入力されても前記加算回路の出力端子における加算係数は - 1 / 5 である。ここで「 - 」すなわち負の符号が付くのは負極性の入力端子に接続されるからである。

【 0 1 4 9 】

また加算回路 O P 1 1 の出力端子に接続される O P 1 2 と抵抗 R 1 1 と R 1 2 からなる符号反転回路の係数は - 1 である。

【 0 1 5 0 】

したがって、前記絶対値回路の出力信号 V A b s すなわち前記4個のコンパレータの入力電圧が、前記参照電圧 V 1 よりも低いときはすべてのコンパレータの出力は0ボルトであり、符号反転回路の出力 V t も0ボルトである。 V A b s が V 1 を超えて V 2 よりも低いときは O P 1 からなるコンパレータの出力のみが 5 ボルトを出力する。このとき符号反転回路の出力端子の電圧 V t は 1 ボルトを出力する。30

【 0 1 5 1 】

そして V A b s が V 4 ボルトを超えると、すべてのコンパレータの出力が 5 ボルトになるので、符号反転回路の出力は V t は 4 ボルトになる。

すなわち前記 V A b s が 0 ボルト ~ V 1 ボルトのときは V t は 0 ボルト、V 1 ~ V 2 ボルトのときは 1 ボルト、V 2 ~ V 3 ボルトのときは 2 ボルト、V 3 ~ V 4 ボルトのときは 3 ボルト、V 4 ボルト以上のときは 4 ボルトである。40

【 0 1 5 2 】

すなわち前記絶対値回路の出力、すなわち前記センサユニット u 1 1 ~ u m n の磁気信号がレベル分けされて、符号反転回路の出力電圧 V t として 5 段階の信号電圧として出力されることになる。ここにおいて前記 V R 1 ~ V R 4 は固定可変抵抗器であるから、必要に応じて任意に調整することができる。

【 0 1 5 3 】

なお前記符号反転回路の出力端子は、図示していないコンピュータのアナログ入力端子に接続される。コンピュータは、入力された電圧 V t に対応して、0ボルトは黒、1ボルトは灰色、2ボルトは白、3ボルトは黄、4ボルトは赤の5段階のカラー選択をして、前記 576 個の2次元セグメントに対応して色分け表示を行うものである。50

【 0 1 5 4 】

また上述の第5実施例におけるセンサユニットu11～umnの配列は、縦横が一直線上かつ等間隔に並べるものであるが、それに限らず、部分的に配置の密度を高くしたり低くしたりする変形例を採用することもできる。

【 0 1 5 5 】

また前記外部コンピュータによる信号処理について、本第5実施例においては、各センサユニットごとの全磁力信号をひとつずつ独立して色分け表示または濃淡表示したが、隣り合うあるいは近傍の複数のセンサユニットの信号を含めてフィルタ、平均化や信号強調などの信号処理をして、より精度の高い異物検知装置を実現する変形例を採用することも可能である。

10

【 0 1 5 6 】

上述の第5実施例においては、センサユニットu11～umnの矩形パッケージ内の略同一平面において2個の感磁体11および12を、その一端の間に一定の間隔を置いてL字状に配置する例について説明したが、本発明としてはそれに限定されるものではなく、図19(a)ないし(c)に示されるようにパッケージ内の上下に間隔をおいた2個の水平面の一方の水平面にT字状または十字状の横方向に延在する横棒部1Tを配置するとともに、他方の水平面に縦方向に延在する縦棒部1Lを配置することにより、2個の感磁体を積層配置して、感磁体1Lの感磁軸またはその延長線が他方の感磁体1Tに接触または衝突することが無いように配置することにより、微小磁性体が発生して前記矩形パッケージを通過する磁束および磁界局部をより有効に捕捉して検知することが出来るようになることも可能である。上方に配置される一方の感磁体1Tは、パッケージの上面または上面に近い部位に配設し、他方の感磁体1Lは、パッケージの下面または下面の近い部位に配設する態様も採用可能である。

