

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月5日(05.01.2017)



(10) 国際公開番号

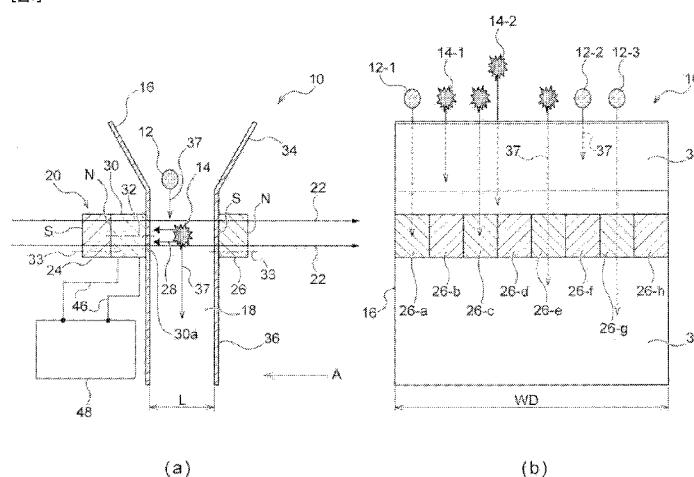
WO 2017/002698 A1

- (51) 国際特許分類:
G01V 3/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/068619
- (22) 国際出願日: 2016年6月23日(23.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-130044 2015年6月29日(29.06.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高橋 太郎 (TAKAHASHI, Taro); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 多田 光男 (TADA, Mitsuo); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小野 新次郎, 外 (ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METAL DETECTION SENSOR AND METAL DETECTION METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: 金属検知用センサー及び該センサーを用いた金属検知方法

【図1】



(57) Abstract: Provided is a small-sized metal detection sensor capable of detecting a minute foreign metal substance by an electro-magnetic induction detection method. The metal detection sensor 20 for detecting a metal 14 included in an inspection object moving on a path 18, includes: magnets 24, 26 which generate static magnetic fields; and a coil 30 which detects a magnetic field 28 generated by the metal 14. The magnets 24, 26 are positioned outside the coil 30 relative to the axial direction of the coil 30. The coil 30 is positioned outside the magnets 24, 26 relative to the axial direction connecting the N pole and the S pole of each of the magnets 24, 26. The magnets 24, 26 are opposed to the coil 30.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/002698 A1



電磁誘導検知法により、微小金属異物を検知できる小型化された金属検知用センサーを提供する。通路 18 を移動している検査対象物に含まれる金属 14 を検知するための金属検知用センサー 20 は、静磁界を発生する磁石 24、26 と、金属 14 が生成する磁界 28 を検知するコイル 30 とを有する。磁石 24、26 は、コイル 30 の軸方向におけるコイル 30 の外部に位置し、コイル 30 は、磁石 24、26 の N 極と S 極を結ぶ軸方向における磁石 24、26 の外部に位置し、磁石 24、26 とコイル 30 は対面する。

明 細 書

発明の名称：

金属検知用センサー及び該センサーを用いた金属検知方法

技術分野

[0001] 本発明は、医薬品、食品、工業用材料などの非導電材料に混入した金属異物を検知するセンサー及び方法に関する。また本発明は、金属の厚さ、寸法又は外形の変化を検知するセンサー及び方法に関する。

背景技術

[0002] 従来工業用材料や食品等の粉体等に混在する金属異物の検知は、例えば電磁誘導検知法により行われている。この金属異物の検知法では、励磁コイルで発生した交流磁界中を検査対象物が通過するときに、磁界が変化することが利用されている。検知コイルが磁界の変化を検出したときに、金属異物が混入したと判定される。電磁誘導検知法で使用される励磁コイルは、通常、鉄心を含まないコイルである。

[0003] 粉体中の金属異物の寸法が、0.1 mm～70 μ m程度である場合がある。ところが、従来、食品、医薬品、樹脂等の非導電材料の粉体に混在する金属異物の検出可能な寸法は、電磁誘導検知法で0.5 mm程度が限度であった。そのため、従来の金属異物の検知法では、微小金属片の検出が出来ないという問題があった。

[0004] その原因は、従来の金属異物の計測で使用される励磁コイルや検知コイルでは、検出感度が低いためである。すなわち、励磁コイルでは、生成できる交流磁界の大きさが小さいため、微小金属片に起因する磁界の変化も小さくなり、検知コイルは、磁界の変化を検出できなかった。

[0005] 検知コイルについては、検出感度を高くするために、巻き数を増やす必要があり、そのサイズが大きくなるという問題もあった。励磁コイルについては、交流磁界の大きさを大きくするために、巻き数を増やす必要があり、そのサイズが大きくなるという問題もあった。これらの理由により、センサー

全体が大きくなるという問題があった。

[0006] 検知コイルが大きくなると、次のような問題も生じる。すなわち、微小金属片の検出をしようとするときは、検知コイルの検出スポットが小さいほうが適している。検知コイルの検出スポットが大きい場合、微小金属片に起因する磁界の変化がノイズに紛れてしまうからである。しかし検出スポットが小さい場合、検知コイルが小さくなり、励磁コイルが発生する交流磁界の大きさが足りないので測定できない。

[0007] 数ミリ程度の金属異物を検出するための従来技術としては、特開 2004-85439 号公報に記載された技術がある。この技術では、数ミリ程度の金属異物検知を目的として、検知コイルの中心位置に永久磁石が配置されている。また、これとは逆に、この技術は、永久磁石の中心位置に検知コイルを配置することも開示している。

[0008] この技術の場合、検知コイルの中心位置に永久磁石が配置されているため、もしくは、永久磁石の中心位置に検知コイルが配置されているため、センサー全体としての横方向のサイズが大きくなる、という問題がある。検知コイルの中心位置に永久磁石が配置されている場合は、検知コイルの検出スポットが大きくなるという問題もある。永久磁石の中心位置に検知コイルが配置されている場合は、永久磁石による磁界が弱くなるという問題もある。

[0009] 電磁誘導検知法の限界を克服するための技術としては、特開 2005-83889 号公報に記載された技術がある。この技術は、より小さい異物を検知するために、金属異物に渦電流が誘起してジュール熱を発生することを利用している。赤外線カメラが、金属異物から放射される赤外線を検知する。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開 2004-85439 号公報

特許文献2：特開 2005-83889 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 本発明は、電磁誘導検知法により、微小金属異物を検知できる小型化された金属検知用センサーを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の第1の形態によれば、上記の課題を解決するために、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、前記センサーは、静磁界を発生する少なくとも1つの磁石と、前記金属が生成する磁界を検知する少なくとも1つの磁気センサーとを有し、前記磁石は、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向における前記磁気センサーの外部に位置し、前記磁気センサーは、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の外部に位置し、前記磁石と前記磁気センサーは対面することとしたものである。前記磁石と前記磁気センサーは、接触して対面してもよいし、離れていて対面してもよい。

[0013] 磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向とは、磁気センサーが、磁気抵抗効果素子、ホール素子、または磁気インピーダンス素子（アモルファスワイヤ磁気センサー）である場合は、検知すべき磁界（磁気センサーに印加される磁界）の方向である。磁気センサーがコイルの場合は、磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向とは、コイルの軸方向である。

[0014] 本構成によれば、磁石を用いているため、磁界の大きさが大きくなる。この結果、検出感度が大きくなる。また磁石が磁気センサーに対面するため、磁気センサーがコイルである場合、磁石とコイルを同心状に配置する場合に比べて、コイルを配置するために必要な半径方向の空間が少なくなり、コイルが小型化できる。これらにより、検出感度を向上させながら、かつ小型化した金属検知用センサーが提供できる。

[0015] なお、磁石は、磁気センサーの中心軸上に配置してもよい。この場合、磁石の中心軸と、磁気センサーの中心軸は必ずしも一致する必要はない。若干のずれは、許容可能である。

[0016] 本発明の第2の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記磁気セ

ンサーはソレノイドコイルであってもよい。ここで、ソレノイドコイルとは、導線を、コイルの軸方向に、らせん状に複数回巻いたコイルである。巻き数を増やすことにより、インダクタンスが大きくなり、より磁界の検出感度が大きくなる。結果として、コイルは小型であっても、より微小な異物を検知できる。

[0017] 本発明の第3の形態によれば、前記磁気センサーはスパイラルコイルであり、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向は、前記コイルの軸方向であり、前記スパイラルコイルにおいては、該コイルの軸方向に垂直な平面内に、らせん状に導線が巻かれている。

[0018] 本発明の第4の形態によれば、前記磁気センサーは、つぼ型コイルであり、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向は、前記コイルの軸方向である。

[0019] 本発明の第5の形態によれば、さらに金属検知用センサーにおいて、前記コイルは、空心でもよいが、その内部に鉄心を有することが好ましい。鉄心の材料としては、軟鉄、ケイ素鋼板、フェライト、パーマロイ、アモルファス等がある。鉄心として磁石を用いることもできる。鉄心を有することにより、インダクタンスが大きくなり、よりコイルの感度が大きくなる。結果として、より微小な異物を検知できる。

[0020] 本発明の第6の形態によれば、前記磁石は複数個あり、前記複数個の磁石は、前記通路を挟んで対向して配置され、前記複数個の磁石の各々のN極からS極への向きは一致することとしてもよい。複数個の磁石が、通路を挟んで対向して配置されることにより、1個の磁石を用いた場合と比較して、通路内の磁界の大きさが大きくなる。

[0021] さらに本発明の第7の形態によれば、前記複数個の磁石は、前記磁気センサーの前記軸方向において前記磁気センサーの両側に配置されることが好ましい。磁気センサーが、複数個の磁石の間にあるため、通路を通る金属の検出感度が高まる。

[0022] なお、本発明の第8の形態によれば、前記磁気センサーは複数個あり、前

記複数個の磁気センサーは、前記通路を挟んで対向して、又は前記磁気センサーの中心軸上に配置されることが可能である。磁気センサーを複数用いることにより、これらの磁気センサーを直列に接続したときに、磁気センサーの出力が大きくなり、検出感度が高まる。

[0023] 本発明の第9の形態によれば、第8の形態において、前記複数個の磁気センサーは、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の両側に配置してもよい。

[0024] 本発明の第10の形態によれば、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の外部に位置して前記磁石に対面する前記磁気センサー、及び前記磁気センサーの軸方向における前記磁気センサーの外部に位置して前記磁気センサーに対面する前記磁石は、対を構成し、前記対は複数存在し、前記複数の対は、前記通路の幅方向に、互いに並列に又は千鳥状に配置される。

[0025] 本発明の第11の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、複数の前記磁気センサーの出力は、個々に処理される、又は、複数の前記磁気センサーの出力は直列に接続される。

[0026] 本発明の第12の形態によれば、検査対象物に含まれる金属は、順磁界を発生する金属または反磁界を発生する金属のいずれでも検知可能である。前記磁気センサーは、前記磁気センサーが検知した金属が順磁界を発生する金属であるか、または反磁界を発生する金属であるかに応じて、極性の異なる信号、又は信号の大きさが異なる信号を出力する。順磁界を発生する金属であるか、または反磁界を発生する金属であるかに応じて、金属が発生する磁界の極性又は大きさが異なるからである。

[0027] 順磁界及び反磁界について、以下に説明する。検査対象物に含まれる金属は、アルミニウム、鉄、銅、オーステナイト系ステンレス等である。アルミニウムは、印加される磁界の向きに磁化される常磁性体である。鉄は、印加される磁界の向きに特に強く磁化される強磁性体である。銅は、印加される磁界の向きと反対方向に磁化される反磁性体であり、オーステナイト系ス

ステンレスは、印加される磁界の向きと反対方向に特に強く磁化される反強磁性体である。そのため、印加される磁界中を金属が移動するために生じる磁界は、金属の磁性体としての性質によって決まる極性を有する。本願では、アルミニウム及び鉄などが発生する印加される磁界の向きと同じ向きの磁界を「順磁界」と呼び、銅及びオーステナイト系ステンレスなどが発生する印加される磁界の向きと反対方向の磁界を「反磁界」と呼ぶ。

[0028] ここで、信号の大きさは、信号が交流信号である場合は、振幅の大きさを意味する。例えば、信号が $A(t)\sin(\omega t + \alpha)$ と表される場合、信号の大きさは、振幅 $A(t)$ を意味する。

[0029] 本発明の第13の形態によれば、上記の金属検知用センサーにおいて、前記磁石の形状は、中実円柱、中空円筒、角柱、角錐台、放物柱、または円錐台であることが可能である。

[0030] 本発明の第14の形態によれば、検知精度を高めるために、前記検査対象物が存在しない通路に対して配置された少なくとも1つの磁気センサー及び少なくとも1つの磁石をさらに有し、前記検査対象物が存在しない通路に対して前記磁気センサーは、前記検査対象物が存在しない状態の基準出力を出力することが好ましい。

[0031] 本発明の第15の形態によれば、金属検知用センサーを用いた、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知方法においては、前記検査対象物に金属が含まれないときの前記磁気センサーの基準出力を測定するステップと、前記検査対象物に金属が含まれる可能性があるときの前記磁気センサーの検知出力を測定するステップと、前記基準出力と前記検知出力との出力差を求め、前記出力差が、予め決められた所定値以上のときに、前記検査対象物に金属が含まれると判定するステップとを含むこととしてもよい。

[0032] さらに、本発明の第16の形態によれば、金属検知方法においては、既述の前記検査対象物が存在する位置に配置された少なくとも1つの磁気センサー及び少なくとも1つの磁石を使用する場合、この方法は、前記基準出力を

測定するステップと、前記検査対象物が存在する位置に配置された前記磁気センサーの検知出力を測定するステップと、前記基準出力と前記検知出力との出力差を求め、前記出力差が、予め決められた所定値以上のときに、前記検査対象物に金属が含まれると判定するステップとを含むことができる。

[0033] 本発明の第17の形態によれば、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、前記センサーは、磁石と検知コイルとを有し、前記磁石と前記検知コイルは、前記通路の外周に配置されて前記通路を囲み、前記磁石は、磁界を発生させ、前記検知コイルは、前記磁石が発生する磁界中を前記金属が通過するときの磁界を検知することとしてもよい。

[0034] 本発明の第18の形態によれば、第17の形態において、前記磁石は、励磁コイルと磁性体を有することが可能である。

[0035] 本発明の第19の形態によれば、前記金属検知用センサーは、前記金属の速度を検知することができる。

[0036] 本発明の第20の形態によれば、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、前記センサーは、静磁界を発生する第1及び第2の磁石と、前記金属が生成する磁界を検知する第1の磁気センサーとを有し、前記第1及び第2の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第1の磁石は、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置し、前記第2の磁石は、前記第1の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第1の磁石の外部に位置し、前記第1の磁気センサーと前記第2の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第1の磁気センサーは、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置し、前記第2の磁石は、前記第1の磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向における前記第1の磁気センサーの外部に位置し、前記金属検知用センサーは、前記第1及び第2の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する磁性材料を有する。

- [0037] 本発明の第21の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記第1の磁気センサーは、鉄心又は磁石に巻かれているコイルである。
- [0038] 本発明の第22の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、第2の磁気センサーを有し、前記第2の磁気センサーと前記第1の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第2の磁気センサーは、前記第1の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第1の磁石の外部に位置し、前記第1の磁石は、前記第2の磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向における前記第2の磁気センサーの外部に位置する。
- [0039] 本発明の第23の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記第1の磁気センサーはコイルであり、該コイルは前記第1の磁石の外周に配置され、前記第2の磁気センサーはコイルであり、該コイルは前記第2の磁石の外周に配置されている。
- [0040] 本発明の第24の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置する前記第1の磁石と、前記第1の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第1の磁石の外部に位置する前記第2の磁石と、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置する前記磁気センサーは、対を構成し、前記対は複数存在し、前記複数の対は、前記通路の幅方向に、互いに並列に又は千鳥状に配置され、隣接する対の磁界の向きは、互いに逆平行である。
- [0041] 本発明の第25の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、隣接する前記第1の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する第1の磁性材料又は、隣接する前記第2の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する第2の磁性材料のうち、少なくとも1つを有する。
- [0042] 本発明の第26の形態によれば、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、前記金属検知用センサーは、前記通路の一方の側に配置された、静磁界を発生する複数の第1の磁石と、前記金属が生成する磁界を検知する第1の磁気センサーとを有し、

前記複数の第１の磁石は、各磁石のＮ極とＳ極を結ぶ軸が同一方向になるように、一列に配置され、隣接する２つの前記第１の磁石に関して、該２つの磁石のうちの一方の磁石の、該２つの磁石のうちの他方の磁石側にある極の極性は、該他方の磁石の、該一方の磁石側にある極の極性と同一である。

[0043] 本発明の第２７の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記第１の磁気センサーは、前記通路の前記一方の側に配置され、前記金属検知用センサーは、前記通路の他方の側に配置された、静磁界を発生する複数の第２の磁石と、前記金属が生成する磁界を検知する、前記通路の前記他方の側に配置された第２の磁気センサとを有し、前記複数の第２の磁石は、各磁石のＮ極とＳ極を結ぶ軸が同一方向になるように、一列に配置され、隣接する２つの前記第２の磁石に関して、該磁石のうちの一方の磁石の、他方の磁石側にある極の極性は、該他方の磁石の、該一方の磁石側にある極の極性と同一である。

[0044] 本発明の第２８の形態によれば、金属検知用センサーにおいて、前記第１の磁石のＮ極とＳ極との間の長さにより、該磁石により生成される磁界の強度が設定される。

図面の簡単な説明

[0045] [図１]図１は、本発明の一実施形態に係る金属検知用センサーを用いた異物検知システムの概略構成を示す。

[図２]図２は、金属が排出される機構を示す側面図である。

[図３]図３は、図１（ａ）の金属検知用センサー２０がある部分のみを示す部分側面図である。

[図４]図４は、いくつかの可能な磁石とコイルの配置及び個数を示す側面図である。

[図５]図５は、いくつかの可能な磁石とコイルの配置及び個数を示す側面図である。

[図６]図６は、磁石と、コイル３０の複数対を千鳥状に配置した正面図である。

[図7]図7は、図1と同じ装置、同じ製品に関して、順磁界を発生する金属が異物である場合の磁界28aを示す側面図である。

[図8]図8は、反磁界を発生する金属及び順磁界を発生する金属の場合の出力を示すグラフである。

[図9]図9は、本発明の別の実施形態に係る異物検知システム110の正面図である。

[図10]図10は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システム210の縦断面図及び横断面図である。

