

(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
2014年3月6日(06.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/034583 A1

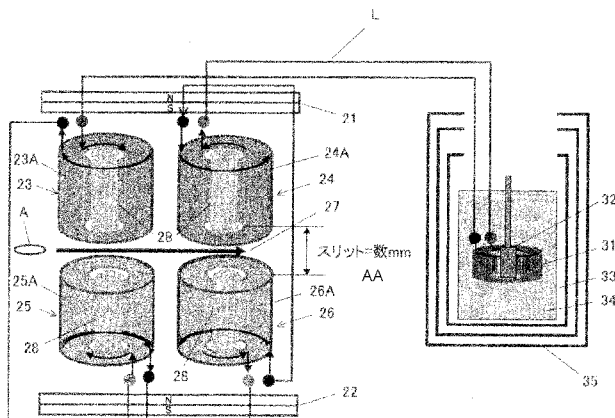
- (51) 国際特許分類:
G01N 27/72 (2006.01) G01V 3/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/072655
- (22) 国際出願日: 2013年8月26日(26.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-191751 2012年8月31日(31.08.2012) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人豊橋技術科学大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 田中 三郎(TANAKA Saburo); 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 国立大学法人豊橋技術科学大学内 Aichi (JP). 鈴木 周一(SUZUKI Shuichi); 〒4400825 愛知県豊橋市瓦町 1-2-9 番地 アドバンスフードテック株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 清水 守(SHIMIZU Mamoru); 〒1010053 東京都千代田区神田美土代町 1-1 番地 1-2 ニチヨビル 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, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS FOR DETECTING MINUTE MAGNETIC METAL FOREIGN BODIES

(54) 発明の名称: 微小磁性金属異物の検査装置

[図2]



AA Slit = several mm

(57) Abstract: Provided is an apparatus for detecting minute magnetic metal foreign bodies, said apparatus forming a static magnetic field with permanent magnets and detecting disruptions in the magnetic field caused by an object to be measured, i.e., a minute magnetic metal foreign body, so as to reliably measure the object with a magnetic sensor. The apparatus for detecting minute magnetic metal foreign bodies is equipped with: permanent magnets (21, 22) which are provided on opposite sides of a passage (27) for an object to be measured (A) and form a static magnetic field near the object (A); multiple detection coils (23, 24, 25, 26) which are provided between the permanent magnets (21, 22) and detect changes in the magnetic field caused by the object (A) moving through the passage (27); an input coil (31) which is connected to the multiple detection coils (23, 24, 25, 26); and a SQUID magnetic sensor (32) for detecting a signal from the input coil (31).

(57) 要約: 永久磁石で静磁場を形成して、被測定物である微小磁性金属異物によって乱された磁場を検出することによって被測定物を確実に磁気センサで計測することができる微小磁性金属異物の検査装置を提供する。微小磁性金属異物の検査装置において、被測定物(A)の通路(27)を挟んで両側に配置され、前記被測定物(A)近傍に静磁場を形成する永久磁石(21, 22)と、この永久磁石(21, 22)の間に配置されて、前記通路(27)を移動する被測定物(A)による磁場の変化を検出する複数の検出コイル(23, 24, 25, 26)と、この複数の検出コイル(23, 24, 25, 26)に接続される入力コイル(31)と、この入力コイル(31)からの信号を検出するSQUID磁気センサ(32)とを具備する。

2) の間に配置されて、前記通路(27)を移動する被測定物(A)による磁場の変化を検出する複数の検出コイル(23, 24, 25, 26)と、この複数の検出コイル(23, 24, 25, 26)に接続される入力コイル(31)と、この入力コイル(31)からの信号を検出するSQUID磁気センサ(32)とを具備する。

WO 2014/034583 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 微小磁性金属異物の検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、微小磁性金属異物の検査装置に係り、特にリチウム電池用セパレータや活物質が塗布された電極材や食品などの中に混入された微量磁性金属異物を磁氣的に検査する装置に関する。

背景技術

[0002] 上記した微小磁性金属異物の検査装置では、異物の残留磁化を計測するので、SQUID磁気センサを用い、計測前に強力な磁石で金属異物を磁化させる必要がある。この装置では検出信号を大きくするために、0.2テスラ以上の磁場を加えて磁化することが多いが、対象とする異物の大きさが10ミクロン程度と小さくなると、さらに大きな磁場が必要となる。従来の微小磁性金属異物の検査装置では、永久磁石で磁化して、磁気シールドでシールドされた中に配置されたSQUID磁気センサで計測することが多い。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-237081号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本願発明者らは、既に、母材としての粉体材料の磁化を行い、その後、その磁化を打ち消すことにより、背景ノイズを低減し、粉体材料中の磁性異物の検出を的確に行うことができるようにした粉体材料中の磁性異物の検査装置（上記特許文献1参照）を提案している。

[0005] しかしながら、上記したような従来の検査装置では、異物が小さくなると、自己磁場によって減磁する作用が働くので、せっかく永久磁石で磁化してもSQUID磁気センサで計測する時には磁化が小さくなっていることが問題となる。

[0006] 本発明は、上記状況に鑑みて、永久磁石で静磁場を形成して、被測定物である微小磁性金属異物によって乱された磁場を検出することによって被測定物を確実に磁気センサで計測することができる微小磁性金属異物の検査装置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

[0007] 本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕微小磁性金属異物の検査装置において、被測定物の通路を挟んで両側に配置され、前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石と、この永久磁石の間に配置されて、前記通路を移動する被測定物による磁場の変化を検出する複数の検出コイルと、この複数の検出コイルに接続される入力コイルと、この入力コイルからの信号を検出する磁気センサとを具備することを特徴とする。

[0008] 〔2〕上記〔1〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは右巻検出コイルと左巻検出コイルからなり、この右巻検出コイルと左巻検出コイルとを直列接続して差動型検出コイルを構成することを特徴とする。

[0009] 〔3〕上記〔1〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは同じ方向巻きの検出コイルからなることを特徴とする。

[0010] 〔4〕上記〔2〕又は〔3〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に沿って配置することを特徴とする。

[0011] 〔5〕上記〔2〕又は〔3〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に対向するように配置することを特徴とする。

[0012] 〔6〕上記〔1〕又は〔2〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは、前記被測定物の通路に沿って配置される上部の第1の検出コイルと上部の第2の検出コイルと、下部の第3の検出コイルと下部の第4の検出コイルとからなり、かつ前記上部の第1の検出コイルと前