20

【 0 1 5 7 】

また、センサユニットの矩形または円形パッケージ内の同一平面において、図19(d)に示されるように3個の感磁体11、12、13を略Y字状に120度の角度間隔で配置するとともに、3個の感磁体の一端が集中する中央部には間隔を保持して、各感磁体11の感磁軸またはその延長線が、他の感磁体に接触または衝突することが無いように配置することにより、仮に1個の感磁体の出力が0またはそれに近い場合でも、残り2個の感磁体の出力に基づき検知することが出来るので、同一平面における互いの感磁体の磁気的干渉を有効に回避して、微小磁性体が発生して、前記パッケージを通過する磁束および局部磁界をより有効に捕捉して検知することが出来るようになる変形例を採用することも可能である。

30

【 0 1 5 8 】

さらに図19(e)は、センサユニットの矩形または円形パッケージ内の上下方向の異なる水平面に配置した3個の感磁体が互いに120度の相対角になるように積層配置することにより、平面積の小さなパッケージ内に3個の感磁体11、12、13を積層配置したものであるが、この配置とした場合には、漏れのない検出が可能になるピッチの短いセンサのパッケージの配置とすることが可能になるとともに、感磁体の互いの磁気的干渉を有効に回避して、微小磁性体が発生する前記パッケージを通過する磁束および局部磁界をより有効に捕捉して検知することが出来るようになるとともに、3個の感磁体による高感度な局部磁界検出を可能にする変形例として採用することが可能になる。

40

【 0 1 5 9 】

また微小磁性体が発生する磁束の方向が特定されているような場合には、図20(a)に示されるように磁束が集中する磁軸方向に複数の感磁体11～14の各一端を指向させると、感磁体11～14の数が多いほど信号を集めることができるので高感度化することができるが、図20(b)に示されるように磁軸に対して直交する方向すなわち微小磁性体および発生する磁束が水平になると磁束と感磁体11～14の感度軸が直角近くになるため、感度が下がることになる。結局図20(c)ないし(e)に示されるように3個の感磁体11～13がx、y、z方向の3次元配置されている場合は、3個の感磁体

50

11～13が万偏に磁界を検知するので、その場の全磁力をまたはそれに近い計測が可能になるということが出来る。

【0160】

また3個の感磁体11～13の3次元の配置においては、その場の全磁力の計測が可能になるので、これで微小磁性体の検出における見落としはなくなるが、図20(c)に示されるように3個の感磁体11～13が立方体のパッケージの1つの頂点につながる3つの稜線に沿って配設される感磁軸およびその延長線の一端を前記頂点に集中的に集める配置の場合は上述と同じ特徴であり、そのコーナー部の延長線方向から微小磁性体からの磁束が来るときは図20(a)と同様に高感度になるが磁束がどの方向から来るかわからない一般的な場合には立方体のパッケージの離れた稜線に沿うように3個の磁性体11～13が配置されているすなわち1つの稜線を介して隣り合う稜線に沿って2個の感磁体11、12が配設され、感磁体11、12の長手方向の中点から引いた重線の交点に感磁体13を感磁体11が配設された稜線と垂直な稜線に平行になるように配設されている図20(d)および図20(e)に示されるセンサと同じ傾向の感度を呈する。10

【0161】

図20(d)および図20(e)に示されるセンサは、感磁体相互の磁気的干渉を避けるため感磁体11～13の感磁軸またはその延長線が他の感磁体に接触または衝突しないようにするために一定の距離離したもので、感磁体11および12の長手方向の中点から引いた垂線の投影面における交点に垂直に配置して、感磁軸11および12によって磁性体の局部磁界が0またはそれに近い場合でも、感磁体13によって磁性体の局部磁界を検出できるようにした態様である。20

【0162】

任意の地点における任意の方向を向いた磁界Hは、3次元方向x、y、zの3つの方向成分の合成で表すことができるので、図21(a)に示されるように磁気ヘッドの3つの感磁体11～13の感度軸をそれぞれ3つの方向に配設して計測した信号H_x、H_y、H_zを用いて、上記図21(a)に示した演算を行うことによりセンサが置かれている場所における磁界Hを検出することができる。