[図11]図11は、反磁界を発生する金属の場合の検知コイルの出力を示すグラフである。

[図12]図12は、部分218aの図10(b)に示す断面図内における磁界222の半径方向の大きさの分布を示す図である。

[図13]図13は、誘導起電力を測定する回路のブロック図である。

[図14]図14は、複素インピーダンスを測定する回路のブロック図である。

[図15]図15は、複素インピーダンスを測定する回路のブロック図である。

[図16]図16は、複素インピーダンスを測定する回路のブロック図である。

[図17]図17は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムの縦断面図である。

[図18]図18は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。

[図19]図19は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。

[図20]図20は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。

[図21]図21は、本発明の他の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。

[図22]図22(a)は、ソレノイド巻きを示し、図22(b)、(c)は、スパイラル巻きを示す。

[図23]図 2 3 は、つぼ型コイルを示す。

[図24]図 2 4 は、ホール素子と磁気抵抗効果素子を示す。

発明を実施するための形態

[0046] 次に添付図面を参照して、本発明の一実施例による金属検知用センサーを用いた異物検知システムの実施例を詳細に説明する。以下では、同一の部材に対しては、同一の参照符号を付す。

[0047] 図 1 は、本発明の一実施形態に係る金属検知用センサーを用いた異物検知システム 1 0 の概略構成を示す。本実施例は、食品又は医薬品の完成品検査に適用する場合を例にして説明する。本実施例の完成品は、サイズが 1 mm 程度の粉体または顆粒の形状をしている。製品である粉体に金属が混入している場合を例にして説明する。製品は非導電体である。なお、本発明は、製品が粉体または顆粒である場合以外にも適用である。例えば、製品が錠剤や液体である場合にも適用可能である。さらに、本発明は、異物検査以外にも適用できる。例えば、本発明は、金属の膜厚の変化や金属が存在するかどうかの検査に適用できる。

[0048] 図 1 (a) は側面図、図 1 (b) は、図 1 (a) の A 方向から見た正面図である。異物検知システム 1 0 は、検査対象物に含まれる金属（すなわち異物） 1 4 を検知するシステムである。検査対象物は、医薬品や食品などの粉体状の製品 1 2 と、製品 1 2 に混入した金属 1 4 とを含む。製品 1 2 の材質は、金属以外の有機物や無機物等であり、非導電性である。

[0049] システム 1 0 は、製品 1 2 及び金属 1 4 が流れる供給機 1 6 と、供給機 1 6 の通路 1 8 を移動している製品 1 2 に混入した金属 1 4 を検知するための金属検知用センサー 2 0 とを有する。センサー 2 0 は、静磁界（磁力線） 2 2 を発生する複数の磁石 2 4, 2 6 と、金属 1 4 が磁界 2 2 中を移動する結果、金属 1 4 が生成する磁界 2 8 を検知する複数のコイル 3 0（磁気センサー）とを有する。

[0050] 本実施例においては、金属 1 4 を検知するために、磁束密度が高い 2 個の磁石 2 4, 2 6 が互いに対面して配置される。すなわち、磁石 2 4, 2 6 は

、コイル 30 の中心軸 32（磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸）の方向におけるコイル 30 の外部に位置し、コイル 30 は、磁石 24、26 の N 極と S 極を結ぶ軸 33 の方向における磁石 24、26 の外部に位置し、磁石 24、26 とコイル 30 は対面する。ここで、コイルの磁気検知面とは、コイルの通路 18 側の端部の面 30a である。

[0051] 2 個の磁石 24、26 の間に、インダクタンスの大きいソレノイドコイル 30 を配置する。すなわち、複数個の磁石 24、26 は、前記コイル 30 の中心軸 32 の方向において前記コイル 30 の両側に配置される。2 個の磁石 24、26 間を金属 14 が通過すると、コイル 30 に誘導起電力が発生する。一方、金属 14 が通過しないときはコイル 30 に誘導起電力が発生しない。金属 14 があるときの誘導起電力と、事前に取得した金属 14 なしのときのコイル 30 の電圧との差分を計算することで金属 14 が検出される。

[0052] 製品 12 は、例えば顆粒状の医薬品であり、非導電性である。図 1 の場合、異物である金属 14 は、アルミニウム、鉄、銅、オーステナイト系ステンレス等である。アルミニウムは、印加される磁界 22 の向きに磁化される常磁性体である。鉄は、磁界 22 の向きに特に強く磁化される強磁性体である。銅は、磁界 22 の向きと反対方向に磁化される反磁性体であり、オーステナイト系ステンレスは、磁界 22 の向きと反対方向に特に強く磁化される反強磁性体である。そのため、磁界 22 中を金属 14 が移動するために生じる磁界 28 は、金属 14 の磁性体としての性質によって決まる極性を有する。アルミニウム及び鉄などが生成する印加される磁界 22 の向きと同じ向きの磁界を「順磁界」と呼び、銅及びオーステナイト系ステンレスなどが生成する印加される磁界 22 の向きと反対方向の磁界を「反磁界」と呼ぶ。図 1 に図示する磁界 28 は、反磁界を発生する金属 14 により発生する反磁界を一例として示したものである。

[0053] 供給機 16 は、図 1（a）に示すように側面から見たときに V 字型をしている入口部 34 と、その下流に設けられ金属検知用センサー 20 が配置されている検知部 36 とを有する。検知部 36 の外壁に金属検知用センサー 20

が配置されている。入口部 3 4 及び検知部 3 6 は、2 枚の平板が対向した形状である。通路 1 8 の断面 1 8 a の形状は、図 1 の上方から見たときに、後述する図 1 8 ～図 2 1 に図示するように長方形をしている。本実施例では、通路 1 8 の断面 1 8 a は長方形であるが、本発明は、この形状の通路に限られず、円形、多角形等の任意の断面形状に適用可能である。

[0054] なお、図 1 の実施例では、通路 1 8 の外部に金属検知用センサー 2 0 が配置されているが、本発明はこれに限られるものではなく、通路 1 8 の内部に金属検知用センサー 2 0 が配置されてもよい。また、通路 1 8 の内部に金属検知用センサー 2 0 の一部が配置され、かつ、金属検知用センサー 2 0 の他の部分が通路 1 8 の外部に配置されてもよい。

[0055] 製品 1 2 は、供給機 1 6 の上部から投入され、重力により矢印 3 7 の方向に自然落下し、検知部 3 6 において、金属 1 4 があるかどうかを検査される。入口部 3 4 と、検知部 3 6 の材質は、プラスチックなどの非導電性材料である。通路の奥行き L の大きさは、例えば 1 c m である。

[0056] 検知部 3 6 の下流に、図 2 に示すようにエアガン 3 8 及び分岐部 4 0 が設けられている。図 2 は、金属が排出される機構を示す側面図である。金属検知用センサー 2 0 が金属 1 4 を検知した時は、金属検知用センサー 2 0 に接続された検知回路 4 8 経由で、検知したことを示す信号が、エアガンを制御している制御機（図示せず）に送られる。制御機の制御により、エアガン 3 8 から空気が放出されて、金属 1 4 は、分岐部 4 0 に排出される。製品 1 2 は、通路 1 8 を真下に向かって流れる。

[0057] 金属検知用センサー 2 0 の磁石 2 4, 2 6 は、コイル 3 0 と対面している。本実施例では、磁石 2 4, 2 6 は、コイル 3 0 の中心軸 3 2 上に配置され、かつコイル 3 2 の外部に位置する。「コイル 3 0 の中心軸 3 2 上に配置され、かつコイル 3 2 の外部に位置する」とは、図 3 に示すように、コイル 3 0 の中心軸 3 2 上であって、かつコイル 3 0 が存在する領域 4 2 を除いた領域 4 4 に磁石 2 4, 2 6 が存在することを意味する。図 3 は、図 1 (a) の金属検知用センサー 2 0 がある部分のみを示す部分側面図である。

[0058] 図1の実施例では、磁石24, 26は、2個であり、同一の形状・サイズ、同一の磁束密度を有する。なお、磁石24, 26は、形状、サイズ、磁束密度のいずれかもしくはすべてが異なってもよい。複数個の磁石24, 26は、通路18を挟んで対向して配置され、複数個の磁石24, 26の各々のN極からS極への向きは一致する。複数個の磁石24, 26の各々のN極からS極への向きは、後述する図18～図20に示すように、一致しなくてもよい。図18～図20の場合、複数個の磁石24, 26の各々のN極からS極への向きは、隣接する磁石対の間で、反対の向きである。なお、図1(a)において、「N」と示す面が磁石24, 26のN極であり、「S」と示す面が磁石24, 26のS極である。

[0059] 図1においては、金属異物14の落下方向(移動方向)37と直交する方向に磁界22が生成され、磁界22に直交する面がコイル30の磁気検知面30aである。別の表現をすると、落下方向(移動方向)37は、コイルの軸方向及び磁界22の向きと直交している。このため、コイル30は、金属14による磁界22の変化を効率よく検出できる。なお、図1においては、金属異物14の移動方向は、落下方向、すなわち重力方向であるが、本願発明においては、移動方向は重力方向に限られず、重力と反対方向でもよい。さらに、移動方向は、水平方向でもよく、又、水平方向に対して斜め上向きまたは斜め下向きでもよい。

[0060] 複数個の磁石24, 26は、コイル30の両側に配置されている。具体的には、検知部36の外壁にコイル30と磁石26が接着又は溶接又はねじ止めにより取り付けられ、コイル30に磁石24が、同様に接着又は溶接又はねじ止めにより取り付けられる。

[0061] 磁石24, 26は、例えば、製品の製造条件や製造日が異なることにより、検知する金属片の寸法や材質が異なる場合、磁極N, Sの面積、または磁石24, 26間の距離、または形状を異ならせてもよい。これにより、磁石24, 26の表面磁束密度が異なる。磁石24, 26の異なる形状としては、中実円柱、中空円筒(すなわちシリンダ形状)、角柱、角錐台、放物柱、

または円錐台がある。

[0062] 磁石とコイルの配置及び個数は、図1(a)の場合に限られない。これを図4(a)～(f)により説明する。図4(a)～(f)は、いくつかの可能な磁石とコイルの配置及び個数を示す側面図であり、図1の金属検知用センサー20が配置されている部分のみを示す。図4(a)～(c)においては、金属検知用センサー20にコイル30が1個、磁石26が1個含まれている場合を示す。図4(a)では、コイル30と磁石26が、通路18を介して対向して配置されている。図4(b)、(c)では、コイル30と磁石24が、通路18の一方の側にのみ配置されている。図4(b)では、コイル30が、磁石24に対して通路18側に配置されている。図4(c)では、逆に、磁石24が、コイル30に対して通路18側に配置されている。

[0063] 図4(d)～(f)においては、金属検知用センサー20にコイル30が1個、磁石26が2個含まれている場合を示す。磁石が2個の場合、磁石が1個の場合に比べて、磁束密度が大きくなり、検出感度が高くなる。図4(d)では、磁石24、26が、通路18を介して対向して配置されている。さらに磁石24が、コイル30に対して通路18側に配置されている。図4(e)、(f)では、磁石24、26が、通路18の一方の側にのみ配置されている。図4(e)では、コイル30が磁石24-1、24-2と通路に関して同じ側に配置され、かつコイル30が磁石24-1、24-2に対して通路18側に配置されている。図4(f)では、コイル30が磁石24-1、24-2と通路に関して反対側に配置されている。

[0064] 図4においては、いずれもコイル30が1個の場合の配置例を示すが、コイル30が複数個あってもよい。この場合の配置例を図5に示す。図5(a)、(b)では、コイル30-1、30-2が、通路18を介して対向して配置されている。磁石24は1個である。すなわち、複数個のコイル30-1、30-2は、磁石24のN極とS極を結ぶ軸33の方向における磁石24の両側に配置される。図5(a)ではコイル30-1が、磁石24に対して通路18側に配置されている。図5(b)では、磁石24が、コイル30

ー 1 に対して通路 18 側に配置されている。コイル 30 が複数個ある場合、これらの出力を直列接続することにより、出力を大きくすることができるため、検出感度が高くなる。

[0065] 図 5 (c) では、コイル 30-1、30-2 が、通路 18 を介して対向して配置されている。図 5 (c) ではコイル 30-1、30-2 が、磁石 24、26 に対して通路 18 側に配置されている。磁石 24、26 が、コイル 30-1、30-2 に対して通路 18 側に配置されてもよい。

[0066] なお、図 4、5 の実施例においては、コイル 30、30-1、30-2 及び磁石 24、26 は、コイルの中心軸 32 上に配置される。ところで、図 1～5 の実施例において、コイル 30、30-1、30-2 は、インダクタンスが大きいほど、磁石 24、26 は、磁束密度が大きいほど、検出感度が高くなるため、微小な金属が検出できる。磁石 24、26 は静磁界を発生できるものであれば、永久磁石であっても、電磁石であってもよい。ここで、電磁石とは、磁性材料の芯（鉄心）のまわりに、コイルを巻き、通電することによって一時的に磁力を発生させる磁石である。本実施例では、静磁界を発生させるために、直流電流をコイルに通電する。

[0067] 図 1 (b) に戻ると、2 個の磁石 24、26 と、1 個のコイル 30 は 1 対を構成している。すなわち、磁石 24、26 の N 極と S 極を結ぶ軸 33 の方向における磁石 24、26 の外部に位置して磁石 24、26 に対面するコイル 30、及びコイル 30 の中心軸 32 の方向におけるコイル 30 の外部に位置してコイル 30 に対面する磁石 24、26 は、対を構成する。

[0068] この対は複数存在し、複数の対は、通路 18 の幅 WD 方向に、互いに並列に配置される。図 1 (b) においては、対は 8 対あり、それぞれの対に含まれる磁石 26-a～26-h が図示されている。幅 WD は、金属 14 を検知する範囲全体にわたっている。すなわち、幅 WD は、金属 14 の検知範囲である。磁石 26-a～26-h が生成する磁界 22 の向きは同一である、すなわち、同一方向を向いている。なお、磁石 26-a～26-h が生成する磁界 22 の向きは同一でなくてもよい。例えば、後述する図 18 等を示すよ

うに、隣接する対の磁界の向きは、互いに逆平行でもよい。

[0069] なお、複数の対は、通路 18 の幅WD方向に、互いに千鳥状に配置してもよい。

これを図6に示す。すなわち、磁石 26-a ~ 26-k が、互いに重ならないように2列に配置される。さらに、第1の列の磁石と第2の列の磁石が互い違いになるように配置される。図6はその一例であり、磁石 26-b の中心 29 が、図6の左右方向において、磁石 26-a、26-c の中心 27 の間にある。そして磁石 26-c の中心 27 が、図6の左右方向において、磁石 26-b、26-d の中心 27 の間にある。

[0070] 図6においては、対は 11 対あり、それぞれの対に含まれる磁石 26-a ~ 26-k が図示されている。図1(b)の配列と比較した場合、千鳥状の配列の場合、隣接する磁石の影響を受けることが減少するという効果がある。例えば、磁石 26-f は、隣接する磁石 26-e、26-g から離れているため、磁石 26-e、26-g の磁界からの影響を減らすことができる。

[0071] さらに、図1の磁石配置に対して、図6の磁石配置は、次のような利点がある。図1において、磁石 26-c と磁石 26-d の境目では、コイル 30 の感度が低下している。磁石 26-c と磁石 26-d の境目を、金属 14-2 が落下する場合、検知漏れが生じる可能性がある。

[0072] 図6の場合、磁石 26-c と磁石 26-e の境目を、金属 14-3 が落下する場合、この位置は、磁石 26-d の中心付近にあり、磁石 26-d の位置にあるコイル 30 の感度は低下していない。従って、金属 14-3 は、感度の高い場所を通過することができる。すなわち、図6の千鳥状配置では、コイルの感度の低い場所を無くすることができるという利点がある。

[0073] 製品 12 に含まれる金属 14 は、鉄、オーステナイト系ステンレス、銅等である。鉄は、磁界 22 の向きに特に強く磁化されて、磁界 22 の向きと同じ向きの順磁界を発生する強磁性体である。オーステナイト系ステンレスは、磁界 22 の向きと反対方向に特に強く磁化されて反磁界を発生する反強磁性体である。銅は、磁界 22 の向きと反対方向に小さい反磁界を発生する反

磁性体である。

[0074] 図 1、2 では、磁界 22 の向きと反対方向に特に強く磁化され反磁界を発生する反強磁性体であるオーステナイト系ステンレスの場合の磁界 28 を示す。本実施例のシステムは、鉄、オーステナイト系ステンレス、銅等の金属を検知できる。コイル 30 は、コイル 30 が検知した金属 14 が順磁界を発生する金属であるか、または反磁界を発生する金属であるかに応じて、極性の異なる信号、又は信号の大きさが異なる信号を出力する。反磁界を発生する金属の場合、図 1 に示すように反磁界 28 が生じる。順磁界を生成する金属 14 の場合、図 7 に示すような順磁界 28 a が生じる。

[0075] 図 7 は、図 1 と同じ装置、同じ製品に関して、順磁界を発生する金属が異物である場合の磁界 28 a を示す。磁界 26 中を順磁界を発生する金属 14 が移動するために生じる磁界 28 a は、磁界 22 と同じ向きの磁界であり、図 1 に示す磁界 28 と逆向きである。

[0076] 順磁界を発生する金属、例えば鉄は透磁率が大きく、透磁率の大きいところに磁界 22 は集まる。すなわち磁界 22 中では、順磁界を発生する金属 14 自身に磁束 (Φ) 22 が引き付けられる。一方、反磁界を発生する金属 14、例えば銅は、透磁率が小さい。磁界 22 中を反磁界を発生する金属 14 が通過するときに、磁束密度 (B) (磁界 22) の変化量の大きさに比例して、磁界 22 と逆向きの反磁界 28 を金属 14 は生成する。その結果、磁界 22 が反磁界 28 により弱まる。変化量の大きさは、磁界 22 の強さと反磁界を発生する金属 14 のサイズおよび通過速度に比例する。