記下部の第3の検出コイル及び前記上部の第2の検出コイルと前記下部の第4の検出コイルとが前記被測定物の通路を挟んで互いに対向するように配置することを特徴とする。

[0013] [7] 上記〔1〕から〔6〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記検出コイルのコアに磁性体コアを具備することを特徴とする。

[0014] [8] 被測定物の通路を挟んで配置されて、この通路を移動する被測定物による磁場の変化を検出する複数の検出コイルと、この複数の検出コイルのコアに配置され、前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石からなる磁性体コアと、前記複数の検出コイルに接続される入力コイルと、この入力コイルからの信号を検出する磁気センサとを具備することを特徴とする。

[0015] [9] 上記〔8〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に対向するように配置することを特徴とする。

[0016] [10] 上記〔8〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは、前記被測定物の通路に沿って配置される上部の第1の検出コイルと上部の第2の検出コイルと、下部の第3の検出コイルと下部の第4の検出コイルからなり、かつ前記上部の第1の検出コイルと前記下部の第3の検出コイル及び前記上部の第2の検出コイルと前記下部の第4の検出コイルとが前記被測定物の通路を挟んで互いに対向するように配置することを特徴とする。

[0017] [11] 上記〔1〕から〔10〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記被測定物の通路が被測定物が含まれるシートが通過できるスリットであることを特徴とする。

[0018] [12] 上記〔1〕から〔10〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記被測定物の通路が流体検査用配管からなり、この流体検査用配管内に被測定物を含む液体や気体や固形物や粉体あるいはそれらの混合体を通過させることを特徴とする。

- [0019] [13] 上記〔1〕から〔12〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサが超高感度 S Q U I D 磁気センサであることを特徴とする。
- [0020] [14] 上記〔1〕から〔12〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサがフラックスゲートセンサであることを特徴とする。
- [0021] [15] 上記〔1〕から〔12〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサが M I 効果素子であることを特徴とする。
- [0022] [16] 上記〔1〕から〔15〕の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記微小磁性金属異物の検査装置を前記被測定物の通路を除いてヨークで覆うようにしたことを特徴とする。
- [0023] [17] 上記〔16〕記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記ヨークの内側に対に配置される前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石とコイル固定樹脂ブロックと、このコイル固定樹脂ブロックにより固定される検出コイルとを具備するようにしたことを特徴とする。

発明の効果

- [0024] 本発明によれば、コンパクトに配置された永久磁石、複数の検出コイル、被測定物の通路とを備えており、高感度かつ低コストで異物を検出することで、例えば、L i i オン電池や食品内の微小金属異物検査を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の第1実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の全体模式図である。
- [図2]本発明の第2実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の全体模式図である。
- [図3]本発明の第3実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の検出部の模式図である。

[図4]比較例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定した場合の信号波形を示す図である。

[図5]具体例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定した場合の信号波形を示す図である。

[図6]本発明の第4実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[図7]本発明の第5実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[図8]本発明の第6実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[図9]具体例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定した場合の信号波形を示す図である。

[図10]本発明の第7実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[図11]本発明の第8実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明の微小磁性金属異物の検査装置は、被測定物の通路を挟んで両側に配置され、前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石と、この永久磁石の間に配置されて、前記通路を移動する被測定物による磁場の変化を検出する複数の検出コイルと、この複数の検出コイルに接続される入力コイルと、この入力コイルからの信号を検出する磁気センサとを具備する。

実施例

[0027] 図1は本発明の第1実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の全体模式図である。

[0028] この図において、1は被測定物A近傍に静磁場を形成する上部永久磁石、2は被測定物A近傍に静磁場を形成する下部永久磁石、3は右巻コイル3Aを有する第1の検出コイル、4は左巻コイル4Aを有する第2の検出コイル

であり、この第1の検出コイル3と第2の検出コイル4との直列接続により差動型検出コイルが構成されている。5は第1の検出コイル3、第2の検出コイル4と下部永久磁石2との間のシート状の被測定物Aが通過するスリット（通路）、6は第1の検出コイル3と第2の検出コイル4とが直列に配線された接続線Lが接続される入力コイル、7は入力コイル6の空芯部に配置されるSQUID磁気センサ、8は液体窒素容器（クライオスタット）、9は液体窒素、10は多層磁気シールドである。なお、スリット5の幅は、シート状の被測定物Aが通過できる程度、例えば数mm程度あればよいものとする。

[0029] 本発明の微小磁性金属異物の検査装置は、上述の通り磁束トランスを用いており、この磁束トランスは巻き数が同じで巻き方向が逆になった一対のコイル3A、4Aからなる差動型検出コイル3、4と、その磁束をSQUID磁気センサ7に磁氣的に結合して入力する入力コイル6とから構成されている。このように構成することで、差動型検出コイル3、4に均一な静磁場が印加されているときには、磁束トランスに電流は流れず、入力コイル6に信号は発生しないが、磁化された微小磁性金属異物（被測定物A）がある速度を持って通路5を通過すると、永久磁石1、2により形成された静磁場が乱され、一対の右巻コイル3Aと左巻コイル4Aのバランスが崩れて磁束トランスに電流が流れる。その電流の大きさは磁束の時間変化に比例した大きさとなる。

[0030] 差動型検出コイル3、4の信号（電流）は、トランスで伝達され、磁気遮蔽率が十分高い多層磁気シールド10内部の液体窒素容器8内に設置したSQUID磁気センサ7に磁氣的に結合した入力コイル6に伝達される。微小磁性金属異物が混入していない場合、差動型検出コイル3、4には電流が流れないのでSQUID磁気センサ7は信号を検出しないが、微小磁性金属異物が被測定物Aに含まれている場合、永久磁石1、2により形成された静磁場が微小磁性金属異物により乱され、差動型検出コイル3、4のバランスが崩れるので電流が流れ、SQUID磁気センサ7で信号が計測される。

[0031] このように、この実施例では、コンパクトな微小磁性金属異物の検査装置を構成することができる。また、第1の検出コイル3と第2の検出コイル4とは環境ノイズをキャンセルできる差動型としており、高感度に微小磁性金属異物を検出することができる。