【0163】

すなわち図21(b)に示されるように微小磁石体からの磁界Hがいかなる方向を向いていても、上記磁気ヘッド内に3次元配置された3つの感磁体11、12、13を用いることにより、微小磁性体の局部磁界の死角のない磁気計測が可能になるのである。30

【0164】

上述した異物検出装置において、梱包体に内包される微小磁石体すなわち異物検知を行う例について説明したが、本発明の他の応用として3次元方向の磁気センサを磁気センサユニットとして、これを複数使用して柔軟性のあるシート例えば天然纖維の布あるいは化学纖維の布に2次元的に配設して、このシートによって、図23に示されるように例えば仰向けに寝ている人体の上面を覆うように密着させることにより、人体の筋収縮や神経活動の際に生じる活動電流により発生する磁界や、脳や消化器に取り込まれた残留磁性物質(磁石)が作る磁場を計測することによって生体磁気現象を計測する生体磁気計測を行うことも可能である。40

なお前記のシートを用いることなく、センサユニットを人体の一部である特定の部位またはおよび不特定な部位に密着させてもよい。

【0165】

上述の第5実施例の異物検出装置において、一例として図17(b)において梱包体中に内包された異物に対応して表示装置の表示画面の基盤目状のセグメント内を、色分け、濃淡表示、明暗表示する例について説明したが、それ以外にも図17(c)に示されるように表示画面30上に規則的な頂面が小円の前記表示点を構成する点灯体を多数配置して、梱包物中に内包された異物に対応する点灯体が「赤」、「青」、「緑」の文字による点灯色で点灯することにより、頂面の点灯円の直径が大きくなり、色分けで点灯する態様を採用することが可能である。50

また上述においては、磁石体または磁石化した磁性体の局部磁界の検出に適用する態様について説明したが、本発明はそれ以外にも磁化した磁性体の局部磁界の検出にも適用する態様も採用することが出来るものである。

【0166】

上述の第5実施例の異物検出装置において、一例として矩形の基板およびパッケージ内に2個の感磁体を配置する例について説明したが、それ以外にも円形または五角形、八角形などの多角形の基板およびパッケージ内に少なくとも2個の感磁体を配置する態様を採用することが出来る。

【0167】

以上の実施例の説明は、主として磁気インピーダンス素子を用いた例により説明したが、一例を示した開磁路型の直交フラックスゲート型検出素子を用いても、磁気インピーダンス素子と同様に小型化可能であって、かつ感磁体の軸方向に対し極めて高感度な磁気検出性能を得られるので、最大感度方向である感度軸が互いに異なる方向になるように少なくとも2個の感磁体を配設することにより、姿勢が不特定な状態で混入している微小磁性体の異物検出に対して検出漏れのない微小磁性体検出センサ及び異物検出装置の提供を可能とすることが出来る。10

また、図25(c)に示されるようにアモルファスワイヤを縦長の口の字状に形成したコア10'の両側の上下延在部に励磁コイル10Rをそれぞれ巻装するとともに、前記上下延在部を包囲するように検知コイル10C'を巻装した閉磁路型の平行フラックスゲート型検出素子において、前記励磁コイル10Rに交流電流を通電して、局部磁界に対応する電圧を検知コイルによって検出して、信号処理回路によって局部磁界に対応する信号を出力する変形例も採用することが可能である。20

【産業上の利用可能性】

【0168】

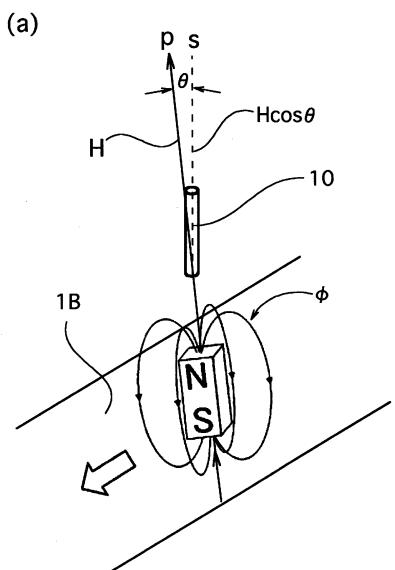
包装品、梱包体中に混入している微小磁性体の異物検知、書類中の微小磁性体または磁性インクの検出、フィルム中の鉄粉検出、移動体中の鉄粉検出、磁気パターン計測への応用、生体磁気現象の計測などの用途に好適である。