[0077] これは、別の表現をすると、反磁界を発生する金属 14 は、金属 14 が受ける磁束変化を打ち消す方向に磁束 (Φ) 28 を発生するため、順磁界を発生する金属、反磁界を発生する金属では検出信号は異符号になる。このことからコイル 30 の検出信号について、信号極性または信号値の大きさから金属 14 が順磁界を発生する金属、反磁界を発生する金属のいずれであるかを判別して検出できる。順磁界を発生する金属は例えば、鉄、コバルト、ニッケル、ガドリニウム、フェライト、アルミニウム等である。本願の金属検知

用センサーにおいては、コイル30の複素インピーダンスを計測することができる。複素インピーダンスは、実部と虚部を有することから、ベクトルと考えることもできる。従って、ベクトルの実部の大きさ（実数値）、虚部の大きさ（実数値）、ベクトルの絶対値や偏角を単独又は組み合わせて、金属の有無、順磁界を発生する金属または反磁界を発生する金属の分類ができる。これを考慮すると、本願の金属検知用センサーを金属の分類を行うためのセンサーとして用いることができる。

[0078] コイル30の出力46は、図1(a)、図7に示す検知回路48に送られる。コイル30の出力46の例を図8に示す。図8(a)は、図1(a)の反磁界を発生する金属の場合の出力を示すグラフである。図8(b)は、図7の順磁界を発生する金属の場合の出力を示すグラフである。図8(a)、(b)において、横軸は時間 t であり、縦軸は誘起起電力 V である。誘起起電力 V は、既述の $A(t)\sin(\omega t + \alpha)$ の場合、 $A(t)$ に相当するものである。コイル30の出力46は、金属14が存在しないときに信号50を出力し、金属14が存在するときに信号52、54を出力する。信号52、54を信号50と比較すると、信号52のレベルは信号50のレベルより高く、信号54のレベルは信号50のレベルより低い。すなわち信号52と信号54の極性は逆である。

[0079] 図1の実施例には複数個のコイル30が示されているが、コイル30の出力は、単独で検出される、又は、複数個組み合わされて、直列に結線され、金属14による誘導起電力が測定される。組み合わせは、測定時の条件等により任意に選択することができる。例えば、すべてのコイルを直列に結線することができる。この時、金属異物の検出感度が最大になる。または、2個以上のグループに分けて各グループ内で直列に結線することができる。グループに分けるかどうかは、例えば、信号52、54のレベルに応じて、又はエアガン38のグループ分け（すなわちエアガン38の個数）に応じて決めることができる。

[0080] 次に、図1の金属検知用センサー30を用いた、通路18を移動している

金属 1 4 を検知する金属検知方法について説明する。

[0081] 最初に金属 1 4 がいないことが確認されている製品 1 2 を供給機 1 6 に投入して、既述のように直列に結線したコイル 3 0 の出力（誘導起電力）を検知回路 4 8 により測定する。検知回路 4 8 は、これを基準出力 5 0 ($V_{nonemetal}$) として、図示しない内部のメモリに記憶する。基準出力は、図 8 (a)、(b) に示す信号 5 0 である。次に金属 1 4 が混在している可能性がある製品 1 2 を供給機 1 6 に投入し、その際の誘導起電力を検知回路 4 8 は測定する。誘導起電力が、検知出力 (V_{metal}) であり、具体的には、図 8 (a)、(b) に示す信号 5 2、5 4 である。検知回路 4 8 は、基準出力 5 0 と前記検知出力 5 2、5 4 との出力差 $V_{def}(=V_{metal}-V_{nonemetal})$ を測定する。信号 5 4 の場合、出力差 V_{def} は、負（マイナス）の数となるため、後述する閾値との大小比較の際には、その絶対値を用いる。

[0082] 図 8 (a)、(b) に例示する出力差 V_{def} が、予め決められた所定値 5 1（事前に決めた閾値）の値以上になった場合は、検知回路 4 8 は、製品 1 2 に金属が含まれると判定する。検知回路 4 8 は、検知したことを示す信号を、エアガンを制御している制御機（図示せず）に送る。制御機の制御により、エアガン 3 8 から空気が放出されて、金属 1 4 は、分岐部 4 0 に排出される。これにより金属 1 4 は選別される。

[0083] 所定値 5 1（事前に決めた閾値）は、異なるサイズの 1 個の金属異物をそれぞれ含む複数のサンプル、及び、異なる及び／または同じサイズの複数個の金属異物をそれぞれ含む複数のサンプルを用いた事前に行われる試験により決められる。

[0084] 次に、本発明の別の実施例を図 9 により説明する。本実施例では、異物検知システムは、検査対象物が存在しない通路 W 1 に対して配置された図 1 (a) に示すコイル及び磁石の対をさらに有し、検査対象物が存在しない通路 W 1 に対して配置されたコイルは、検査対象物が存在しない状態に対応した基準出力を出力する。

[0085] 図 9 は、異物検知システム 1 1 0 の正面図である。本実施例において、異

物検知システム 110 は、検知モジュール 56 と基準モジュール 58 を有する。検知モジュール 56 は、医薬品や食品などの粉体状の製品（検査対象物）12 に含まれる金属異物 14 を検知する。その構成は、図 1 と同様である。基準モジュール 58 における供給機 116 及び金属検知用センサー 120 の構成、形状及び配置は、図 1（a）と同様である。すなわち金属検知用センサー 120 は、2 個の磁石 124（図示せず）、126 と、1 個のコイル 130（図示せず）を有する。

[0086] 基準モジュール 58 では、製品および金属が供給機 116 に供給されず、従って、製品および金属が供給機 116 を通過しない、すなわち、供給機 116 に製品および金属が存在しない。コイル 130 は、製品 12 及び金属 14 が存在しない状態の基準出力 50（ V_{ref} ）を、検知モジュール 56 が異物検知を行っている時、常時出力する。基準出力は、本実施例では誘導起電力である。本実施例においても基準出力は、図 8（a）、（b）に示す信号 50 である。基準出力 50 は、基準出力 50 を測定する基準モジュール用検知回路（図示せず）に送られる。基準モジュール用検知回路は、既述の検知回路 48 と同様の回路構成を有する。回路構成を同じにすることにより、ノイズ特性等を合わせることができる。基準モジュール用検知回路は検知モジュール 56 が異物検知を行っている時、常時又は検知回路 48 から指示があるときにのみ、基準出力 50 を測定する。

[0087] 基準モジュール 58 は、検知モジュール 56 の外部に、すなわち検知範囲 WD の外部に、検知モジュール 56 と接触してもしくは近接して配置される。基準モジュール 58 が配置される範囲が、基準モジュール 58 用検知範囲 W1 である。

[0088] 次に、図 9 に記載の異物検知システム 110 を用いた、検知モジュール 56 の通路 18 を移動している金属を検知するための金属検知方法を説明する。

[0089] 異物検知時、すなわち金属 14 が検知範囲 WD を通過する可能性があるときに、コイル 130 は、基準出力 50 を基準モジュール用検知回路に常時出

力する。基準モジュール用検知回路は基準出力を常時測定する。基準モジュール用検知回路は、基準出力50を既述の検知回路48に送信する。検知回路48は、製品12が存在する位置（検知範囲）に配置されたコイル30により、コイル30の検知出力（誘導起電力（ V_{metal} ））を測定する。検知出力は、図8（a）、（b）に示す信号52、54である。

[0090] 検知回路48は、基準出力50（ V_{ref} ）と検知出力52、54（ V_{metal} ）との出力差 $V_{\text{def}} (= V_{\text{metal}} - V_{\text{ref}})$ を求めて、前記出力差 V_{def} が、予め決められた所定値以上のときに、前記検査対象物に金属が含まれると判定する。検知出力54の場合、出力差 V_{def} は、負（マイナス）の数となるため、予め決められた所定値との大小比較の際には、その絶対値を用いる。検知回路48は、検知したことを示す信号を、エアガンを制御している制御機に送る。

[0091] 図9の実施例の金属検知用センサー120は、ノイズキャンセルセンサーと考えることもできる。本来の金属検知用センサー20とは別に設けた金属検知用センサー120の出力と金属検知用センサー20の出力の差分により、ノイズの影響を除去することができる。

[0092] 金属検知用センサー120の出力は、金属異物14が無い時の基準値であるため、金属検知用センサー120の出力と金属検知用センサー20の出力の差分又は出力の比率により、異物14の存在を検出することができる。金属検知用センサー120の出力及び金属検知用センサー20の出力としては、検出信号の振幅、周波数、位相、又は検出信号のインピーダンス変化がある。これらの量の差分や比率を利用する。差分や比率を利用することは、後述の図13～17においても可能である。

[0093] 次に、本発明のさらに別の実施例を図10により説明する。図10は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システム210の縦断面図及び横断面図である。本実施例では、異物検知システム210は、製品12及び金属14が流れる供給機216と、供給機216の通路218を移動している製品12に混入している金属14を検知するための金属検知用センサー220とを有する。センサー220は、通路218の外周に配置されて通路21

8を囲む励磁コイル260と磁性体262と検知コイル230とを有する。

[0094] 励磁コイル260及び磁性体262は、電磁石を構成し、磁界222を発生させる。磁性体262は、電磁石の鉄心(コア)であり、鉄心がない場合に比べて、磁界222を強化するために用いられる。その材料は、鉄、フェライト等の順磁界を発生する金属である。検知コイル230は、励磁コイル260と磁性体262が発生する磁界222中を金属14が通過するときの反磁界228を検知する。図10は、金属14が反磁界を発生する金属の場合を示すが、金属14が順磁界を発生する金属の場合にも本実施例は適用できる。

[0095] 供給機216は、図10(a)に示すように縦断面図においてV字型をしている入口部234と、その下流に設けられ金属検知用センサー220が配置されている検知部236とを有する。検知部236の外壁に金属検知用センサー220が配置されている。入口部234は漏斗状であり、検知部236は、シリンダ状である。通路218は、図10の上方から見たときに、円形をしている。本実施例では、通路の断面は円形であるが、本実施例は、この形状の通路に限られず、長方形、多角形等の任意の断面形状に適用可能である。

[0096] 製品12は、供給機216の上部から投入され、重力により自然落下し、検知部236において、金属異物14があるかどうかを検査される。入口部234と、検知部236の材質は、プラスチックなどの非導電性材料である。検知部236の内径は、例えば1cmである。

[0097] 検知部236の下流に、図2に類似のエアガン及び分岐部が設けられている。金属検知用センサー220が金属14を検知した時は、金属検知用センサー220に接続された検知回路248経由で、検知したことを示す信号が、エアガンを制御している制御機(図示せず)に送られる。

[0098] 金属検知用センサー220の励磁コイル260と磁性体262と検知コイル230は、同心状に、それらの中心軸264が一致するように配置される。励磁コイル260に流す電流の方向266は、任意であるが、図10では

、上向きの磁界 222 を発生するように、図 10 (b) において左回りである。励磁コイル 260 と、順磁界を発生する磁性体 262 と、検知コイル 230 と、検知部 236 は、互いに接着、ねじ止め、はめあい等により固定される。

[0099] 励磁コイル 260 と、順磁界を発生する磁性体 262 と、検知コイル 230 と、検知部 236 は、検知する金属片の寸法に応じて、大きさや形状を異ならせることができる。また、励磁コイル 260 及び順磁界を発生する磁性体 262 と、検知コイル 230 の配置、及び各々の個数は、図 10 の場合に限られない。

[0100] 例えば、検知コイル 230 の半径方向内側に、励磁コイル 260 及び磁性体 262 を配置してもよい。また、軸方向 264 に、すなわち図 10 (a) の上下方向に、励磁コイル 260 及び磁性体 262 と、検知コイル 230 を配置してもよい。個数に関しても、図 10 では励磁コイル 260 と、磁性体 262 と、検知コイル 230 は、各 1 個であるが、それぞれが、複数個あってもよい。

[0101] 検知コイル 230 の出力 246 は、図 10 (a) に示す検知回路 48 に送られる。コイル 230 の出力 246 の例を図 11 に示す。図 11 は、反磁界を発生する金属の場合の出力を示すグラフであり、本実施例では、複素インピーダンスの測定を行うため、横軸は複素インピーダンスの実部であり、縦軸は複素インピーダンスの虚部である。製品 14 と書かれた丸印は、異物である金属が存在しない時の検知コイル 230 の出力 246 であり、金属 12 と書かれた丸印は、金属が存在する時の検知コイル 230 の出力 246 である。

[0102] 次に、図 10 の金属検知用センサー 230 を用いた、通路 218 を移動している金属 14 を検知する金属検知方法について説明する。

[0103] 最初に金属 14 がないことが確認されている製品 12 を供給機 216 に投入して、検知コイル 230 の出力（複素インピーダンス）を検知回路 248 により測定する。検知回路 248 は、これを基準出力（Vnonemetal）として

、図示しない内部のメモリに記憶する。次に金属 1 4 が混在している可能性がある製品 1 2 を供給機 2 1 6 に投入し、その際の複素インピーダンスを検知回路 2 4 8 は測定し、これを検知出力 (V_{metal}) とする。検知回路 2 4 8 は、基準出力と前記検知出力との出力差 (V_{def}) ($=V_{\text{metal}} - V_{\text{nonemetal}}$) を測定する。

[0104] 出力差が予め決められた所定値（事前に決めた閾値）の値以上になった場合は、検知回路 2 4 8 は、製品 1 2 に金属が含まれると判定する。検知回路 2 4 8 は、検知したことを示す信号を、エアガンを制御している制御機（図示せず）に送る。制御機の制御により、エアガン 3 8 から空気が放出されて、金属 1 4 は、分岐部に排出される。これにより金属 1 4 は選別される。

[0105] インピーダンスの差(変化)を上述のように計測するとき、インピーダンスは、実部と虚部を有することから、ベクトルと考えることもできる。従って、ベクトルの実部の大きさ（実数値）、虚部の大きさ（実数値）、ベクトルの絶対値や偏角を単独又は組み合わせて、金属の有無、順磁界を発生する金属または反磁界を発生する金属の判別ができる。

[0106] 図 1 0 に示す実施例は以下のような効果がある。金属 1 4 は、励磁コイル 2 6 0 がある通路 2 1 8 の部分 2 1 8 a において励磁コイル 2 6 0 によって検知される。部分 2 1 8 a において、励磁コイル 2 6 0 によって生成される磁界 2 2 2 の大きさの分布を図 1 2 に概念的に示す。図 1 2 は、部分 2 1 8 a の図 1 0 (b) に示す断面図内における磁界 2 2 2 の半径方向の大きさの分布を示す。横軸は通路 2 1 8 の中心を $r = 0$ としたときの中心からの半径方向の距離を表す。縦軸は磁界 2 2 2 の大きさである。曲線 c は、励磁コイル 2 6 0 が生成する磁界 2 2 2 の大きさの分布である。図 1 2 において、矢印 r_1 で示す部分が通路 2 1 8 内にあり、矢印 r_2 で示す部分が励磁コイル 2 6 0 のある範囲である。

[0107] 図 1 2 に示すように、磁界 2 2 2 の大きさは、通路 2 1 8 の中心で最大であり、通路内で大きさが大きい。磁界 2 2 2 が強いほど、金属 1 4 が通路 2 1 8 を通過した時の磁界 2 2 8 が大きくなるため、磁界 2 2 2 の変化（＝磁

界 2 2 2 - 磁界 2 2 8) が大きくなる。その結果、金属 1 4 が検知しやすくなる。従って、図 1 0 の実施例の場合、磁界 2 2 2 の大きさが大きい部分が通路 2 1 8 内にあるため、微小金属の検知が容易になるという利点がある。

[0108] なお、図 1 0 の実施例では、永久磁石を用いていないが、永久磁石を、通路 2 1 8 を囲むように励磁コイル 2 6 0 の外周及び／又は内周に設けてもよい。これにより、磁界 2 2 2 が強まり、微小金属がより検知しやすくなる。また、励磁コイル 2 6 0 と磁性体 2 6 2 の代わりに永久磁石を用いてもよい。

[0109] 次に、図 1 の検知回路 4 8 及び図 1 0 の検知回路 2 4 8 の構成例を述べる。図 1 の検知回路 4 8 は、誘導起電力を測定し、図 1 0 の検知回路 2 4 8 は、複素インピーダンスを測定している。これらの測定は、公知であり、公知のいずれの方法を用いてもよい。また、図 1 の検知回路 4 8 が、複素インピーダンスを測定し、図 1 0 の検知回路 2 4 8 が、誘導起電力を測定してもよい。

[0110] 誘導起電力を測定する 1 つの方法は、コイル 3 0、2 3 0 の 2 つの出力 4 6、2 4 6 を抵抗の両端に印加し、抵抗の両端に生じる電圧を交流電圧計で測定する方法である。

[0111] 誘導起電力を測定する別の方法は、図 1 3 に示す。図 1 3 は、誘導起電力を測定する回路のブロック図である。コイル 3 0、2 3 0 の 2 つの出力 4 6、2 4 6 は、バンドパスフィルタ (B P F) 6 8 a に入力され、所定の帯域幅の信号 (金属 1 4 により生成される信号を含む帯域幅の信号) のみが選択される。バンドパスフィルタを用いる理由は、所定の帯域幅の外側にあるノイズ信号をカットするためである。

[0112] ノイズ信号としては、電源ノイズや異物検知システムが発生する電気ノイズがある。電源ノイズは、主として 5 0 H z、又は 6 0 H z の周波数を有する。これらのノイズは、上記のバンドパスフィルタ以外に、ローパスフィルタ、ハイパスフィルタ、ラッチフィルタ等、又はこれらのフィルタの組み合わせにより、除去することができる。これらのフィルタは、後述する図 1 4

～17の検知回路においても、用いることができる。図14～17の検知回路においては、これらのフィルタは図示しない。

[0113] バンドパスフィルタ68aの出力は、増幅器(AMP)68bに入力されて、増幅される。その後、バンドパスフィルタ(BPF)68bに入力され、所定の帯域幅の信号(金属14により生成される信号を含む帯域幅の信号)のみが、再度選択される。バンドパスフィルタ68bの出力は、ピーク検出器(AMP)68cに入力されて、ピーク値が検出される。検出されたピーク値は、コンパレータ68eに入力される。コンパレータ68eでは、ピーク値が所定の値(既述の基準出力)よりも大きいかが、両者の値を比較して判定される。ピーク値が所定の値よりも大きい場合、所定値との差がコンパレータ68eから出力される。