[0032] 図2は本発明の第2実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の全体模式図である。

[0033] この図において、21は被測定物A近傍に静磁場を形成する上部永久磁石、22は被測定物A近傍に静磁場を形成する下部永久磁石、23は上部左側に配置される右巻コイル23Aを有する第1の検出コイル、24は上部右側に配置される左巻コイル24Aを有する第2の検出コイル、25は下部左側に配置される右巻コイル25Aを有する第3の検出コイル、26は下部右側に配置される左巻コイル26Aを有する第4の検出コイルであり、第1の検出コイル23と第3の検出コイル25と第4の検出コイル26と第2の検出コイル24との直列接続により、差動型検出コイルが構成されている。27は第1の検出コイル23、第2の検出コイル24と、第3の検出コイル25、第4の検出コイル26との間のシート状の被測定物Aが通過するスリット（通路）、31は差動型検出コイルと直列に配線された接続線Lが接続される入力コイル、32は入力コイル31の空芯部に配置されるSQUID磁気センサ、33は液体窒素容器（クライオスタット）、34は液体窒素、35は多層磁気シールドである。

[0034] 差動型検出コイルと入力コイル31で構成される磁束トランスを用いることは図1と変わらないが、検出コイルを第1の検出コイル23と第2の検出コイル24と第3の検出コイル25と第4の検出コイル26の4つに分割して、第1の検出コイル23、第2の検出コイル24と第3の検出コイル25、第4の検出コイル26の間のスリット（通路）27をシート状の被測定物Aが通過するように構成する。そして、4つの検出コイル23、24、25、26内にそれぞれ磁性体コア28を入れて被測定物Aの変化磁束がコイルに鎖交しやすくなるようにし、感度の増大を図るようにしている。

- [0035] このように構成することにより、（１）被測定物 A の表裏を挟む形で４つのコイルを配置することで S/N が改善される。（２）コイル内に磁性体コアを用いることで磁束が集められてコイルに鎖交するので、信号が大きくなり、S/N が改善される。上下の永久磁石 21, 22 の磁束密度および磁性体コア 28 材料は信号が最大となるように選択される。
- [0036] 図 3 は本発明の第 3 実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の検出部の模式図であり、より具体的な検出部分の構成を示している。
- [0037] この図において、41 は被測定物 A 近傍に静磁場を形成する上部永久磁石、42 は被測定物 A 近傍に静磁場を形成する下部永久磁石、43 は上部のコイル固定樹脂ブロック、44 は下部のコイル固定樹脂ブロック、45 は上部のコイル固定樹脂ブロック 43 に固定される 2 個の上部コイル、46 は下部のコイル固定樹脂ブロック 44 に固定される 2 個の下部コイル、47 は 2 個の上部コイル 45 と 2 個の下部コイル 46 のそれぞれに配置される磁性体コア、48 は上部のヨーク、49 は下部のヨーク、50 は上部のヨーク 48 と下部のヨーク 49 の間及び 2 個の上部コイル 45 と 2 個の下部コイル 46 の間のシート状の被測定物 A が通過するスリット（通路）である。
- [0038] このように、上下の永久磁石 41, 42 はヨーク 48, 49 で連結されており、これによって、検出部における漏洩磁束を減らすことができる。また、被測定物 A が通過するスリット（通路）50 のみを残して囲むことで、音響的なノイズの侵入を防止して、S/N を改善することが出来る。上下の永久磁石 41, 42 の磁束密度および磁性体コア 47 材料は信号が最大となるように選択される。
- [0039] 特に、ヨーク 48, 49 の配置により、環境磁場に強くなる利点がある。また、このようなヨークを用いる構成は、上記した第 1、第 2 実施例にも、後述する実施例にも適用可能である。
- [0040] なお、後述する実施例に示すように、上記したより大きく高価な静磁場を形成する永久磁石 1, 2, 21, 22, 41, 42 に代えて検出コイル内部のコアに静磁場を形成する永久磁石を配置するようにしてもよい。

〔比較例 1〕

図 4 は本発明との比較例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定した場合の信号波形を示す図である。

[0041] $\phi 0.2$ mm の金属球を用意して、比較例として第 2 実施例から磁性体コアを除いた検査装置で、差動型検出コイル（300 回巻）の間のスリットを移動させて信号を測定した。スリット中央での磁束密度を 150 mT、アンプ増幅率を 10 倍とし、ローパスフィルタは 120 Hz とした。測定の結果、磁束変化が十分にコイルに鎖交しなかったため、信号は小さく S/N は 40 程度であった。

〔具体例 1〕

図 5 は本発明の具体例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定した場合の信号波形を示す図である。

[0042] 一方、同じ $\phi 0.2$ mm の金属球を用いて、第 2 実施例の検査装置で磁性体コア（ $\phi 9.5 \times L 14$ の鉄芯）を入れた差動型検出コイル（300 回巻）の間のスリットを移動させて信号を測定した。同様にスリット中央での磁束密度を 150 mT、アンプ増幅率を 10 倍とし、ローパスフィルタは 120 Hz とした。測定の結果、信号は極めて大きく、S/N は 180 以上で本発明の有効性が示された。

[0043] 本発明によれば、更に以下のような種々の実施態様を提案することができる。

[0044] 図 6 は本発明の第 4 実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[0045] この実施例は、第 2 実施例の微小磁性金属異物の検査装置の変形例を示したものであり、第 2 実施例の左巻コイルを無くしたものである。

[0046] この図において、51 は被測定物 A 近傍に静磁場を形成する上部永久磁石、52 は被測定物 A 近傍に静磁場を形成する下部永久磁石、53 は右巻コイル 53A を有する上部の検出コイル、54 は右巻コイル 54A を有する下部の検出コイルであり、上部の検出コイル 53 には磁性体コア 53B が、下部

の検出コイル54には磁性体コア54Bがそれぞれ配置されている。また、上部の検出コイル53と下部の検出コイル54との対向面にはシート状の被測定物Aが通過できるスリット（通路）55が構成されている。上部の検出コイル53と下部の検出コイル54とは、どちらも右巻きであるため差動接続とはなっていない。また、56は上部の検出コイル53と下部の検出コイル54とが直列に配線された接続線Lが接続される入力コイル、57は入力コイル56の空芯部に配置されるSQUID磁気センサ、58は液体窒素容器（クライオスタット）、59は液体窒素、60は多層磁気シールドである。