【符号の説明】

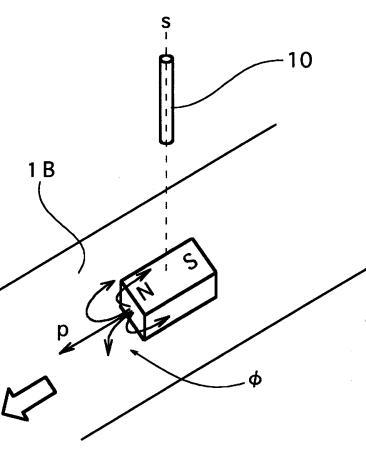
【0169】

- | | |
|-----------------|----|
| 1 磁気インピーダンス素子 | 30 |
| 2 信号処理装置 | |
| 3 表示装置 | |
| 10、11、12、13 感磁体 | |
| 1B ベルトコンベア | |
| 20 信号処理回路 | |
| 21 2乗演算器 | |
| 22 加算回路 | |
| 23 ルート演算器 | |
| 24 A/D変換器 | |
| 25 マイクロプロセッサ | 40 |
| P パッケージ | |

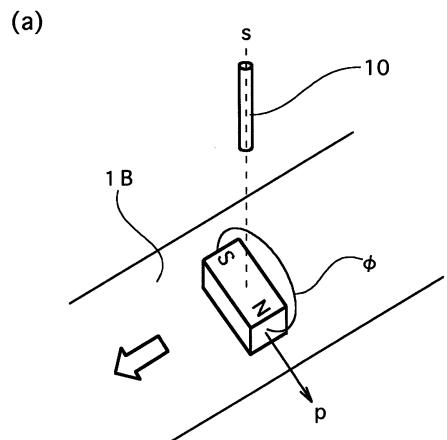
【図1】



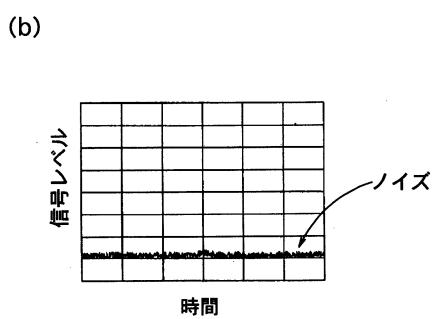
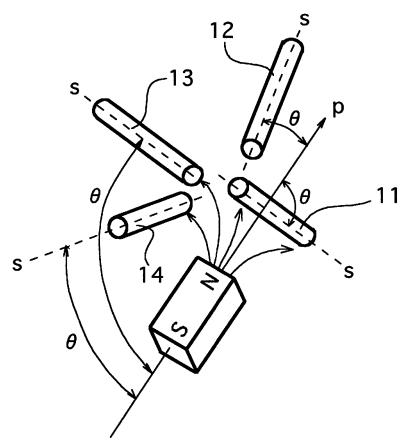
【図2】