[0114] 複素インピーダンスを測定する1つの方法は、図14に示される。図14は、複素インピーダンスを測定する回路を示すブロック図である。本回路は、位相検波回路を用いている。位相検波回路を用いる理由は以下のとおりである。

[0115] 位相検波回路は、特定の周波数を有する信号のみを位相検波し、検波した信号を平均化のために、検波後に積分効果のあるローパスフィルタを用いて処理する。これにより、位相検波回路は、特定の周波数以外の周波数を有する信号、すなわち雑音を効率的に排除できる。従って、位相検波回路は、雑音に強い信号検出法である。ローパスフィルタにより、位相検波回路は、雑音に埋もれた、すなわち雑音より信号レベルの低い微少な信号も検出できる。位相検波回路は、交流信号の小さな位相変化をとらえるセンサに適している。また、位相が直交した、すなわち、位相が90度ずれた二つの参照信号を用いて、検出信号の直交する2成分(複素インピーダンスの実部と虚数部)の大きさを求められる。

[0116] 例えば、検出すべき信号が振幅 A 及び位相差 α を有する、すなわち、 $A\sin(\omega t + \alpha)$ であり、振幅 A 及び位相差 α を検出することを考える。この場合、位相検波回路を用いて、これらの量を測定することができる。位相検波回路で

は、検出すべき信号に、 $\sin(\omega t)$ 及び $\cos(\omega t)$ の信号（位相が90度ずれた二つの参照信号）をかけ合わせて、得られた信号をローパスフィルタで処理する等の処理を行う。参照信号は、励磁電流として、コイル30に直接流す信号と同一の周波数を有する信号である。あるいは、コイル30とは別に設けた励磁コイルに励磁電流を流し、励磁コイルが発生した磁界をコイル30に印加し、この励磁電流と同じ周波数を有する信号を参照信号とすることができる。以下の実施例では、励磁電流自体を、位相検波回路で参照信号として用いている。

[0117] 位相検波回路は、複素インピーダンスの実部（ a ）と虚数部（ b ）を出力し、この出力から、最終的に、検出すべき信号の振幅 $A(=\sqrt{a^2+b^2})$ 及び位相差 $\alpha(=\tan^{-1}(b/a))$ を求める。位相検波回路の特徴は、励磁信号と同一の周波数を有する特定の周波数の信号を検出して増幅できることである。これにより、ノイズに埋もれた微小信号の検出や、より高感度の信号検出が行える。

[0118] 図14では、コイル30、230とは別に設けた励磁コイル72aに、励磁電流源72からの励磁電流を流し、励磁コイル72aが発生した磁界をコイル30、230に印加する。励磁コイル72aは、コイル30、230と同軸及び／または同心に、コイル30、230に隣接して設けることが好ましい。励磁コイル72aは、通路18を介してコイル30、230に対面する位置に、もしくは、通路18に関してコイル30、230と同じ側に、配置される。

[0119] 本図の回路では、検知コイル30、230は、ダミーインダクタンス92、及び抵抗94a、94bとともに、ブリッジ回路96を構成する。ブリッジ回路96を用いる理由は、高精度の検出を行うためである。ブリッジ回路96の出力電圧96aは、増幅器98に入力されて、増幅される。増幅された信号98aは、それぞれ複素インピーダンスの実部（ a ）と虚数部（ b ）を検出する位相検波器100、102に入力される。

[0120] 位相検波器100、102には、参照信号として、励磁電流源72からの励磁電流72bが入力される。位相検波器102に入力される励磁電流72

bは、位相を90度ずらすために、90°移送器104で処理されたのちに、位相検波器102に入力される。位相検波器100, 102の出力100a、102aは、ローパスフィルタ106、108にそれぞれ入力される。ローパスフィルタ106、108の出力106a、106bがそれぞれ複素インピーダンスの実部(a)と虚数部(b)である。ローパスフィルタ106, 108の出力106a、106bは、図示しない後段の処理回路に入力され、当該処理回路により、振幅 $A(=\sqrt{a^2+b^2})$ 及び位相差 $\alpha(=\tan^{-1}(b/a))$ を求める。

[0121] 複素インピーダンスを測定する別の方法は、図15に示される。図15は、複素インピーダンスを測定する回路を示すブロック図である。本回路は、コイル30自体を励磁コイルとして用いている。コイル30-1, 30-2に励磁電流源72からの励磁電流を流す。図15では、コイル30-1、30-2が、通路18を介して対向して配置され、コイル30-1、30-2が、磁石24、26に対して通路18側に配置されている。本図では、図14と同様に位相検波回路を用いている。ブリッジ回路は用いずに、直接、コイル30-1、30-2の複素インピーダンスの実部(a)と虚数部(b)を検出する。コイル30-1の複素インピーダンスと、コイル30-2の複素インピーダンスは、別箇に設けられた同一の回路で同様に検出されるため、コイル30-1の複素インピーダンスの検出について説明する。

[0122] コイル30-1aの出力電圧は、それぞれ複素インピーダンスの実部(a)と虚数部(b)を検出する位相検波器100, 102に入力される。位相検波器100, 102には、参照信号として、励磁電流源72からの励磁電流72bが入力される。位相検波器102に入力される励磁電流72bは、位相を90度ずらすために、90°移送器104で処理されたのちに、位相検波器102に入力される。位相検波器100, 102の出力100a, 102aの処理については、図14と同一であるので、図示及び説明を省略する。

[0123] 図13、14と図15の検知回路の違いは、上述のように、検知コイル3

0, 230に励磁電流72bを加えるかどうかということである。図13、14では、検知コイルに励磁電流を加えない。図15では、検知コイル30, 230に励磁電流72bを加え、励磁電流72bが加算された信号を処理する。

[0124] 次に、図16に、複素インピーダンスを測定する、さらに別の方法を示す。図16は、複素インピーダンスを測定する回路を示すブロック図である。本回路は、コイル30とは別に設けた励磁コイル72aに、励磁電流源72からの励磁電流を流し、励磁コイル72aが発生した磁界をコイル30に印加する。励磁コイル72aは、コイル30と同軸かつ同心に、コイル30に隣接して設ける。図16では、コイル30-1、30-2が、通路18を介して対向して配置され、コイル30-1、30-2が、磁石24、26に対して同軸かつ同心に配置されている。本図では、図14と同様に位相検波回路を用いている。コイル30-1の複素インピーダンスと、コイル30-2の複素インピーダンスは、別箇に設けられた同一の回路で同様に検出されるため、コイル30-1の複素インピーダンスの検出について説明する。

[0125] 本図の回路では、検知コイル30-1は、ダミーインダクタンス92、及び抵抗94a、94bとともに、ブリッジ回路96を構成する。ブリッジ回路96の出力電圧96aは、増幅器98に入力されて、増幅される。増幅された信号98aは、それぞれ複素インピーダンスの実部(a)と虚数部(b)を検出する位相検波器100, 102に入力される。位相検波器100, 102には、参照信号として、励磁電流源72からの励磁電流72bが入力される。位相検波器102に入力される励磁電流72bは、位相を90度ずらすために、90°移送器104で処理された後に、位相検波器102に入力される。位相検波器100, 102の出力100a, 102aの処理については、図14と同一であるため、図示及び説明を省略する。

[0126] 次に、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムを、図17を参照して説明する。この異物検知システムは、図1及び図10の金属検知用センサーの両方に類似した構成を有する金属検知用センサー320を有する

。図１７は、本発明のさらに別の実施形態に係る異物検知システムの縦断面図である。本実施例は、図４（ａ）の構成において、磁石２６の代わりに励磁コイル３６０を用いるものである。金属検知用センサー３２０は、図１に示す通路１８を介して対向する検知コイル３０と励磁コイル３６０とを有するが、図１の実施例と異なり、磁石を有しない。金属検知用センサー３２０は、図１０と同様に励磁コイル３６０を有するが、励磁コイル３６０は、図１０の実施例と異なり、磁性体を有しない。

[0127] 励磁コイル３６０は、交流電源７４から交流電流を印加されて、磁界３２２を生成する。磁界３２２中を金属１４が通過すると、反磁界を発生する金属の場合、反磁界３２８が生成される。検知コイル３０は、反磁界３２８を検知し、その出力は検知回路３４８に入力される。検知回路３４８は、金属１４を検知したことを示す信号を、エアガンを制御している制御機に送る。励磁コイル３６０は、交流で励磁されるが、直流では励磁されない。交流で励磁する理由は、交流の方が、信号処理が容易だからである。

[0128] 次に、本発明の他の実施形態を図１８により説明する。図１８は、本発明の他の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。本実施例の金属検知用センサーは、通路１８を介して対面する磁石２４、２６を磁性材料７６で接続したものである。磁性材料７６は、強磁性体である。

[0129] 金属検知用センサーは、静磁界２２を発生する磁石２４（第１の磁石）及び磁石２６（第２の磁石）と、金属１４が生成する磁界を検知するコイル３０（第１の磁気センサー）とを有する。磁石２４、２６は、通路１８を挟んで通路１８の両側に互いに対面して配置される。

[0130] 磁石２４は、磁石２６のＮ極とＳ極を結ぶ軸方向における磁石２６の外部に位置し、磁石２６は、磁石２４のＮ極とＳ極を結ぶ軸方向における磁石２４の外部に位置する。コイル３０と磁石２６は、通路１８を挟んで通路１８の両側に互いに対面して配置される。コイル３０は、磁石２６のＮ極とＳ極を結ぶ軸方向における磁石２６の外部に位置し、磁石２６は、コイル３０の磁気検知面に垂直な軸方向におけるコイル３０の外部に位置する。金属検知

用センサーは、磁石 24、26 の、通路 18 と反対側に位置する極同士を接続する磁性材料 76 を有する。

[0131] すなわち、図 18 の場合、磁性材料 76 は、磁石 24-1 の S 極と磁石 26-1 の N 極、磁石 24-2 の N 極と磁石 26-2 の S 極、・・・、磁石 24-i の N 極と磁石 26-i の S 極同士を接続する。

[0132] 図 1 に示す実施例では、磁性材料 76 は使用していない。すなわち、図 1 に示す実施例では、対を構成する互いに対面する磁石 24、26 の、通路 18 と反対側に位置する極同士を接続していない。図 18 のように、磁性材料 76 を用いることにより、図 1 に示す実施例と比較して、磁界 22 の大きさが著しく大きくなるという効果がある。

[0133] 磁界 22 の大きさが著しく大きくなる理由は、各々の対を構成する互いに対面する磁石 24、26 により生成される各々の磁気回路の磁気抵抗が、磁石 24、26 の、通路 18 と反対側に位置する極同士を磁性材料 76 によって接続することにより、顕著に下げられたからである。磁性材料 76 は、磁石 24、26 を鉄板（珪素鋼板やアモルファス材を積層したもの）76 等でループ接続する。磁石 24、26 の後方を鉄板 76 で接続することにより、鉄板 76 が磁石となり、鉄板 76 が無い場合に比べて、通路 18 における磁力が強くなる。図 18 に図示するように、磁性材料 76 内の磁束 78、78a、78b は、磁束 22 とともに、ループを構成している。

[0134] 対面する磁石 24、26、例えば、磁石 24-1 と磁石 26-1、磁石 24-i と磁石 26-i は、磁性材料 76 で接続される。その他の磁石 24-2、26-2 等も、間接的に磁性材料 76 で接続される。すなわち、隣接する磁石 24 の、通路 18 と反対側に位置する極同士を磁性材料 76a（第 1 の磁性材料）は接続する。さらに、磁性材料 76b（第 2 の磁性材料）は、隣接する磁石 26 の、通路 18 と反対側に位置する極同士を接続する。図 18 の場合、磁性材料 76a は、例えば、磁石 24-1 の S 極と磁石 24-2 の N 極同士を接続し、磁性材料 76b は、例えば、磁石 26-1 の N 極と磁石 26-2 の S 極同士を接続する。

磁性材料 7 6 は、磁石 2 4、2 6 の外周を囲む形状である。

[0135] 磁性材料 7 6、7 6 a、7 6 b は、一体成型された部品でも、別々の部品でもよい。別々の部品の場合は、別々の部品は、ボルト又は接着剤により、一体的に組み合わせる。磁性材料 7 6 a、7 6 b と磁石 2 4、2 6 の接続は、ボルトによる固定、接着剤による固定等が可能である。

[0136] 磁石 2 6 の N 極と S 極を結ぶ軸方向における磁石 2 6 の外部に位置する磁石 2 4 と、磁石 2 4 の N 極と S 極を結ぶ軸方向における磁石 2 4 の外部に位置する磁石 2 6 と、磁石 2 6 の N 極と S 極を結ぶ軸方向における磁石 2 6 の外部に位置するコイル 3 0 は、対を構成し、前記対は複数存在し、複数の対は、通路 1 8 の幅方向に、互いに並列に配置される。複数の対は、通路 1 8 の幅方向に、図 6 のように千鳥状に配置してもよい。隣接する対の磁界の向きは、互いに逆平行である。すなわち、磁界 2 2 - 1 と磁界 2 2 - 2、磁界 2 2 - 2 と磁界 2 2 - 3 は、互いに逆平行である。逆平行の配置により、隣接する磁石同士が最短距離で接続され、磁性材料 7 6 a、7 6 b と磁石 2 4、2 6 の接続が容易になる。隣接する対の磁界の向きは、互いに平行でもよい。平行な場合、隣接する対は磁性材料 7 6 で接続されない。

[0137] 図 1 8 に示す磁石の向き (S→N) は一例であり、磁石の向きは、図 1 8 とは逆の (N→S) でもよい。この場合、磁力線の向きが逆になる。しかし、磁界の大きさには変化はなく、金属検知上の問題はない。

[0138] 次に、本発明の他の実施形態を図 1 9 により説明する。図 1 9 は、本発明の他の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。本実施例の金属検知用センサーは、コイル 3 1 (第 2 の磁気センサー) を有し、コイル 3 1 と磁石 2 4 は、通路 1 8 を挟んで通路 1 8 の両側に互に対面して配置され、コイル 3 1 は、磁石 2 4 の N 極と S 極を結ぶ軸方向における磁石 2 4 の外部に位置し、磁石 2 4 は、コイル 3 1 の磁気検知面に垂直な軸方向におけるコイル 3 1 の外部に位置する。

[0139] 次に、本発明の他の実施形態を図 2 0 により説明する。図 2 0 は、本発明の他の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。本実施例の金属検

知用センサーでは、コイル 30 は磁石 24 に巻かれており、コイル 31 は磁石 26 に巻かれている。本実施例では、磁石 24 と磁石 26 との距離が、図 18, 19 に示す実施例よりも小さいため、同一の磁石 24, 26 を用いた場合、磁界 22 の大きさが、図 18, 19 に示す実施例よりも、大きくなる。図 18 と図 20 を比較した場合、図 20 では、通路 18 の両側にコイル 30, 31 があるため、図 20 の検知感度は図 18 よりも高くなる。

[0140] 次に、本発明の他の実施形態を図 21 により説明する。図 21 (a), 図 21 (b) は、本発明の他の実施形態に係る異物検知システムの平面図である。本実施例の金属検知用センサーは、通路 18 の一方の側に、通路 18 の幅 WD 方向に配置された、静磁界を発生する複数の磁石 24 (第 1 の磁石) と、金属 14 が生成する磁界を検知するコイル 30 (第 1 の磁気センサー) とを有する。複数の磁石 24 は、各磁石 24 の N 極と S 極を結ぶ軸が同一方向になるように、一列に配置される。隣接する 2 つの磁石、例えば、磁石 24-1, 24-2 に関して、2 つの磁石 24 のうちの一方の磁石 24-1 の、該 2 つの磁石 24 のうちの他方の磁石 24-2 側にある極の極性 S は、他方の磁石 24-2 の、該一方の磁石 24-1 側にある極の極性 S と同一である。コイル 30 は、通路 18 の一方の側に配置される。

[0141] 金属検知用センサーは、通路 18 の他方の側に配置された、静磁界を発生する複数の磁石 26 (第 2 の磁石) と、金属 14 が生成する磁界を検知する、通路 18 の他方の側に配置されたコイル 31 (第 2 の磁気センサ) とを有する。複数の磁石 26 は、各磁石 26 の N 極と S 極を結ぶ軸が同一方向になるように、一列に配置される。隣接する 2 つの磁石 26、例えば磁石 26-1, 26-2 に関して、磁石 26 のうちの一方の磁石 26-1 の、他方の磁石 26-2 側にある極の極性 S は、他方の磁石 26-2 の、一方の磁石 26-1 側にある極の極性 S と同一である。

[0142] 磁石 24, 26 を横に配置して、高い表面磁束密度を作れる。磁石 24, 26 の N 極と S 極を結ぶ方向を、通路の幅 WD 方向 80 に一致させる。N 極と S 極を結ぶ方向を、これまでの実施例に対して、90° 変える。隣接する 2

つの磁石 24-1, 24-2 間の隙間 82 が小さいため、通路 18 における磁界 80 が強くなる。

[0143] 磁石 24 を横に配置して、隣接する 2 つの磁石 24、例えば磁石 24-1, 24-2 の対向する S 極間の反発力により、強い磁界 80 が得られる。磁石 24、26 の長さ t_1 、 t_2 を変えることにより、磁力線の飛ぶ距離 h_1 、 h_2 (磁力の及ぶ範囲) を変えられる。図 23 (a) と図 23 (b) を比較するとわかるように、長さ t_1 、 t_2 が長くなると、距離 h_1 、 h_2 が長くなる。

[0144] 従って、磁石 24、26 の N 極と S 極との間の長さ t_1 、 t_2 により、磁石 24、26 により生成される磁界 80 の強度が設定される。

[0145] 以上の実施例では、金属の有無を検知していたが、本発明のセンサーは、金属の速度を検知することもできる。磁場の中を落下する金属 14 により生じる誘導起電力は、落下速度と、金属 14 の大きさと、磁石 24、26 により生成される磁界 22 の大きさの積に比例する。従って、金属 14 の大きさと磁界 22 の大きさがあらかじめわかっている場合は、金属 14 により生じる誘導起電力の大きさをコイル 30 により測定することにより、落下速度が測定できる。