[0047] この実施例では、特に、検出コイルの内部に磁性体コアを設けることにより、検出コイルを差動巻きとしなくとも環境磁場にはそれほど影響されず、良好な計測感度を実現できる。また、よりコンパクトな構成とすることができる。

[0048] 図7は本発明の第5実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[0049] この図において、61は被測定物A近傍に静磁場を形成する上部永久磁石、62は被測定物A近傍に静磁場を形成する下部永久磁石、63は右巻コイル63Aを有する上部の検出コイル、64は右巻コイル64Aを有する下部の検出コイルであり、上部の検出コイル63には磁性体コア63Bが、下部の検出コイル64には磁性体コア64Bがそれぞれ配置されている。また、上部の検出コイル63と下部の検出コイル64との対向面には流体検査用配管65が配置され、流体検査用配管65内を被測定物Aが通過できるように構成されている。上部の検出コイル63と下部の検出コイル64とは、どちらも右巻きであるため差動接続とはなっていない。また、66は上部の検出コイル63と下部の検出コイル64とが直列に配線された接続線Lが接続される入力コイル、67は入力コイル66の空芯部に配置されるSQUID磁気センサ、68は液体窒素容器（クライオスタット）、69は液体窒素、70は多層磁気シールドである。

- [0050] この実施例では、流体検査用配管 6 5 を配置し、その配管内に被測定物 A を含む液体や気体や固形物や粉体あるいはそれらの混合体を通過させて、検査するようにしている。
- [0051] また、検出コイルのコアが空芯の検出コイルでは感度が低いので、磁性体コアを挿入することにより感度を高めることができる。
- [0052] 更に、被測定物の通路を挟んで両側に配置された静磁場を形成する永久磁石を取り除いて、その代わりに磁性体コアを永久磁石として構成したものについて、以下詳細に説明する。
- [0053] 図 8 は本発明の第 6 実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置模式図である。
- [0054] この図において、7 1 は右巻コイル 7 1 A を有する上部の検出コイル、7 1 B は上部の検出コイル 7 1 のコアとして配置される永久磁石、7 2 は右巻コイル 7 2 A を有する下部の検出コイル、7 2 B は下部の検出コイル 7 2 のコアとして配置される永久磁石、7 5 は上部の検出コイル 7 1 と下部の検出コイル 7 2 の対向面に配置される流体検査用配管、この流体検査用配管 7 5 内には被測定物 A を含む液体や気体や固形物や粉体あるいはそれらの混合体を移動させて検査する。上部の検出コイル 7 1 と下部の検出コイル 7 2 とは、どちらも右巻きであるため差動接続とはなっていない。また、上部の検出コイル 7 1 と下部の検出コイル 7 2 とのコアには永久磁石 7 1 B と 7 2 B が配置され、液体検査用配管 7 5 内の被測定物 A 近傍に静磁場を形成する。
- [0055] また、7 6 は上部の検出コイル 7 1 と下部の検出コイル 7 2 が直列に配線された接続線 L が接続される入力コイル、7 7 は入力コイル 7 6 の空芯部に配置される S Q U I D 磁気センサ、7 8 は液体窒素容器（クライオスタット）、7 9 は液体窒素、8 0 は多層磁気シールドである。
- [0056] この実施例では、検出コイル 7 1、7 2 内の磁性体コアを永久磁石 7 1 B、7 2 B に置き換えたので、他の実施例で用いていた大きく高価な上部及び下部の永久磁石は不要となる。
- [0057] 図 9 は本発明の具体例としての微小磁性金属異物の検査装置により測定し

た場合の信号波形を示す図である。

[0058] $\phi 0.5$ mmの金属球を用いて、第6実施例の検査装置で、コアとしての永久磁石71B、72B ($\phi 40$ mm $\times 20$ mm)を入れた検出コイル(450回巻 $\times 2$)の間の流体検査用配管75 (41 mm)の中を移動させて信号を測定した。なお、この測定例においては、第6実施例のSQUID磁気センサ77に替えてフラックスゲートセンサを使用して測定を行った。流体検査用配管75中央での磁束密度は180 mT、アンプ増幅率は10倍とし、ローパスフィルタは20 Hzとした。測定の結果、信号は極めて大きく、S/Nは100以上であった。

[0059] 図10は本発明の第7実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置模式図である。

[0060] この図において、81は右巻コイル81Aを有する上部の検出コイル、81Bは上部の検出コイル81のコアとして配置される永久磁石、82は右巻コイル82Aを有する下部の検出コイル、82Bは下部の検出コイル82のコアとして配置される永久磁石、85は上部の検出コイル81と下部の検出コイル82の間のシート状の被測定物Aが通るスリット(通路)、また、上部の検出コイル81と下部の検出コイル82との対向面には被測定物Aが通過できるようにスリット(通路)85が構成されている。上部の検出コイル81と下部の検出コイル82とは、どちらも右巻きであるため差動接続とはなっていない。また、上部の検出コイル81と下部の検出コイル82とのコアには永久磁石81Aと82Bが配置され、被測定物A近傍に静磁場を形成する。

[0061] また、86は上部の検出コイル81と下部の検出コイル82が直列に配線された接続線Lが接続される入力コイル、87は入力コイル86の空芯部に配置されるSQUID磁気センサ、88は液体窒素容器(クライオスタット)、89は液体窒素、90は多層磁気シールドである。