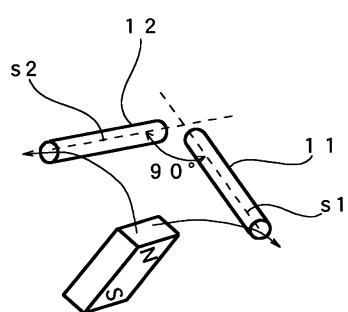
【図3】



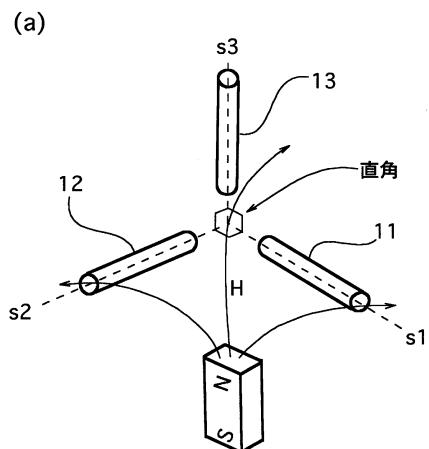
【図4】



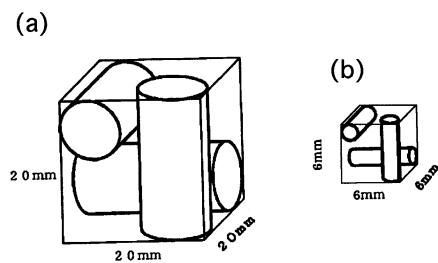
【図5】



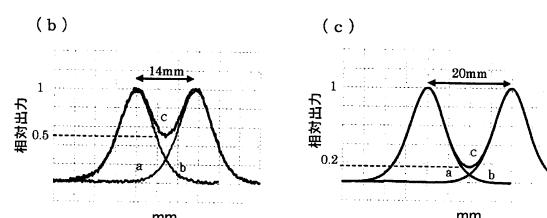
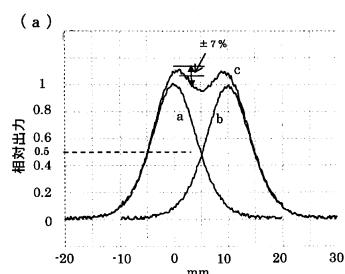
【図6】