[0146] なお、ここでの金属 14 の大きさは、金属 14 の形状に依存する。金属が板状の場合、金属が磁界 22 に対して、どちらの方向を向いて落下するかにより、誘導起電力は異なる。金属 14 が球体である場合は、金属が磁界 22 に対して、どちらの方向を向いて落下しても、誘導起電力は同じである。

[0147] 速度を測定することは、金属の向きもしくは形状が事前にわかる場合に特に有効である。金属の形状や向きがわかっている場合は、形状や向きを考慮することにより、速度がわかる。異物判定においては、例えば、金属 14 が、製品 12 とは異なる速度を持つことがわかっている場合、測定された速度が所定値より大きい、または小さい、又は所定の範囲内にあることから、異物 14 であることを判定することができる。

[0148] 磁界を検出するコイル 30 としては、空芯コイル、鉄心入りコイル、フェ

ライト入りコイル、磁石入りコイルを用いることができる。

[0149] コイルの巻構造として、スパイラル巻き、ソレノイド巻き、先端が尖ったポットコア形状のコイルが可能である。図22(a)は、ソレノイド巻きを示し、図22(b)、22(c)は、スパイラル巻きを示す。ソレノイド巻きでは、鉄心84に線材86が巻かれる。1層目の線材86aが、鉄心84の周りに、鉄心84の軸方向の全長にわたって巻かれた後に、2層目の線材86bが、鉄心84の周りに、鉄心84の軸方向の全長にわたって巻かれる。これが、繰り返されて、所定の層数まで、巻かれる。図22(a)では、2層目の途中まで巻かれた状態を示す。面86cが、コイルの磁気検知面である。

[0150] 一方、スパイラル巻きでは、コイル30の3個のコイル86a、86b、86cは、列をコイル30の軸方向、層をコイル30の半径方向と定義したときに、線材lnをそれぞれ1列N層巻きでスパイラル状に巻いたコイルである。コイル88aとコイル88bとの間にはコイル88aとコイル88bとの間隔を一定に保つためのスペーサS1が配置されており、コイル88bとコイル88cとの間にはコイル88bとコイル88cとの間隔を一定に保つためのスペーサS2が配置されている。図22(b)は、3個のコイル86a、86b、86cを示すが、3個に限られるものではなく、1個以上であればよい。

[0151] 図22(c)に示すように、3個のコイル86a、86b、86cの各々は、線材lnを1列N層巻きで半径方向にスパイラル状に巻いたコイルからなっている。図22(c)は、3個のコイル86a、86b、86cのうちの1つを示す。コイルは鉄心110に巻かれ、巻始め112aは、鉄心110上にあり、その点から螺旋状に半径方向外方に向かって巻かれ、巻終わり112bが次のコイルの巻始め112に接続されている。

[0152] ソレノイド巻きは、巻き数が多くないと、インダクタンスが大きくなりえない。ソレノイド巻きは、容量が大きく、共振のピークの鋭さを表す値Q値が低く、共振周波数が低いという問題がある。結果として、ソレノイド巻きは

、スパイラル巻きに比較して、検知感度が低下する。ソレノイド巻きは、コイルの軸方向の長さが長くなるため、異物とコイルとの距離が遠くなるという問題がある。また、ソレノイド巻きは、鉄心の半径 86 d が大きくないと、インダクタンスが大きくならないため、鉄心 86 d が太くなり、コイルが大きくなるという問題がある。

[0153] 一方、スパイラル巻きでは、コイル 86 a, 86 b, 86 c 間の相互インダクタンスの寄与により、インダクタンスが、コイルの大きさの割に、ソレノイド巻きに比較して大きくできる。そのため、スパイラル巻きは、鉄心の半径を、ソレノイド巻きに比較して小さくできる。従って、スパイラル巻きは、コイルの半径が、ソレノイド巻きに比較して全体として小さくなる。また、スパイラル巻きは、浮遊容量が小さいため、共振のピークの鋭さを表す値 Q 値が高く、共振周波数が高いという利点がある。結果として、スパイラル巻きは、ソレノイド巻きに比較して検知感度が向上する。また、スパイラル巻きは、コイルの軸方向の長さ（すなわち列方向の長さ）を小さくできるので、異物とコイルとの距離が近くなるという利点がある。結果として、この点でも、スパイラル巻きは、ソレノイド巻きに比較して検知感度が向上する。

[0154] 図 23 に、つぼ型コイルを示す。これは、通常につぼ型コイルとは異なり、先端が尖ったポットコア形状のコイルである。つぼ型の鉄心 90 a の中心部に磁石 90 b を配置し、磁石 90 b の周りに導線を巻いてコイル 90 c を形成する。磁石 90 b の先端は尖っており、鉄心 90 a やコイル 90 c の先端も尖った形状である。この結果、磁石が生成する磁場が尖った形状となり、検知範囲を狭い範囲に集中させることができる。磁石 90 b の代わりに、軟鉄、ケイ素鋼板、フェライト、パーマロイ、アモルファス等を用いることができる。磁石 90 b を無くして、空心とすることも可能である。

[0155] なお、これまでの実施例では、磁気センサーとしてコイルを用いた例を示したが、コイルの代わりに、磁気抵抗効果素子、ホール素子、磁気インピーダンス素子（アモルファスワイヤ磁気センサ）などの磁気センサーを用いる

こともできる。

[0156] 図24に、ホール素子と磁気抵抗効果素子を示す。図24(a)がホール素子であり、図24(b)が磁気抵抗効果素子である。各素子の磁気検知面300に垂直な軸方向302に、検知すべき磁界304が存在する。

[0157] 以上では、金属異物の検査について、本願発明を説明した。しかし、本願発明は、金属異物の検査に限られるものではなく、異物ではない金属の膜厚の変化や、異物ではない特定の金属が存在するかどうかの検査にも適用できる。例えば、本発明は、CMP（化学的機械的研磨）に適用できる。CMP（化学的機械的研磨）とは、半導体ウェハなどの基板の表面を研磨する装置であり、半導体製造装置の分野で、広く使用されている装置である。本発明はCMPにおいて、ウェハに形成された回路内の金属の膜厚の変化や、回路内に所定の金属が存在するかどうかの検査に適用できる。金属検知用センサーを構成する磁石や磁気センサーが、CMPの研磨テーブルを介して対向していない配置（通路18を研磨テーブルとみなした時、図4(b), (c), (e)に示される配置）を取る場合、すなわち研磨テーブルの一方の側にのみ複数の磁石やコイルが配置される場合は、CMPにも本発明を適用できる。

符号の説明

[0158] 10 異物検知システム
12 製品
14 金属
20 金属検知用センサー
24, 26 磁石
30 コイル

請求の範囲

- [請求項1] 通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、
- 前記センサーは、
- 静磁界を発生する少なくとも1つの磁石と、
- 前記金属が生成する磁界を検知する少なくとも1つの磁気センサーとを有し、
- 前記磁石は、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向における前記磁気センサーの外部に位置し、前記磁気センサーは、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の外部に位置し、前記磁石と前記磁気センサーは対面することを特徴とする金属検知用センサー。
- [請求項2] 請求項1に記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁気センサーはソレノイドコイルであり、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向は、前記コイルの軸方向であることを特徴とする金属検知用センサー。
- [請求項3] 請求項1に記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁気センサーはスパイラルコイルであり、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向は、前記コイルの軸方向であり、前記スパイラルコイルにおいては、該コイルの軸方向に垂直な平面内に、らせん状に導線が巻かれていることを特徴とする金属検知用センサー。
- [請求項4] 請求項1に記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁気センサーは、つぼ型コイルであり、前記磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向は、前記コイルの軸方向であることを特徴とする金属検知用センサー。
- [請求項5] 請求項2又は3に記載の金属検知用センサーにおいて、前記コイルは鉄心を有することを特徴とする金属検知用センサー。
- [請求項6] 請求項1から5のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、

前記磁石は複数個あり、前記複数個の磁石は、前記通路を挟んで対向して配置され、前記複数個の磁石の各々のN極からS極への向きは一致することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項7] 請求項6に記載の金属検知用センサーにおいて、前記複数個の磁石は、前記磁気センサーの前記軸方向において前記磁気センサーの両側に配置されることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項8] 請求項1から7のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁気センサーは複数個あり、前記複数個の磁気センサーは、前記通路を挟んで対向して配置されることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項9] 請求項8に記載の金属検知用センサーにおいて、前記複数個の磁気センサーは、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の両側に配置されることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項10] 請求項1から9のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記磁石の外部に位置して前記磁石に対面する前記磁気センサー、及び前記磁気センサーの前記軸方向における前記磁気センサーの外部に位置して前記磁気センサーに対面する前記磁石は、対を構成し、前記対は複数存在し、前記複数の対は、前記通路の幅方向に、互いに並列に又は千鳥状に配置されることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項11] 請求項10に記載の金属検知用センサーにおいて、複数の前記磁気センサーの出力は、個々に処理される、又は、複数の前記磁気センサーの出力は直列に接続されることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項12] 請求項1から11のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、検査対象物に含まれる金属は、順磁界を発生する金属または反磁界を発生する金属であり、前記磁気センサーは、前記磁気センサーが検知した金属が順磁界を発生する金属であるか、または反磁界を発生する金属であるかに応じて、極性の異なる信号、又は信号の大きさが異

なる信号を出力することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項13] 請求項1から12のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記磁石の形状は、中実円柱、中空円筒、角柱、角錐台、放物柱、または円錐台であることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項14] 請求項1から13のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記検査対象物が存在しない通路に対して配置された少なくとも1つの磁気センサー及び少なくとも1つの磁石をさらに有し、前記検査対象物が存在しない通路に対して配置された前記磁気センサーは、前記検査対象物が存在しない状態の基準出力を出力することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項15] 請求項1から13のいずれかに記載の金属検知用センサーを用いた、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知方法において、

前記検査対象物に金属が含まれないときの前記磁気センサーの基準出力を測定するステップと、

前記検査対象物に金属が含まれる可能性があるときの前記磁気センサーの検知出力を測定するステップと、

前記基準出力と前記検知出力との出力差を求め、前記出力差が、予め決められた所定値以上のときに、前記検査対象物に金属が含まれると判定するステップとを含むことを特徴とする金属検知方法。

[請求項16] 請求項14に記載の金属検知用センサーを用いた、通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知方法において、

前記基準出力を測定するステップと、

前記検査対象物が存在する位置に配置された前記磁気センサーの検知出力を測定するステップと、

前記基準出力と前記検知出力との出力差を求め、前記出力差が、予め決められた所定値以上のときに、前記検査対象物に金属が含まれる

と判定するステップとを含むことを特徴とする金属検知方法。

[請求項17] 通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、

前記センサーは、磁石と検知コイルとを有し、前記磁石と前記検知コイルは、前記通路の外周に配置されて前記通路を囲み、

前記磁石は、磁界を発生させ、前記検知コイルは、前記磁石が発生する磁界中を前記金属が通過するときの磁界を検知することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項18] 請求項17に記載の金属検知用センサーにおいて、

前記磁石は、励磁コイルと磁性体を有することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項19] 請求項1から14、及び17、18のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記センサーは、前記金属の速度を検知することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項20] 通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、

前記センサーは、

静磁界を発生する第1及び第2の磁石と、

前記金属が生成する磁界を検知する第1の磁気センサーとを有し、

前記第1及び第2の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第1の磁石は、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置し、前記第2の磁石は、前記第1の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第1の磁石の外部に位置し、

前記第1の磁気センサーと前記第2の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第1の磁気センサーは、前記第2の磁石のN極とS極を結ぶ軸方向における前記第2の磁石の外部に位置し、前記第2の磁石は、前記第1の磁気センサーの磁気

検知面に垂直な軸方向における前記第 1 の磁気センサーの外部に位置し、

前記金属検知用センサーは、前記第 1 及び第 2 の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する磁性材料を有することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項21] 請求項 20 に記載の金属検知用センサーにおいて、前記第 1 の磁気センサーは、鉄心又は磁石に巻かれているコイルであることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項22] 請求項 20 又は 21 に記載の金属検知用センサーにおいて、第 2 の磁気センサーを有し、

前記第 2 の磁気センサーと前記第 1 の磁石は、前記通路を挟んで前記通路の両側に互いに対面して配置され、前記第 2 の磁気センサーは、前記第 1 の磁石の N 極と S 極を結ぶ軸方向における前記第 1 の磁石の外部に位置し、前記第 1 の磁石は、前記第 2 の磁気センサーの磁気検知面に垂直な軸方向における前記第 2 の磁気センサーの外部に位置することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項23] 請求項 20 から 22 のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記第 1 の磁気センサーはコイルであり、該コイルは前記第 1 の磁石の外周に配置され、前記第 2 の磁気センサーはコイルであり、該コイルは前記第 2 の磁石の外周に配置されていることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項24] 請求項 20 から 23 のいずれかに記載の金属検知用センサーにおいて、前記第 2 の磁石の N 極と S 極を結ぶ軸方向における前記第 2 の磁石の外部に位置する前記第 1 の磁石と、前記第 1 の磁石の N 極と S 極を結ぶ軸方向における前記第 1 の磁石の外部に位置する前記第 2 の磁石と、前記第 2 の磁石の N 極と S 極を結ぶ軸方向における前記第 2 の磁石の外部に位置する前記磁気センサーは、対を構成し、前記対は複数存在し、前記複数の対は、前記通路の幅方向に、互いに並列に又は

千鳥状に配置され、

隣接する対の磁界の向きは、互いに逆平行であることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項25] 請求項24に記載の金属検知用センサーにおいて、隣接する前記第1の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する第1の磁性材料又は、隣接する前記第2の磁石の、前記通路と反対側に位置する極同士を接続する第2の磁性材料のうち、少なくとも1つを有することを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項26] 通路を移動している検査対象物に含まれる金属を検知するための金属検知用センサーにおいて、

前記金属検知用センサーは、

前記通路の一方の側に配置された、静磁界を発生する複数の第1の磁石と、

前記金属が生成する磁界を検知する第1の磁気センサーとを有し、

前記複数の第1の磁石は、各磁石のN極とS極を結ぶ軸が同一方向になるように、一列に配置され、

隣接する2つの前記第1の磁石に関して、該2つの磁石のうちの一方の磁石の、該2つの磁石のうちの他方の磁石側にある極の極性は、該他方の磁石の、該一方の磁石側にある極の極性と同一であることを特徴とする金属検知用センサー。

[請求項27] 請求項26に記載の金属検知用センサーにおいて、

前記第1の磁気センサーは、前記通路の前記一方の側に配置され、

前記金属検知用センサーは、

前記通路の他方の側に配置された、静磁界を発生する複数の第2の磁石と、

前記金属が生成する磁界を検知する、前記通路の前記他方の側に配置された第2の磁気センサーとを有し、

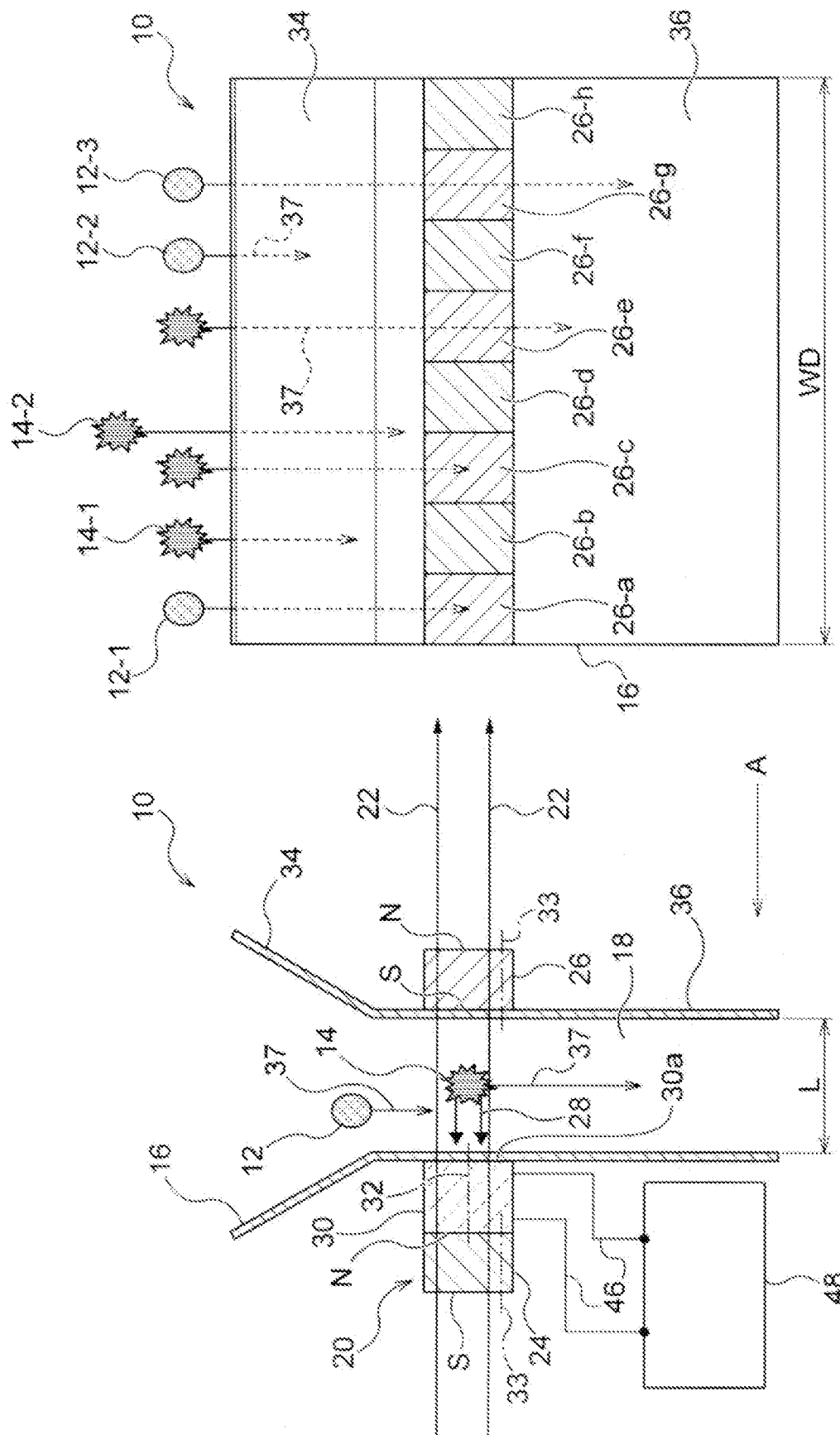
前記複数の第2の磁石は、各磁石のN極とS極を結ぶ軸が同一方向

になるように、一列に配置され、

隣接する2つの前記第2の磁石に関して、該磁石のうちの一方の磁石の、他方の磁石側にある極の極性は、該他方の磁石の、該一方の磁石側にある極の極性と同一であることを特徴とする金属検知用センサー。