[0062] この実施例でも、各検出コイル内の磁性体コアを永久磁石に置き換えたので、他の実施例で用いていた大きく高価な上部及び下部の永久磁石は不要と

なる。

[0063] 図 1 1 は本発明の第 8 実施例を示す微小磁性金属異物の検査装置の模式図である。

[0064] この図において、9 1 は上部左側に配置される右巻コイル 9 1 A を有する第 1 の検出コイル、9 1 B は第 1 の検出コイル 9 1 のコアとして配置される永久磁石、9 2 は上部右側に配置される左巻コイル 9 2 A を有する第 2 の検出コイル、9 2 B は第 2 の検出コイル 9 2 のコアとして配置される永久磁石、9 3 は下部左側に配置される右巻コイル 9 3 A を有する第 3 の検出コイル、9 3 B は第 3 の検出コイル 9 3 のコアとして配置される永久磁石、9 4 は下部右側に配置される左巻コイル 9 4 A を有する第 4 の検出コイル、9 4 B は第 4 の検出コイル 9 4 のコアとして配置される永久磁石であり、第 1 の検出コイル 9 1 と第 3 の検出コイル 9 3 と第 4 の検出コイル 9 4 と第 2 の検出コイル 9 2 との直列接続により差動型検出コイルが構成されている。第 1 の検出コイル 9 1、第 2 の検出コイル 9 2 と、第 3 の検出コイル 9 3、第 4 の検出コイル 9 4 との間にシート状の被測定物 A が通過するスリット（通路）9 5 が設けられる。また、第 1 の検出コイル 9 1、第 2 の検出コイル 9 2、第 3 の検出コイル 9 3、第 4 の検出コイル 9 4 それぞれのコアに配置される永久磁石 9 1 B、9 2 B、9 3 B、9 4 B により被測定物 A 近傍に静磁場を形成する。また、1 0 1 は差動型検出コイルの接続線 L が接続される入力コイル、1 0 2 は入力コイル 1 0 1 のコア部に配置される S Q U I D 磁気センサ、1 0 3 は液体窒素容器（クライオスタット）、1 0 4 は液体窒素、1 0 5 は多層磁気シールドである。

[0065] この実施例は、検出コイルを環境ノイズをキャンセルできる差動型としておりここでも他の実施例を用いていた大きく高価な上部及び下部の永久磁石は不要となる。また、この場合にもヨークを備えた方がより環境磁場に強くなる。

[0066] 上記実施例では、入力コイルから得られる被測定物 A の磁束は超高感度 S Q U I D センサにより検出するようにしたが、これに代えて、室温動作のフ

ラックスゲートセンサ (flux gate sensor: FGセンサ) を用いるようにしてもよい。

[0067] さらに、SQUID磁気センサに代えて、MI効果素子 (磁気インピーダンス効果素子) (例えば、特開平7-181239号公報、特開平9-80133号公報参照) を用いるようにしてもよい。つまり、MI効果素子は、ホール素子や磁気抵抗 (MR) 素子と同程度の微小寸法とすることが可能で、磁気検出効果がホール素子や磁気抵抗 (MR) 素子の100倍以上であり、フラックスゲートセンサと同程度であるため、本発明の磁気センサとして利用することができる。

[0068] このように、超高感度SQUID磁気センサに代えて、フラックスゲートセンサやMI効果素子を用いる場合には、SQUID磁気センサに比して取り付けが簡単であるとともに、磁気センサの大幅なコスト低減を図ることができる。

[0069] 上記した通り、本発明によれば、永久磁石と検出コイルを組み合わせ、高感度かつ低コストで異物を検出することで、例えば、Liイオン電池内の微小金属異物検査を行うことができる。

[0070] なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

産業上の利用可能性

[0071] 本発明の微小磁性金属異物の検査装置は、永久磁石で静磁場を形成して、被測定物である微小磁性金属異物によって乱された磁場を検出することによって被測定物を確実に磁気センサで計測することができる微小磁性金属異物の検査装置として利用可能である。

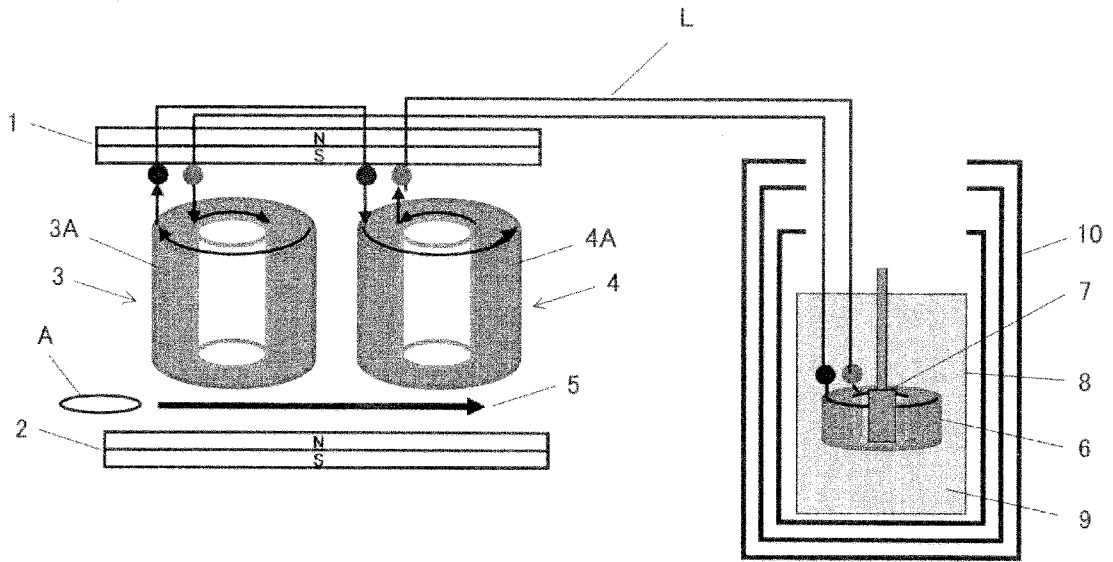
請求の範囲

- [請求項1] 被測定物の通路を挟んで両側に配置され、前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石と、該永久磁石の間に配置されて、前記通路を移動する被測定物による磁場の変化を検出する複数の検出コイルと、該複数の検出コイルに接続される入力コイルと、該入力コイルからの信号を検出する磁気センサとを具備することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項2] 請求項1記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは右巻検出コイルと左巻検出コイルからなり、該右巻検出コイルと左巻検出コイルとを直列接続して差動型検出コイルを構成することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項3] 請求項1記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは同じ方向巻きの検出コイルからなることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項4] 請求項2又は3記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に沿って配置することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項5] 請求項2又は3記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に対向するように配置することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項6] 請求項1又は2記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは、前記被測定物の通路に沿って配置される上部の第1の検出コイルと上部の第2の検出コイルと、下部の第3の検出コイルと下部の第4の検出コイルとからなり、かつ前記上部の第1の検出コイルと前記下部の第3の検出コイル及び前記上部の第2の検出コイルと前記下部の第4の検出コイルとが前記被測定物の通路を挟んで互いに対向するように配置することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。