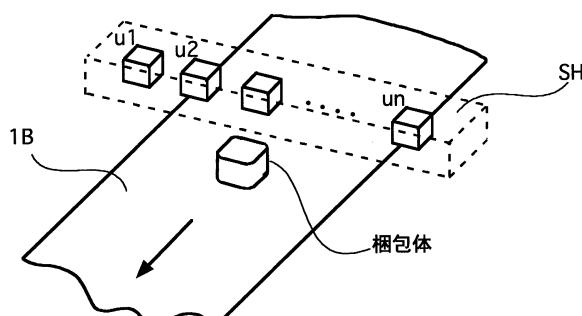
【図7】



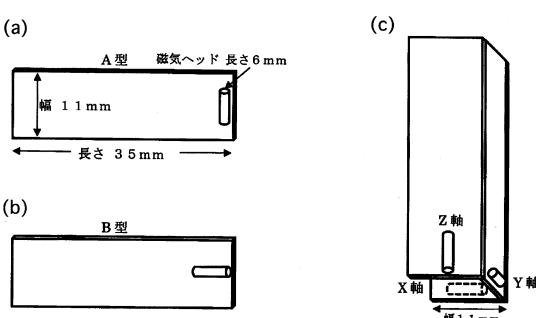
【図9】



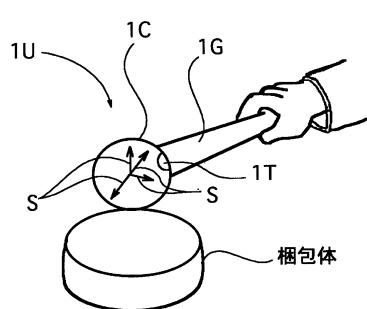
【図8】



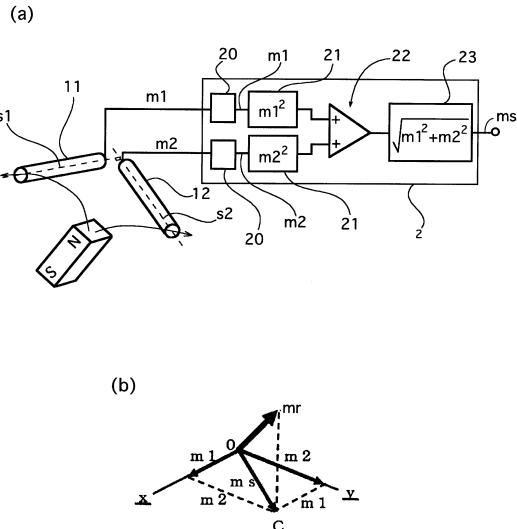
【図10】



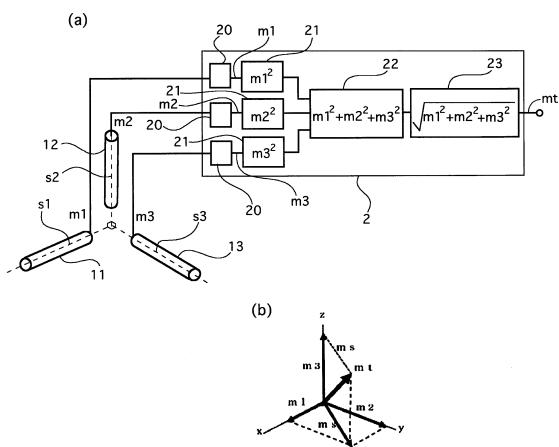
【図11】



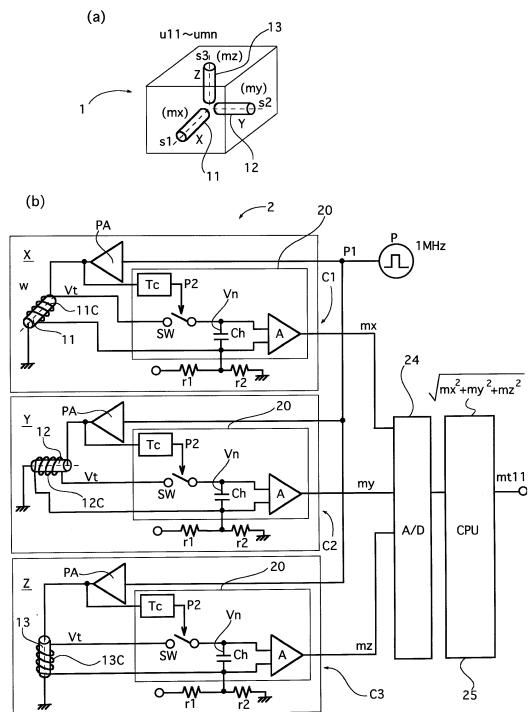
【図12】



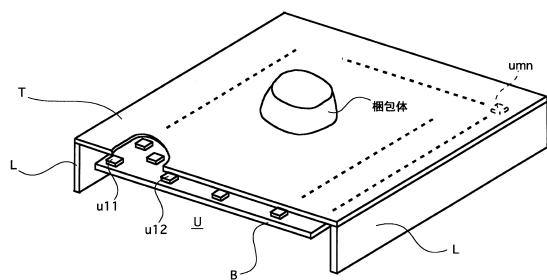
【図13】



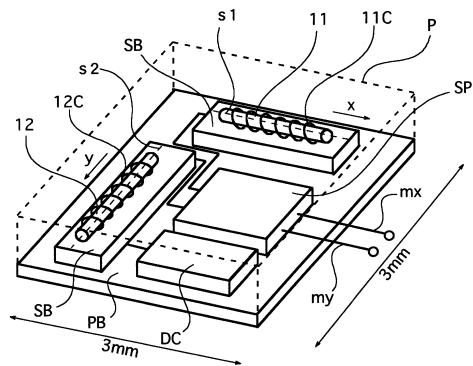
【図14】



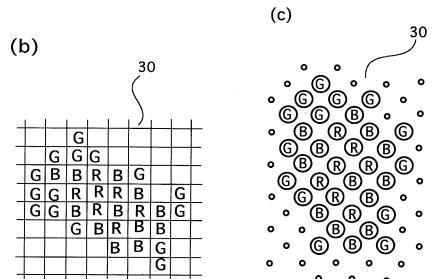
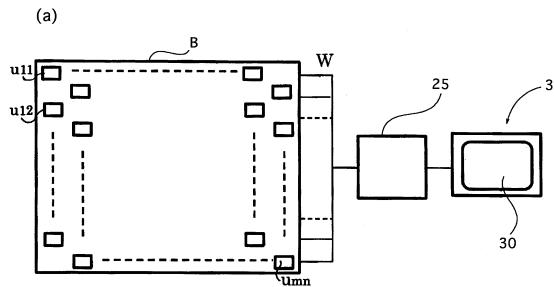
【図15】