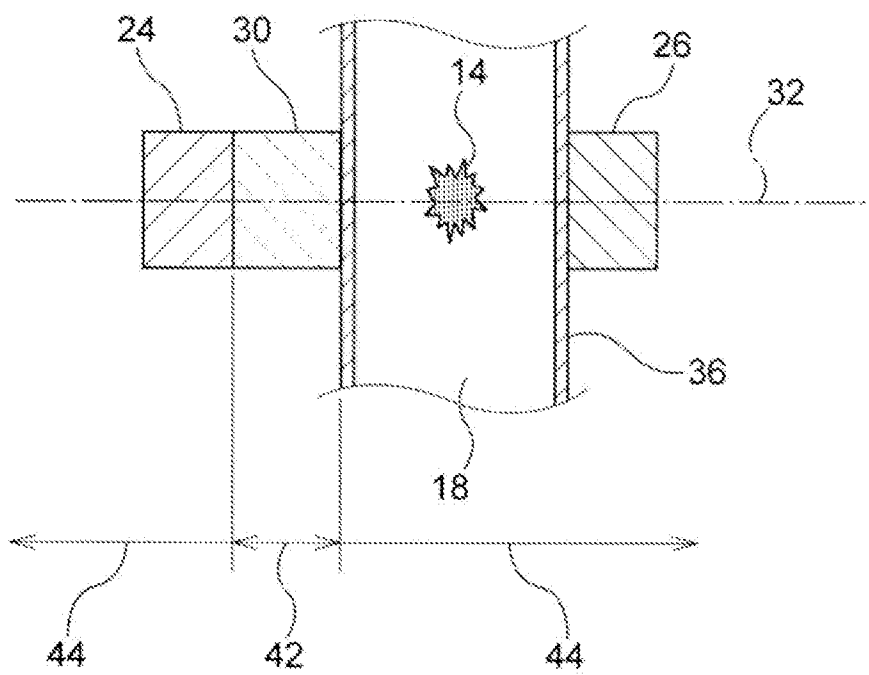
[請求項28] 請求項26又は27に記載の金属検知用センサーにおいて、前記第1の磁石のN極とS極との間の長さにより、該磁石により生成される磁界の強度が設定されることを特徴とする金属検知用センサー。

[図1]

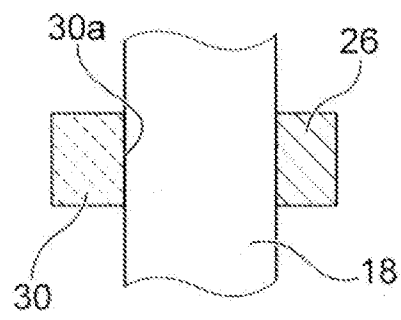


(b)

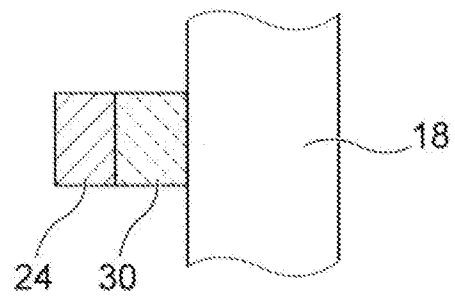
(a)



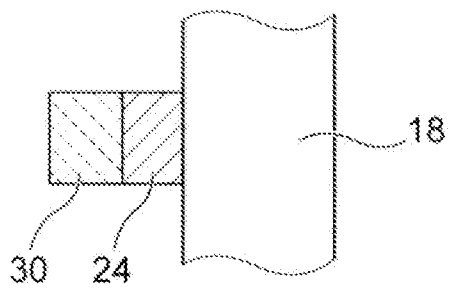
[図4]



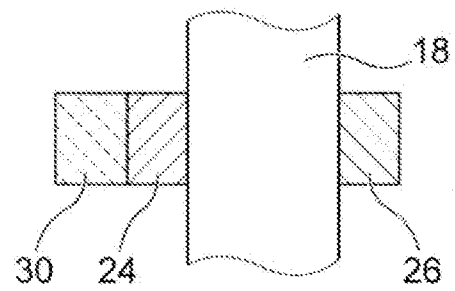
(a)



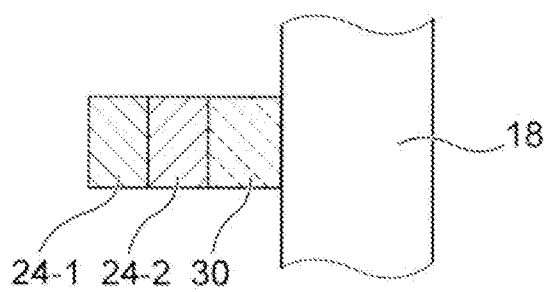
(b)



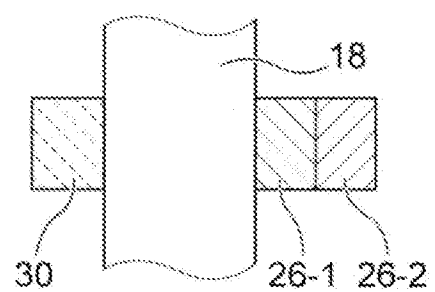
(c)



(d)

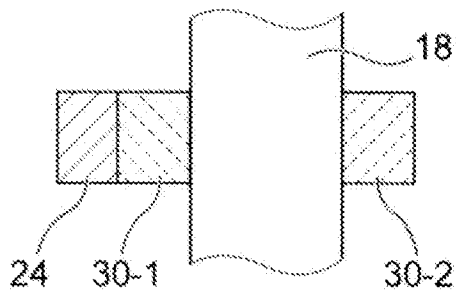


(e)

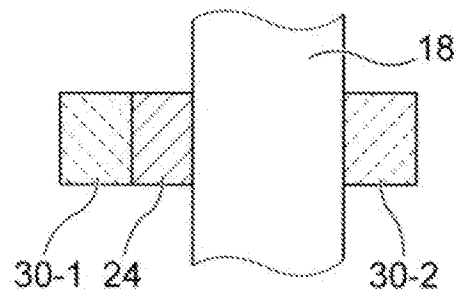


(f)

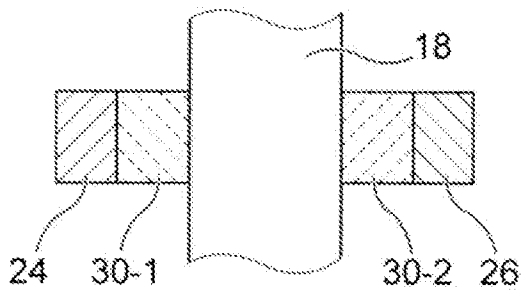
[図5]



(a)

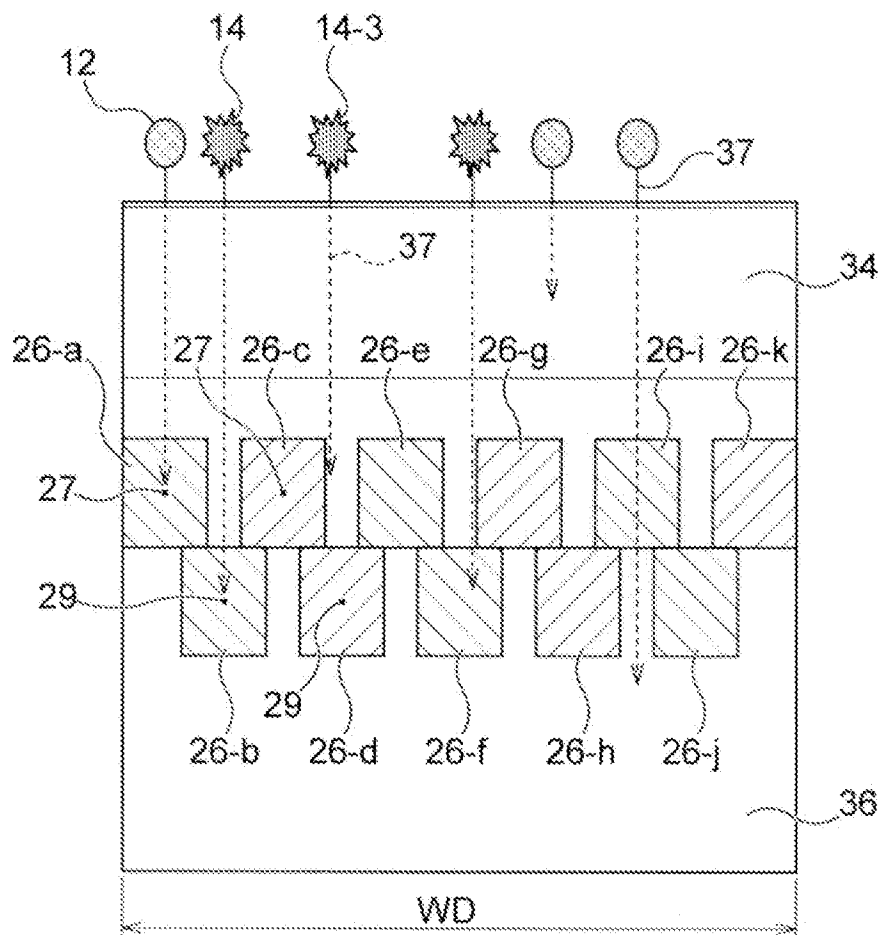


(b)

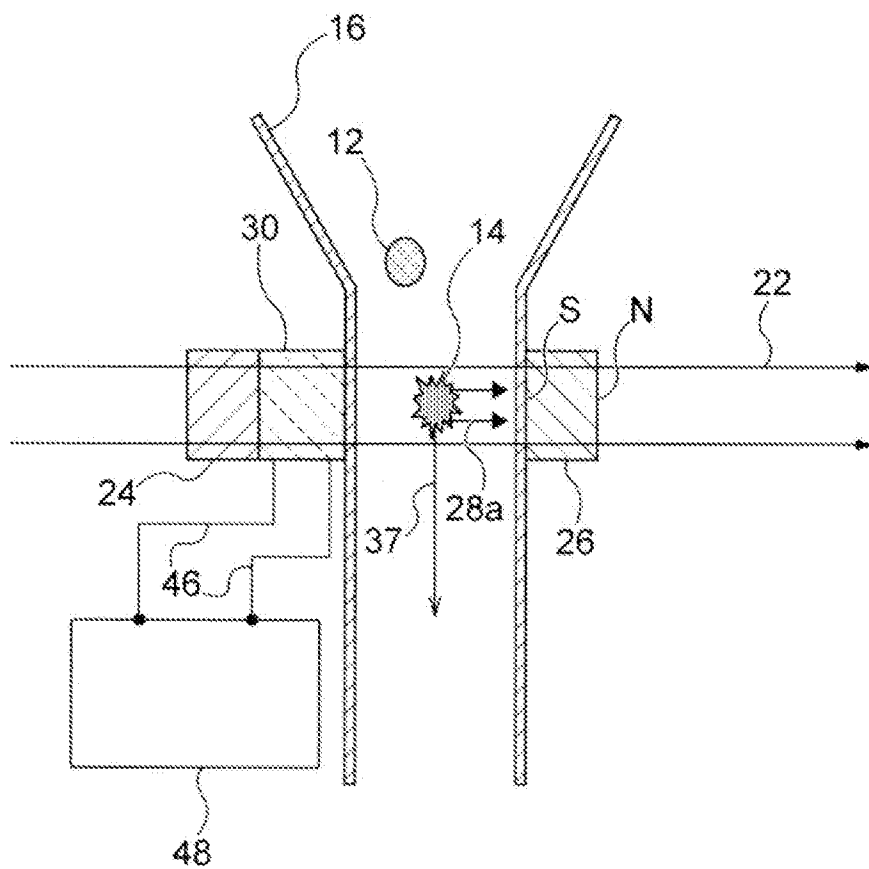


(c)

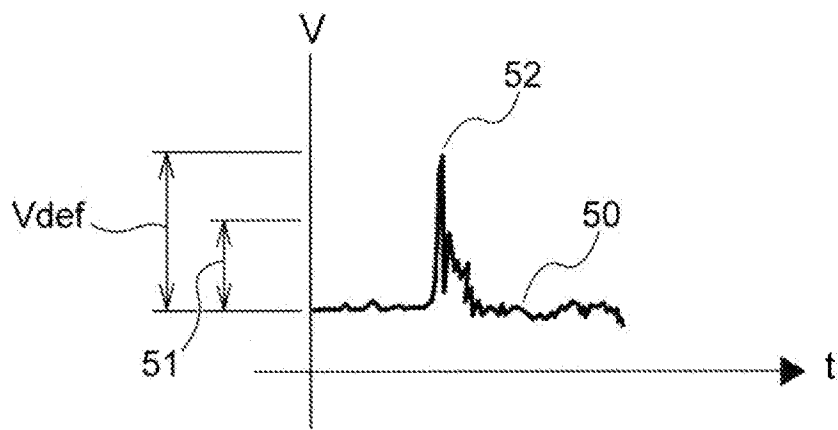
[図6]



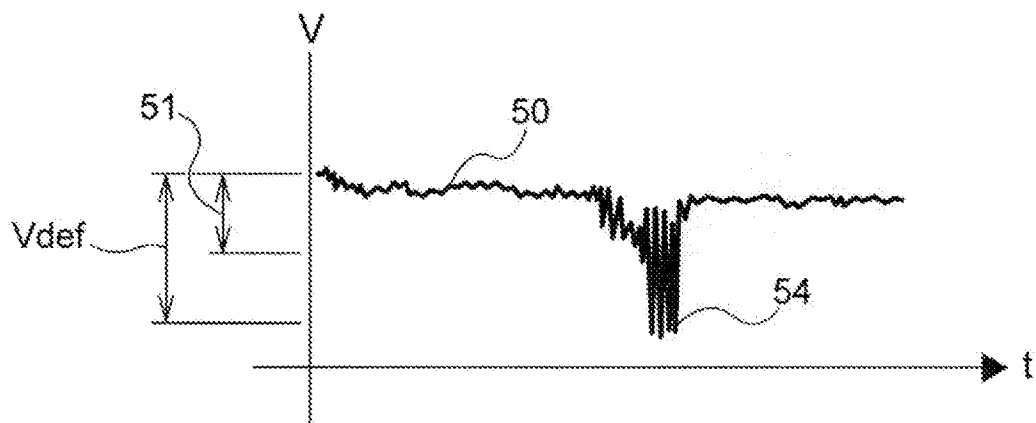
[図7]



[図8]



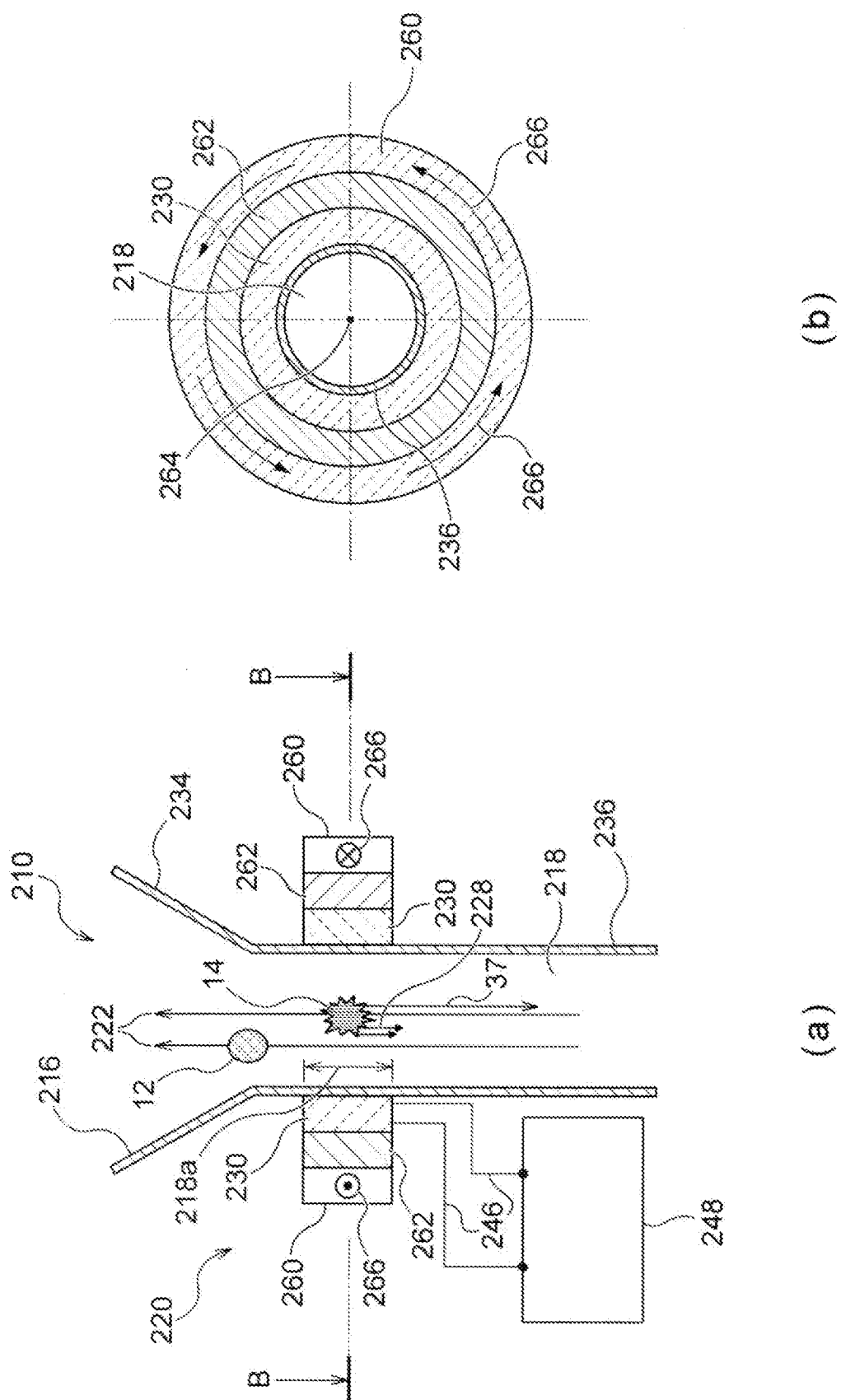
(a)