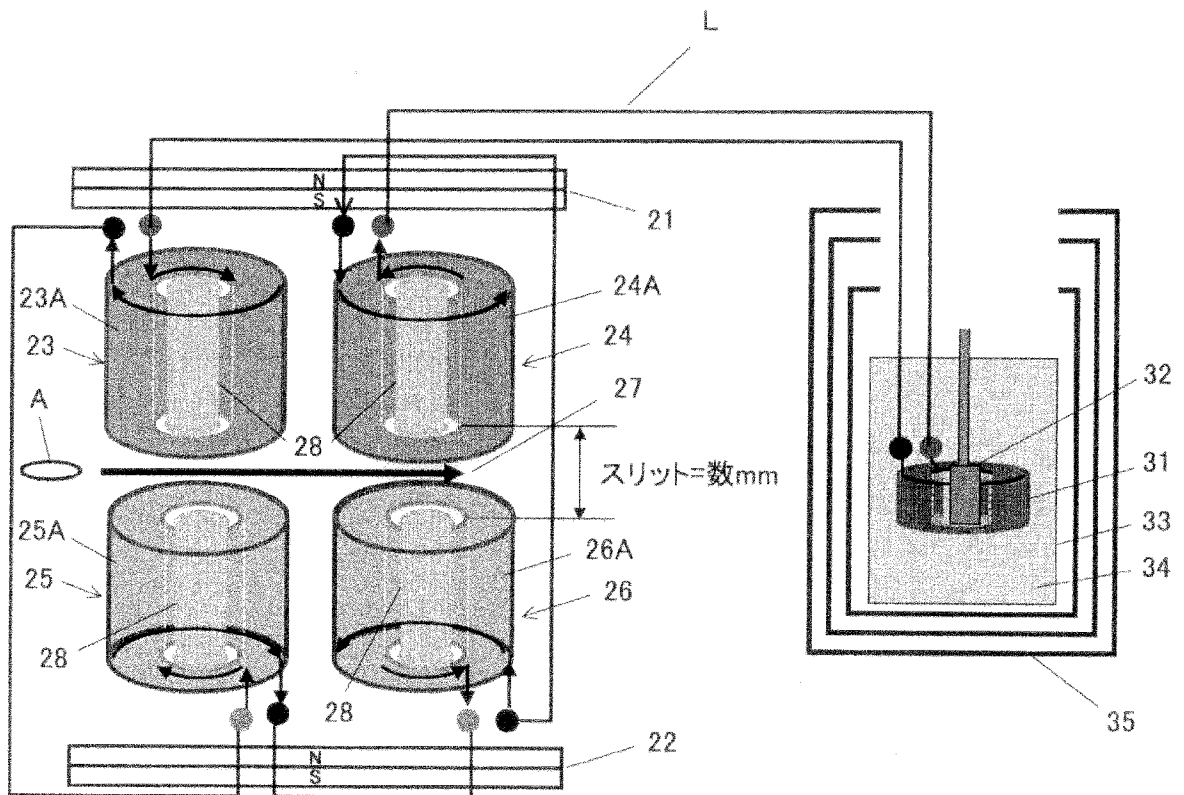
- [請求項7] 請求項1から6の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記検出コイルのコアに磁性体コアを具備することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項8] 被測定物の通路を挟んで配置されて、該通路を移動する被測定物による磁場の変化を検出する複数の検出コイルと、該複数の検出コイルのコアに配置され、前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石からなる磁性体コアと、前記複数の検出コイルに接続される入力コイルと、該入力コイルからの信号を検出する磁気センサとを具備することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項9] 請求項8記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルを前記被測定物の通路に対向するように配置することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項10] 請求項8記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記複数の検出コイルは、前記被測定物の通路に沿って配置される上部の第1の検出コイルと上部の第2の検出コイルと、下部の第3の検出コイルと下部の第4の検出コイルからなり、かつ前記上部の第1の検出コイルと前記下部の第3の検出コイル及び前記上部の第2の検出コイルと前記下部の第4の検出コイルとが前記被測定物の通路を挟んで互いに対向するように配置することを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項11] 請求項1から10の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記被測定物の通路が被測定物が含まれるシートが通過できるスリットであることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項12] 請求項1から10の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記被測定物の通路が流体検査用配管からなり、該流体検査用配管内に被測定物を含む液体や気体や固形物や粉体あるいはそれらの混合体を通過させることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。

- [請求項13] 請求項1から12の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサが超高感度SQUID磁気センサであることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項14] 請求項1から12の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサがフラックスゲートセンサであることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項15] 請求項1から12の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記磁気センサがMI効果素子であることを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項16] 請求項1から15の何れか一項記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記微小磁性金属異物の検査装置を前記被測定物の通路を除いてヨークで覆うようにしたことを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。
- [請求項17] 請求項16記載の微小磁性金属異物の検査装置において、前記ヨークの内側に対に配置される前記被測定物近傍に静磁場を形成する永久磁石とコイル固定樹脂ブロックと、該コイル固定樹脂ブロックにより固定される検出コイルとを具備するようにしたことを特徴とする微小磁性金属異物の検査装置。

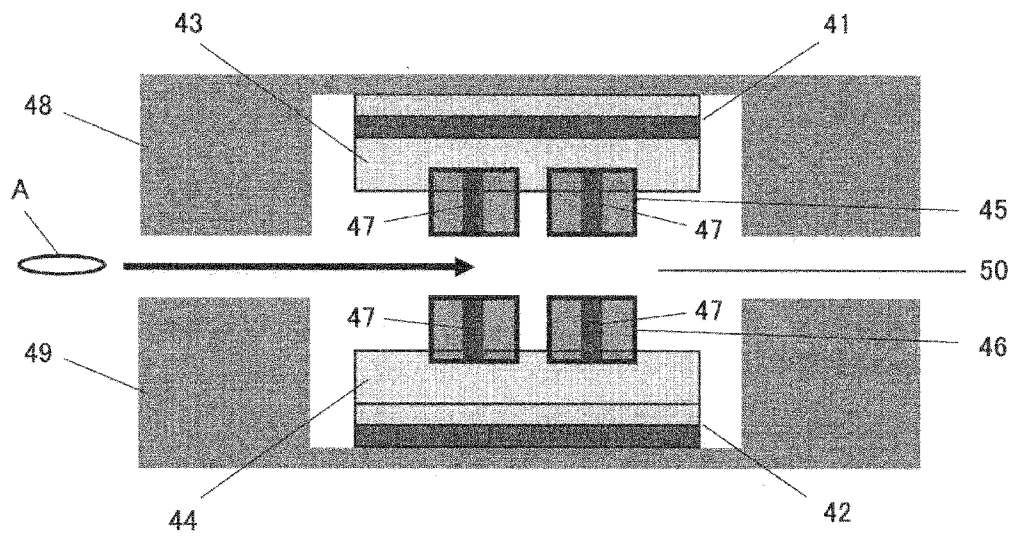
[図1]