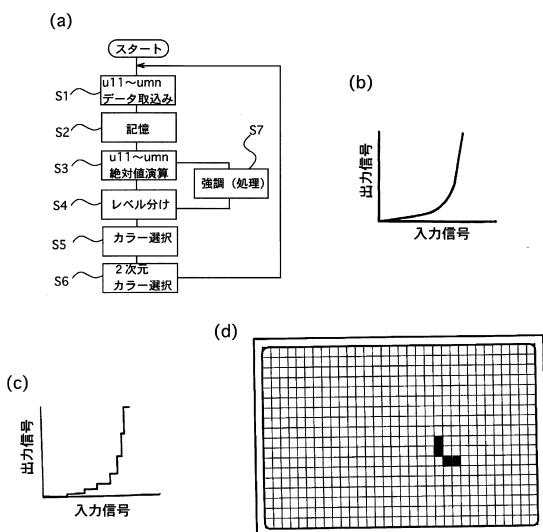
【図16】



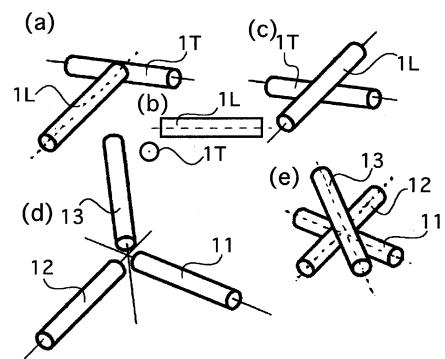
【図17】



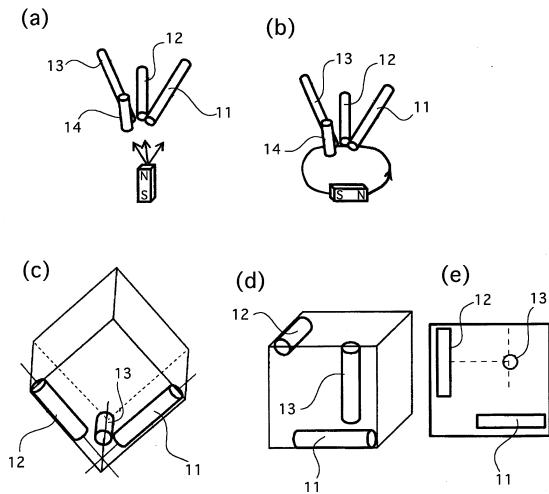
【図18】



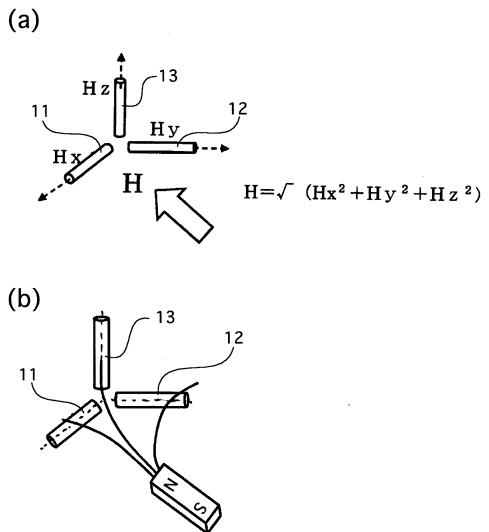
【図19】



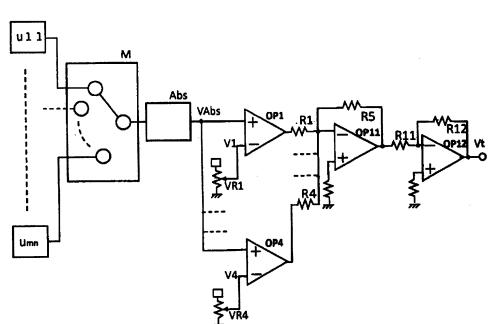
【図20】



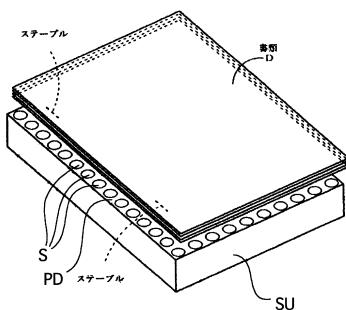
【図21】



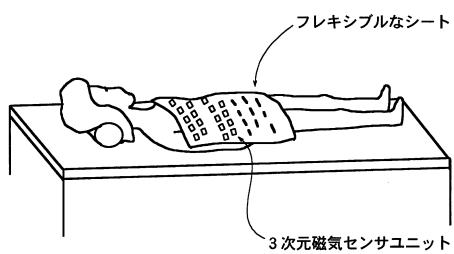
【図22】



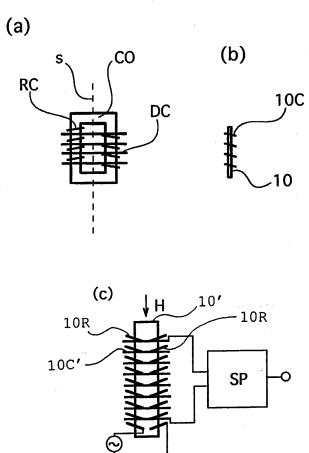
【図24】



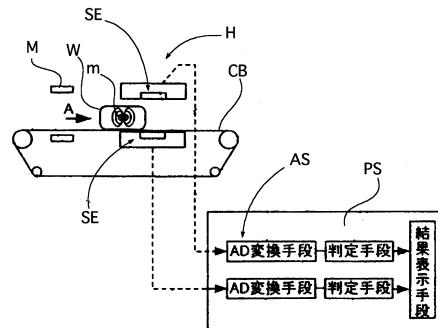
【図23】



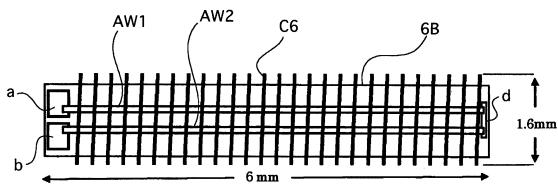
【図25】



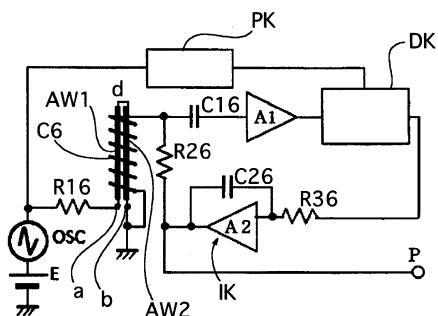
【図26】



【図27】



【図28】



フロントページの続き

(72)発明者 青山 均
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内

(72)発明者 浦川 一雄
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内

審査官 福田 裕司

(56)参考文献 国際公開第2014/079740 (WO, A1)
特開2005-283271 (JP, A)
国際公開第2011/155527 (WO, A1)
特開2007-113993 (JP, A)
特開2006-329963 (JP, A)
特開2012-159292 (JP, A)
韓国公開特許第10-2010-0121190 (KR, A)
特開2015-145800 (JP, A)
特開平11-183109 (JP, A)
特開2015-175639 (JP, A)
特開2015-124999 (JP, A)
特表2009-535616 (JP, A)
特開2004-271481 (JP, A)
特開平09-211144 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 V 3 / 08
G 01 R 33 / 02