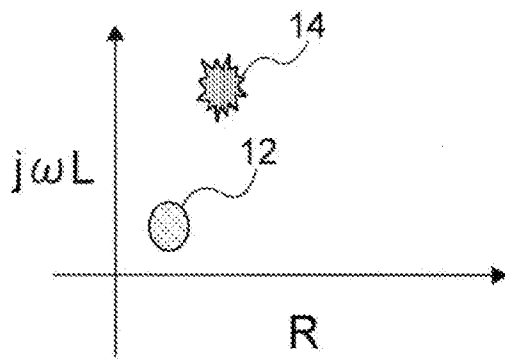
(b)

[illegible]

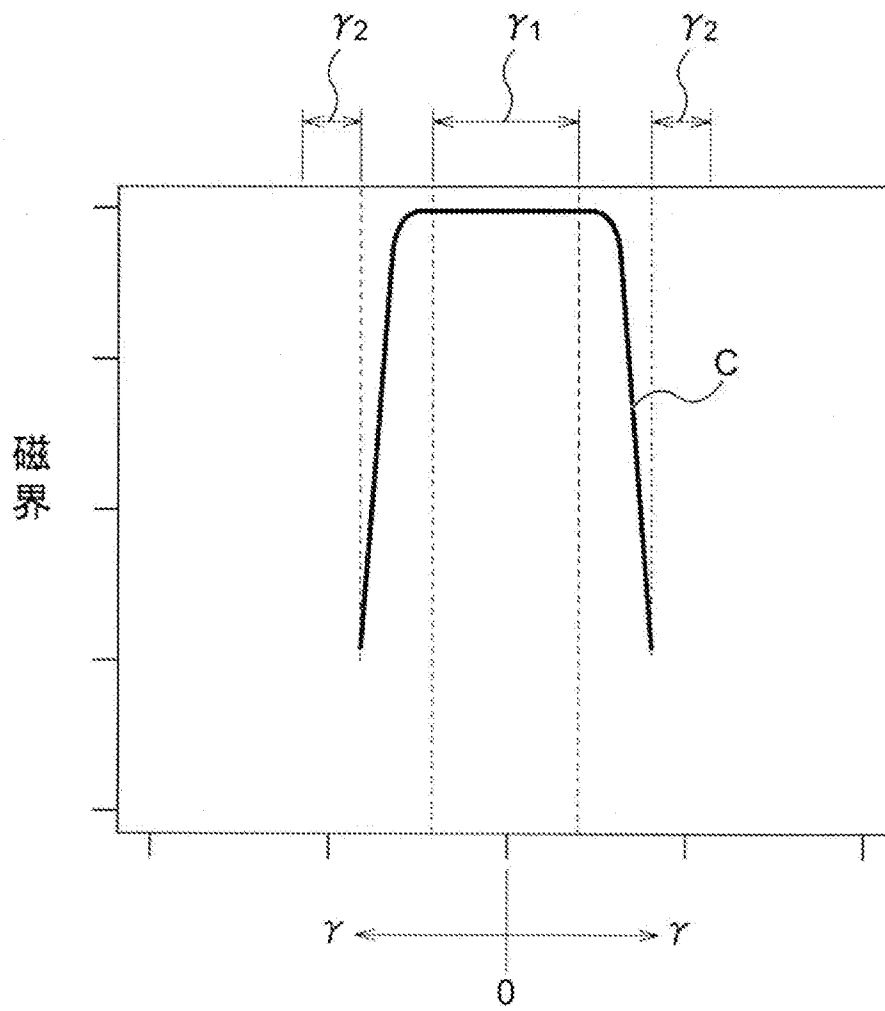
[図10]



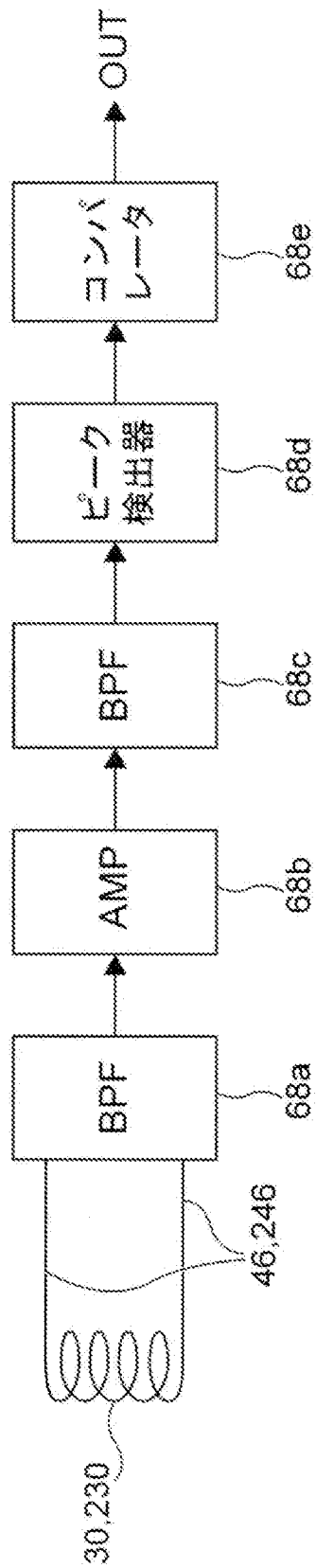
[図11]



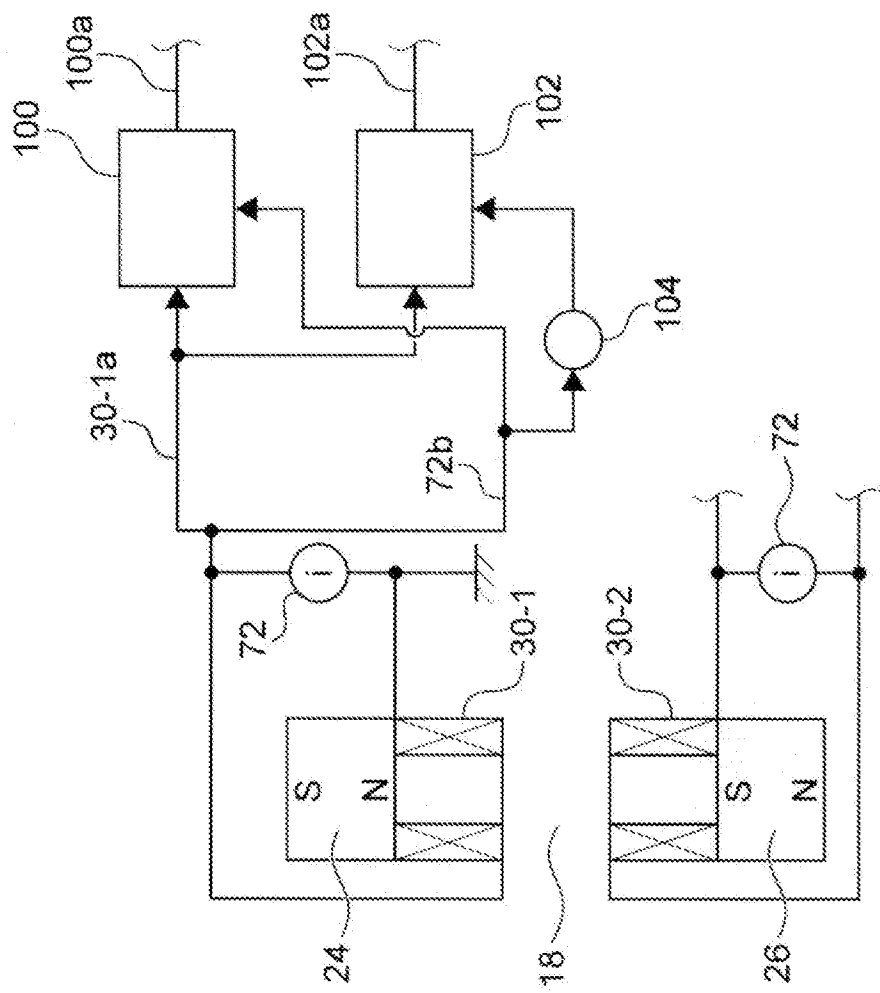
[図12]



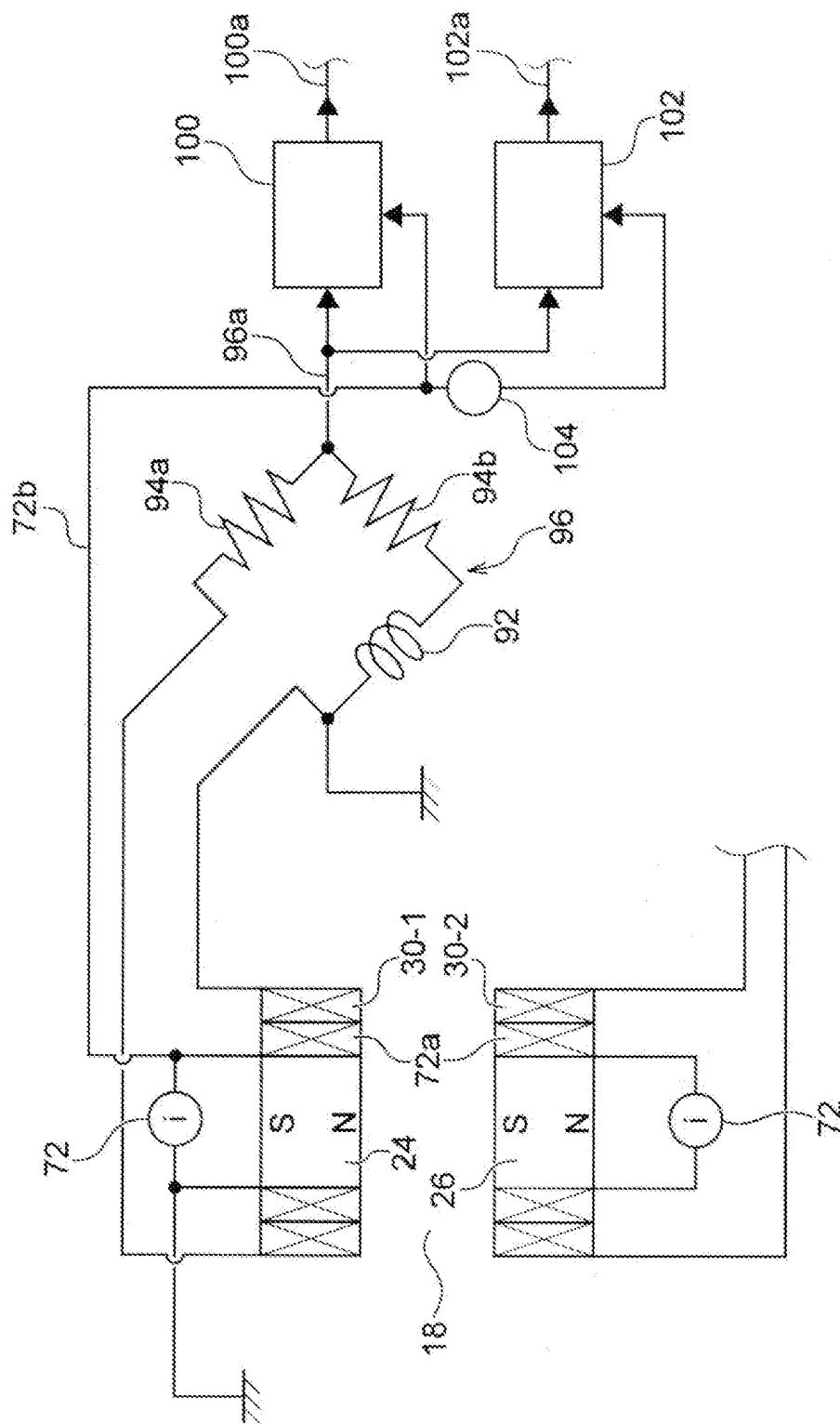
[図13]



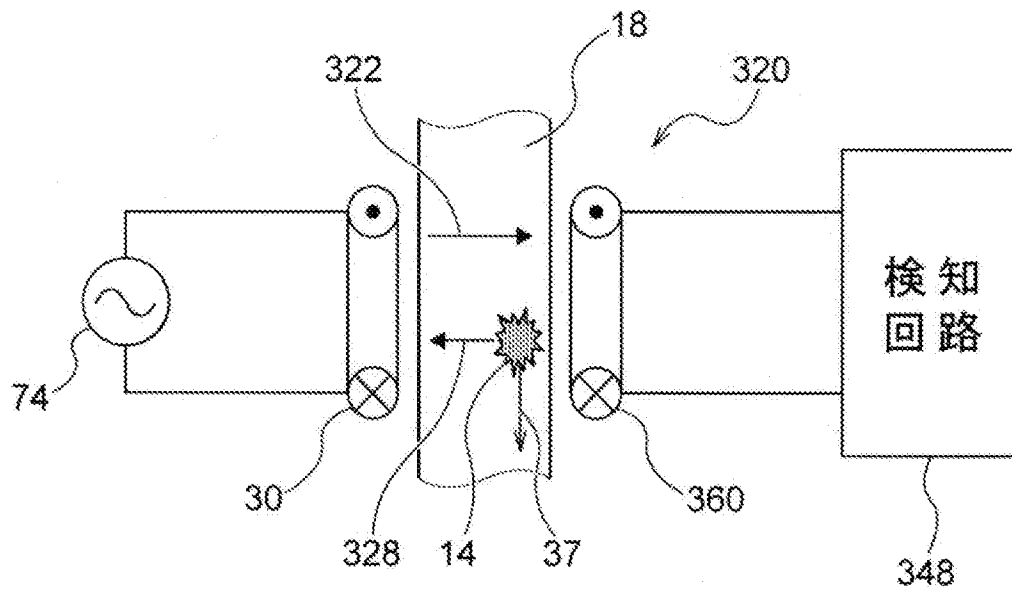
[図15]



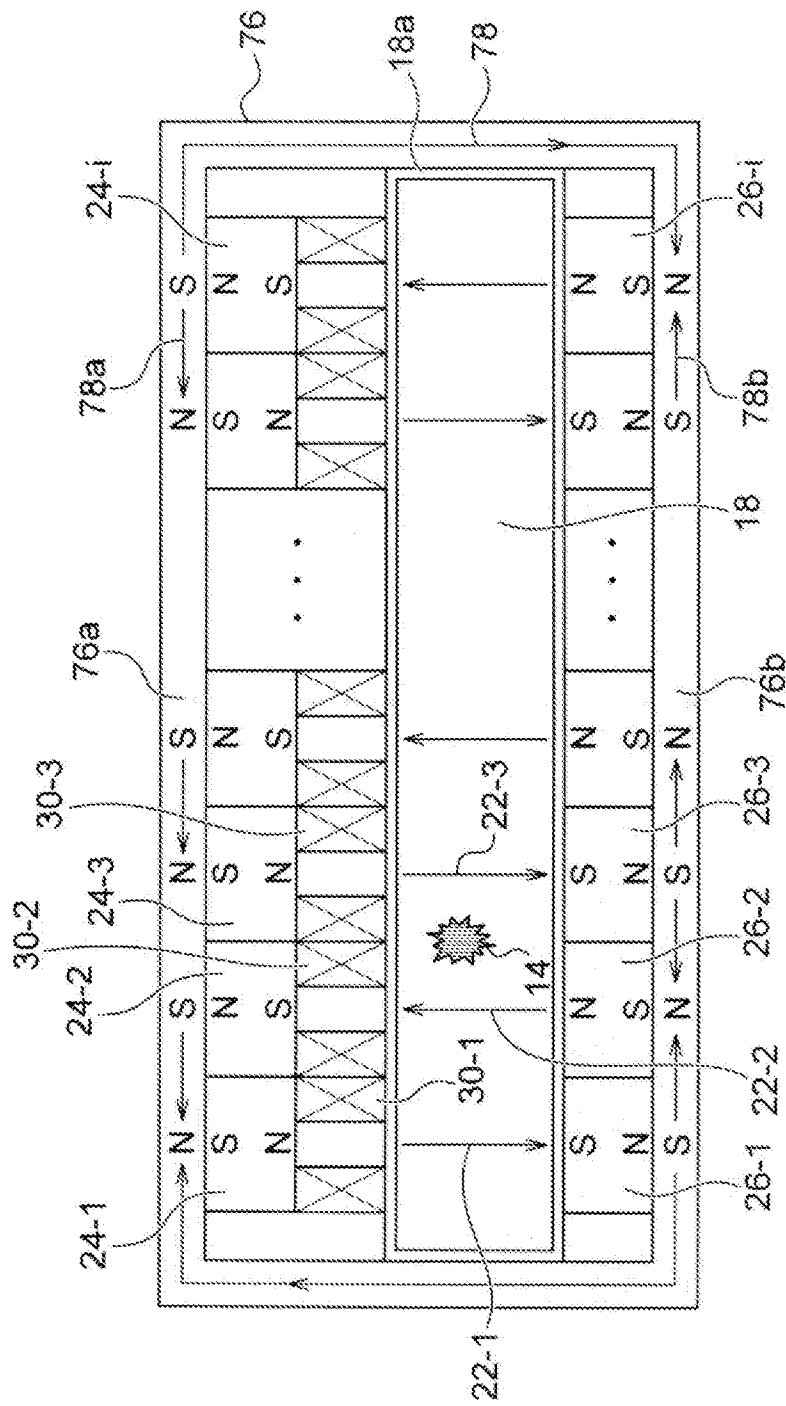
[図16]