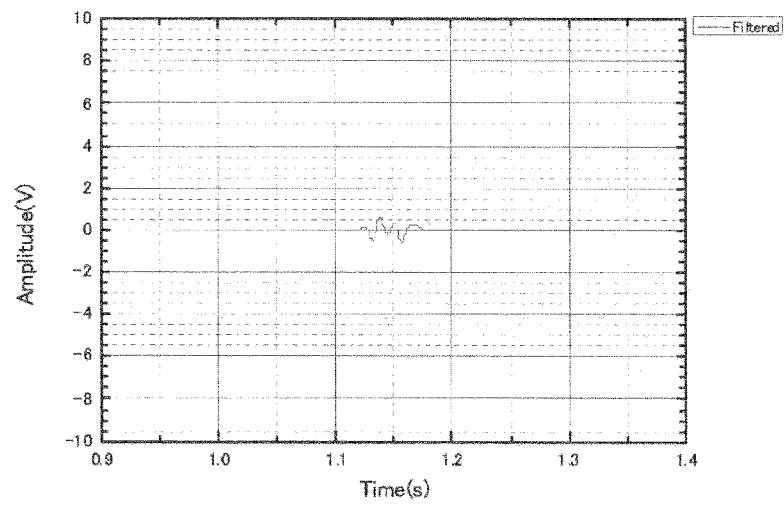
[図2]



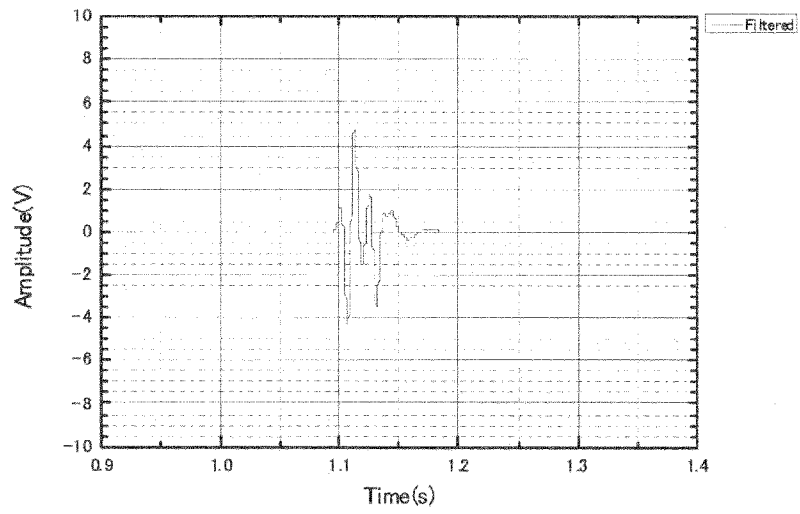
[図3]



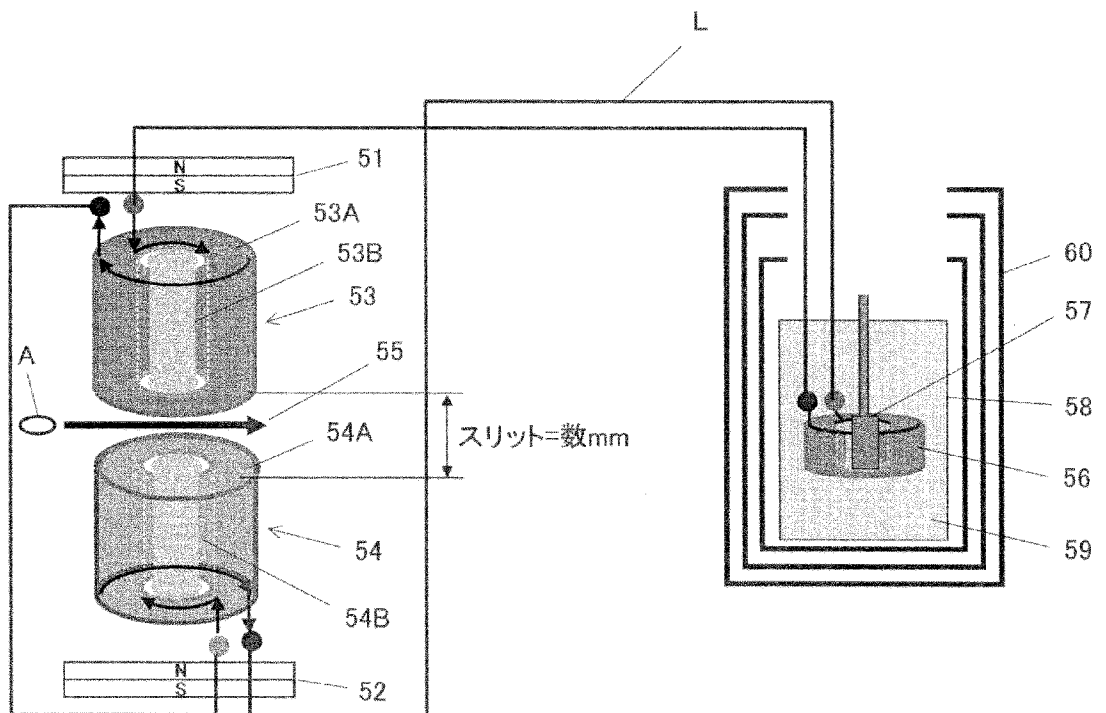
[図4]