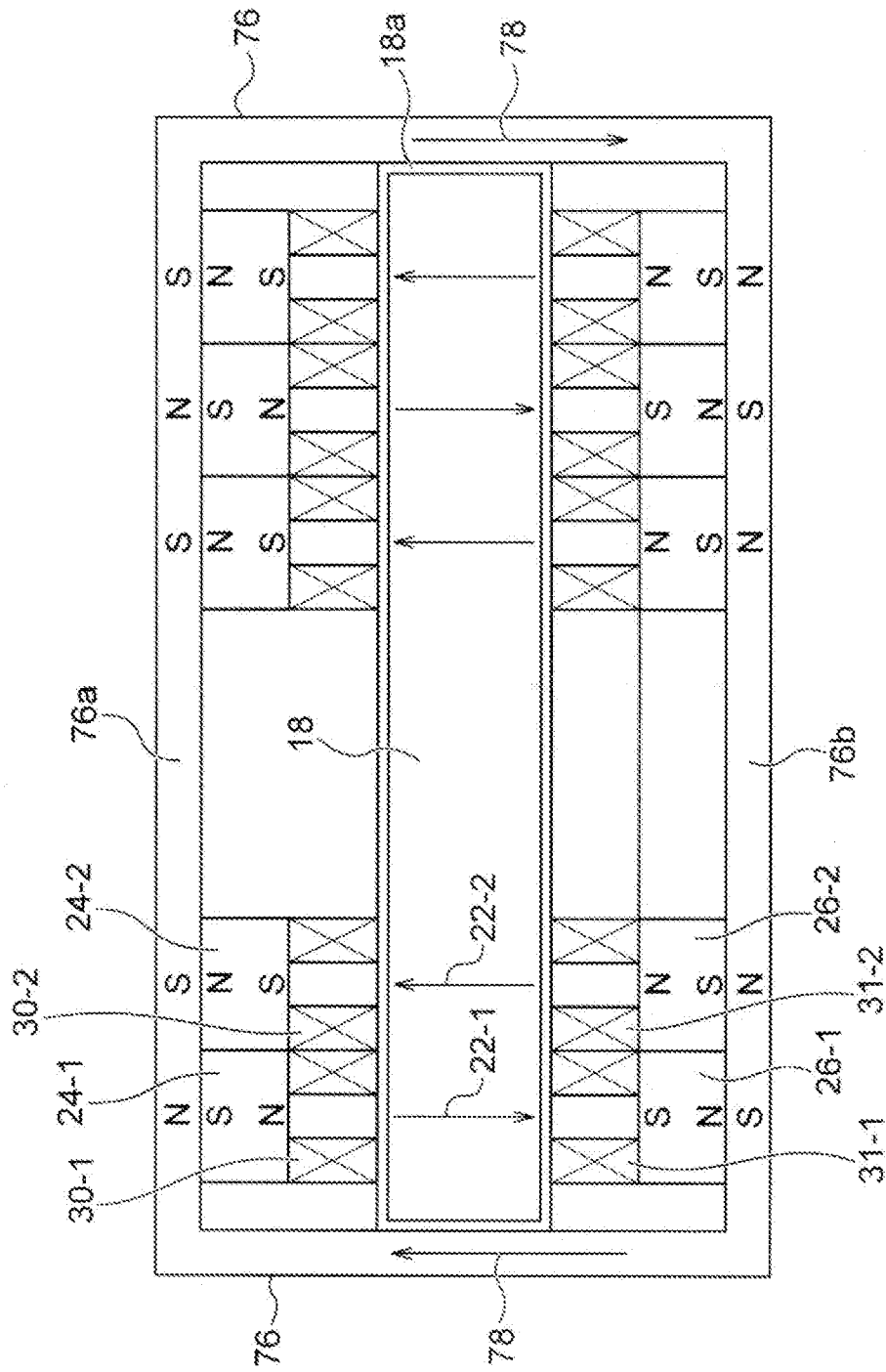
[図17]



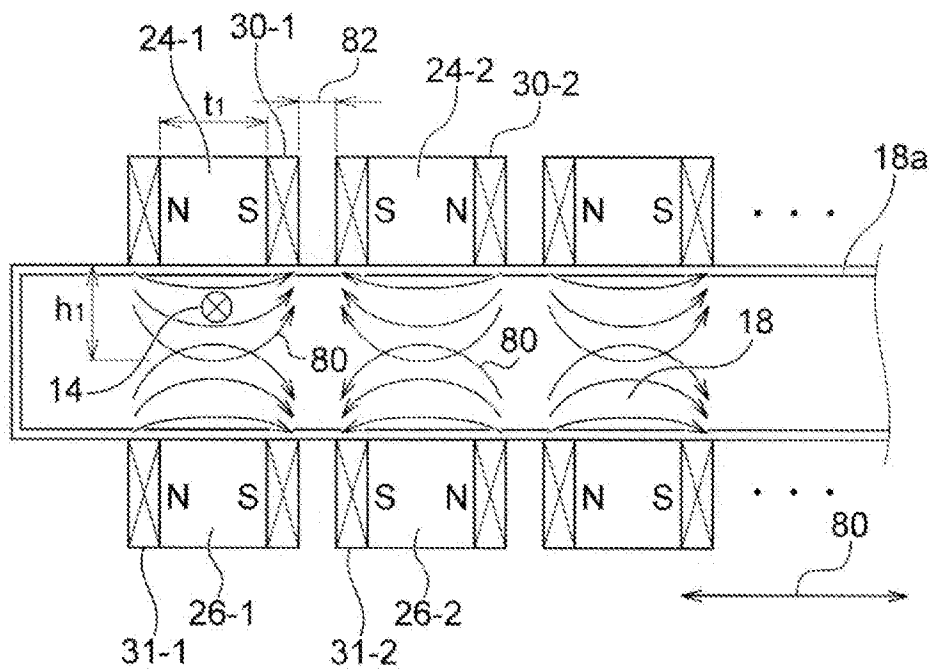
[図18]



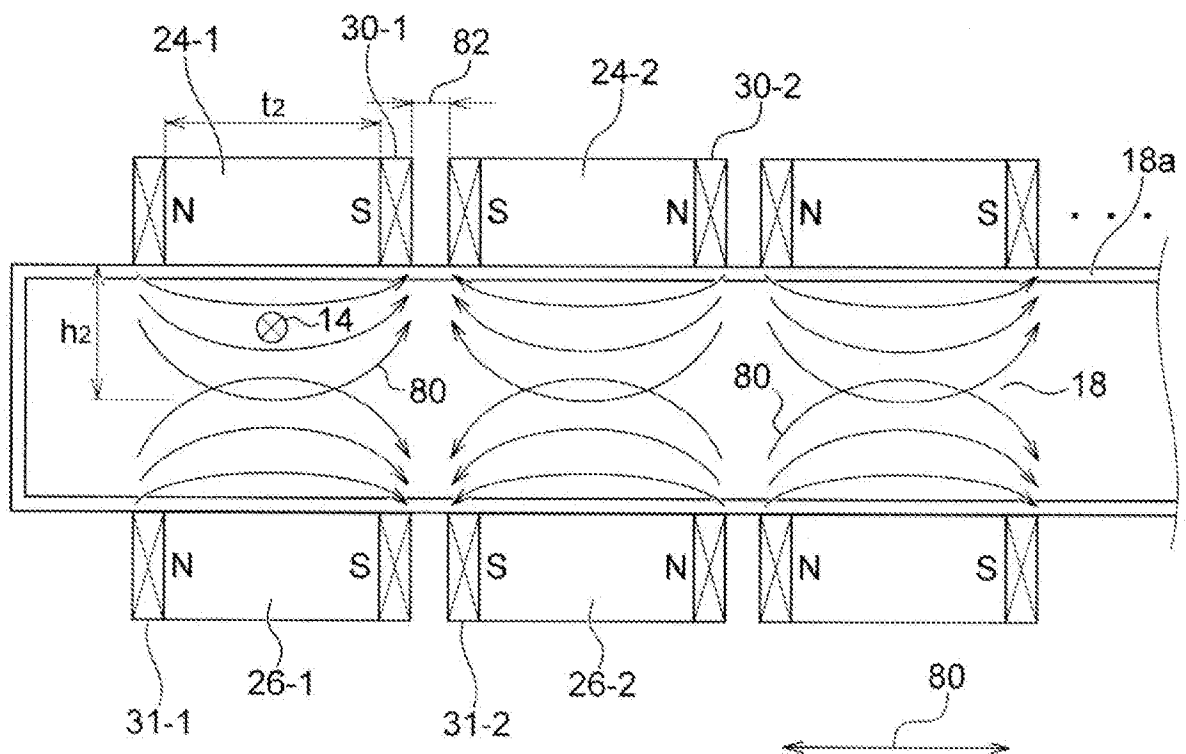
[図19]



[図21]

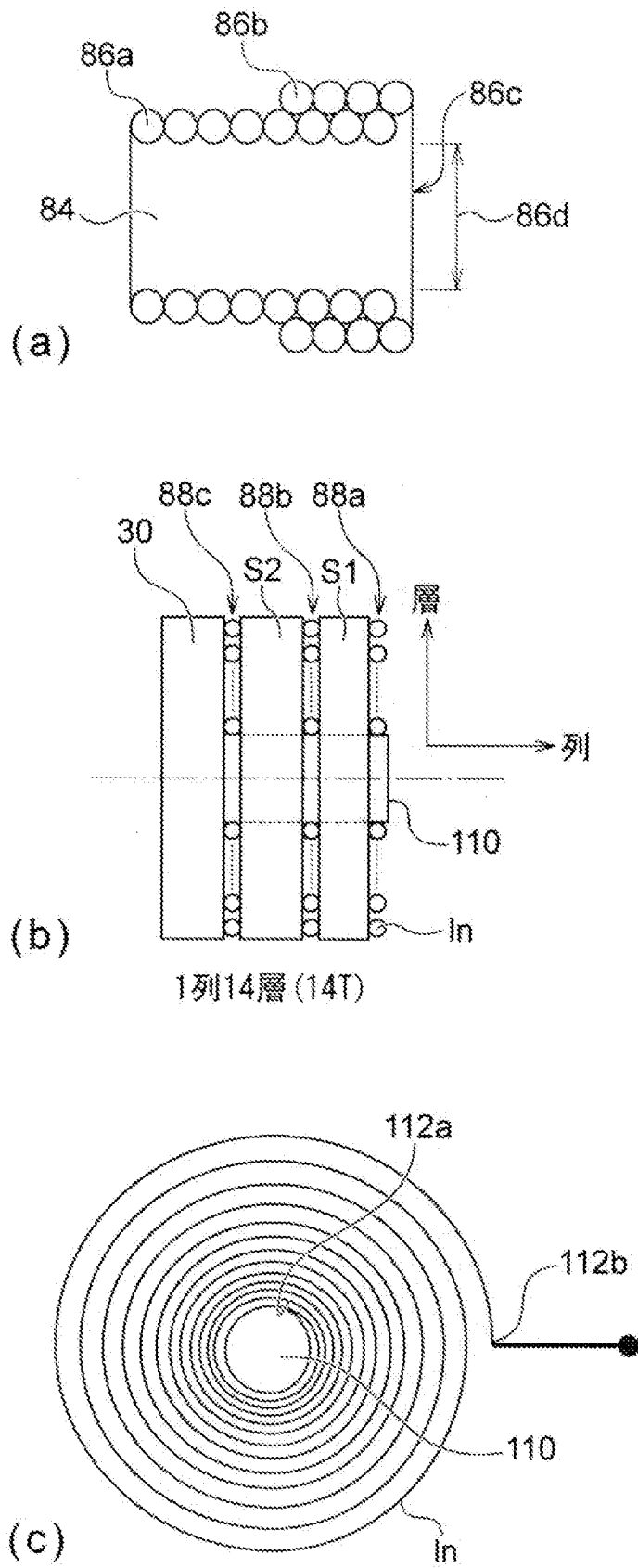


(a)

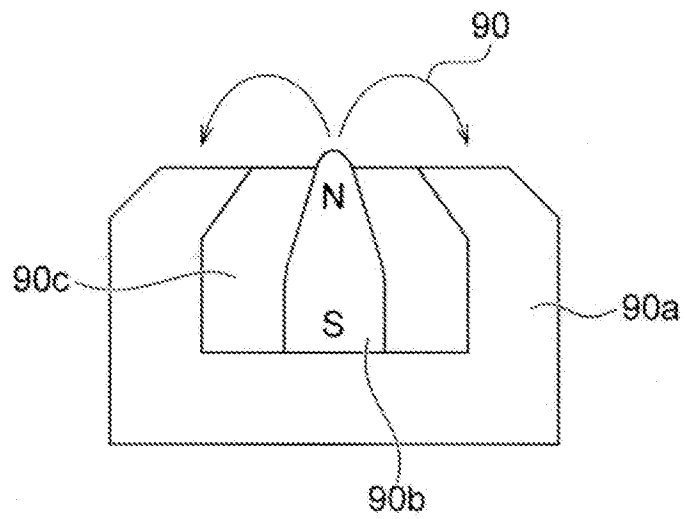


(b)

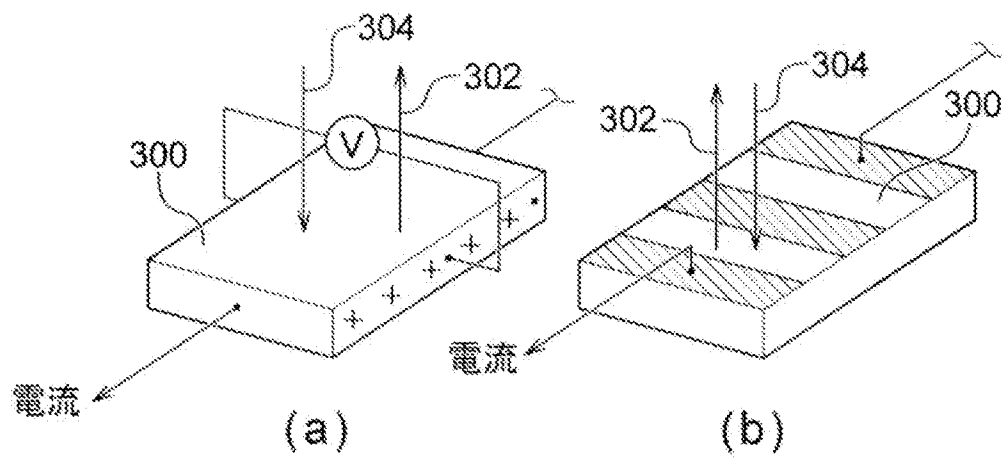
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/068619

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01V3/10(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01V3/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2-25789 A (Teijin Engineering Ltd.), 29 January 1990 (29.01.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-2, 4, 6-7, 10-11, 13 3, 5, 8-9, 12, 14, 19
Y	JP 2004-28708 A (Omron Corp.), 29 January 2004 (29.01.2004), paragraphs [0061] to [0063] (Family: none)	3
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 August 2016 (17.08.16)		Date of mailing of the international search report 30 August 2016 (30.08.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/068619

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 147835/1982 (Laid-open No. 52496/1984) (Kabushiki Kaisha Sanko Denshi Kenkyusho), 06 April 1984 (06.04.1984), specification, page 3, line 18 to page 5, line 12 (Family: none)	5, 8-9, 21-23, 27-28
Y	WO 2003/027659 A1 (Tok Engineering Co., Ltd.), 03 April 2003 (03.04.2003), Disclosure of the Invention; carrying-out mode 4 & US 2005/0206373 A1 DISCLOSURE OF THE INVENTION; Embodiment 4 & WO 2003/027659 A1 & EP 1429140 A1 & KR 10-0543992 B1 & CN 1476535 A	12
Y	JP 2004-264266 A (Yumiko KIM), 24 September 2004 (24.09.2004), paragraphs [0034], [0035] (Family: none)	14
X	JP 2015-59818 A (Toyota Motor Corp.), 30 March 2015 (30.03.2015), paragraphs [0013] to [0036] (Family: none)	1, 15-18
Y	JP 2014-228522 A (Anritsu Industrial Solutions Co., Ltd.), 08 December 2014 (08.12.2014), paragraph [0052] (Family: none)	19
X Y	JP 3-181879 A (Anritsu Corp.), 07 August 1991 (07.08.1991), page 2, lower right column, line 8 to page 3, lower right column, line 4 (Family: none)	20 21-28
Y	JP 2003-80107 A (Magnetic Japan Inc.), 18 March 2003 (18.03.2003), paragraph [0022] (Family: none)	24-28

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01V3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01V3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2-25789 A（帝人エンジニアリング株式会社）1990.01.29, 全文 全図（ファミリーなし）	1-2, 4, 6-7, 10 -11, 13
Y		3, 5, 8-9, 12, 1 4, 19
Y	JP 2004-28708 A（オムロン株式会社）2004.01.29, [0061] - [0063]（ファミリーなし）	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.08.2016

国際調査報告の発送日

30.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田中 秀直

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2 J

3409

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願57-147835号(日本国実用新案登録出願公開59-52496号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(株式会社サンコウ電子研究所) 1984.04.06, 明細書第3頁第18行-第5頁第12行(ファミリーなし)	5, 8-9, 21-23, 27-28
Y	WO 2003/027659 A1 (トック・エンジニアリング株式会社) 2003.04.03, [発明の開示]、[実施の形態4] & US 2005/0206373 A1 [DISCLOSURE OF THE INVENTION], [Embodiment 4] & WO 2003/027659 A1 & EP 1429140 A1 & KR 10-0543992 B1 & CN 1476535 A	12
Y	JP 2004-264266 A (キム ゆみ子) 2004.09.24, [0034]、[0035] (ファミリーなし)	14
X	JP 2015-59818 A (トヨタ自動車株式会社) 2015.03.30, [0013] - [0036] (ファミリーなし)	1, 15-18
Y	JP 2014-228522 A (アンリツ産機システム株式会社) 2014.12.08, [0052] (ファミリーなし)	19
X Y	JP 3-181879 A (アンリツ株式会社) 1991.08.07, 第2頁右下欄第8行-第3頁右下欄第4行(ファミリーなし)	20 21-28
Y	JP 2003-80107 A (株式会社マグネテックジャパン) 2003.03.18, [0022] (ファミリーなし)	24-28