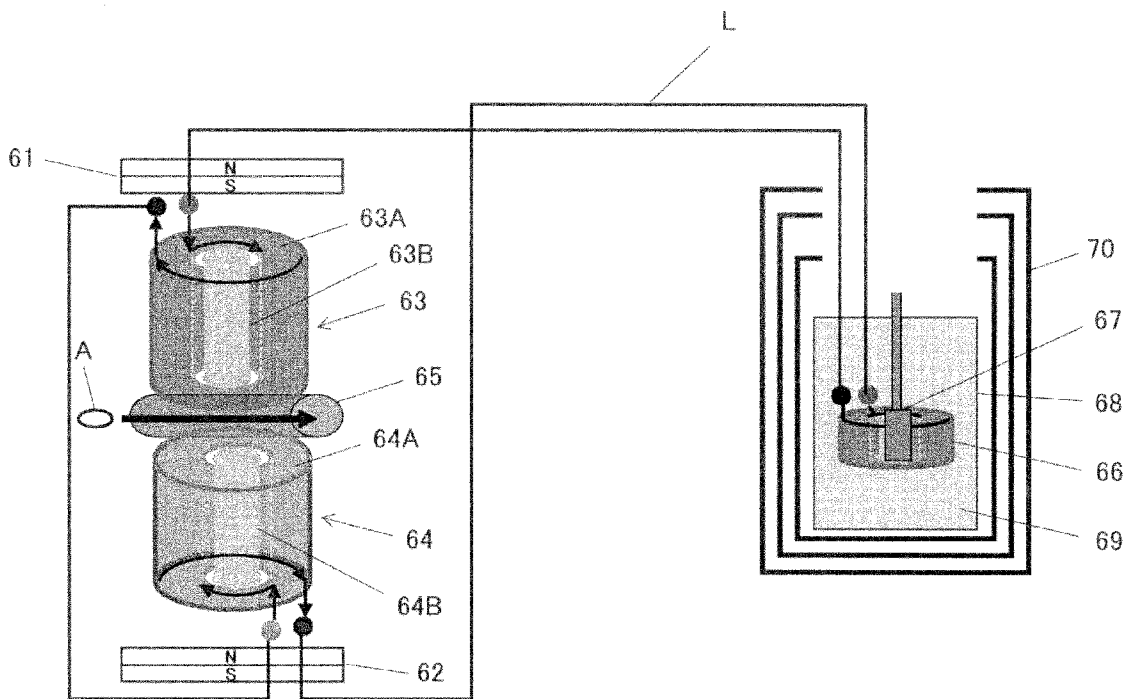
[図5]



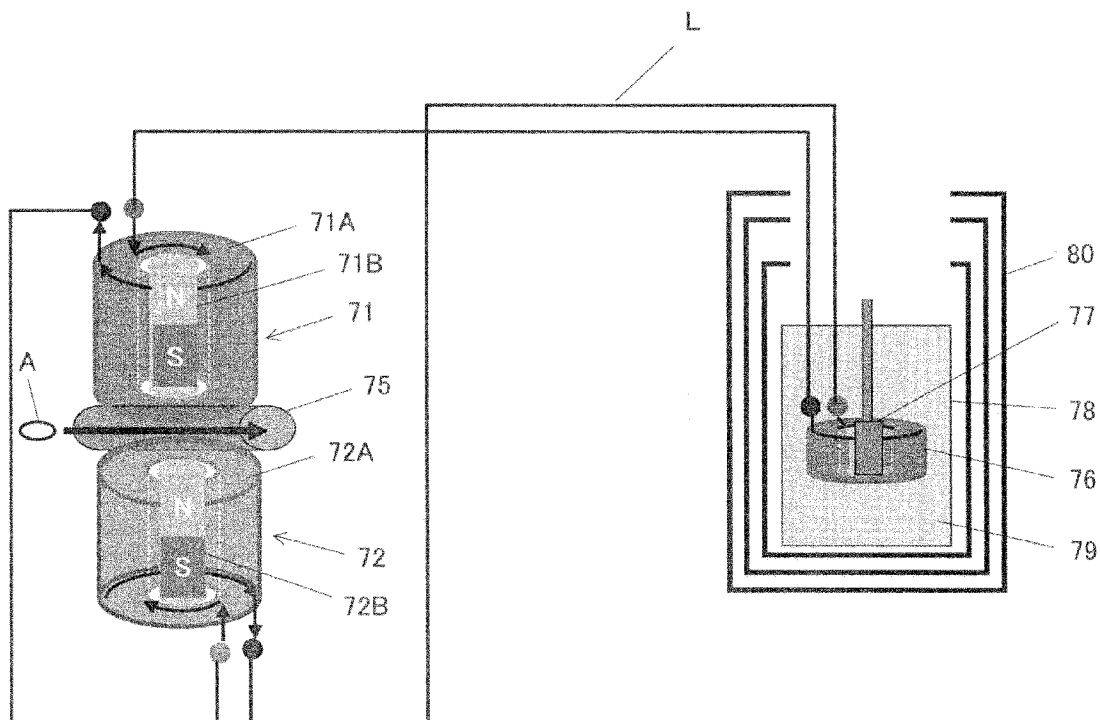
[図6]



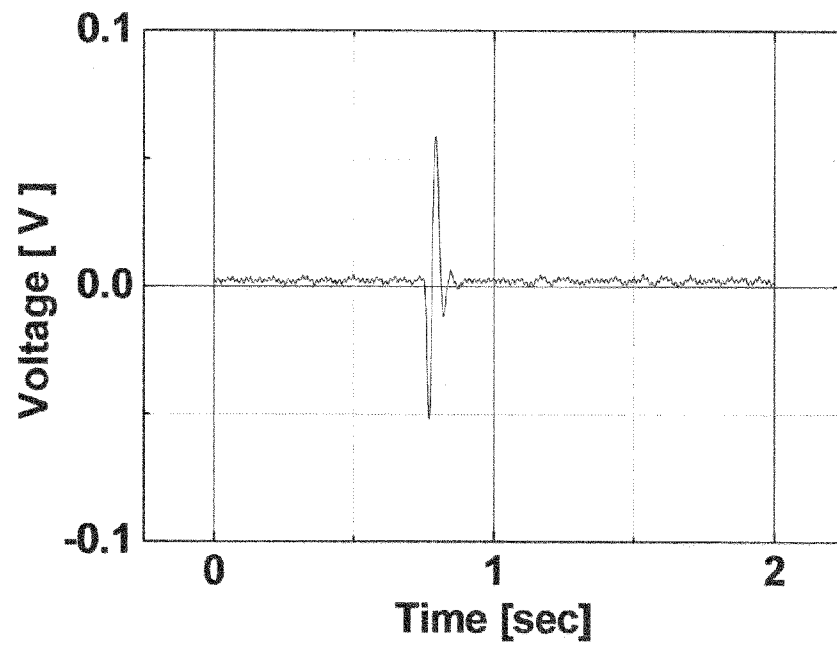
[図7]



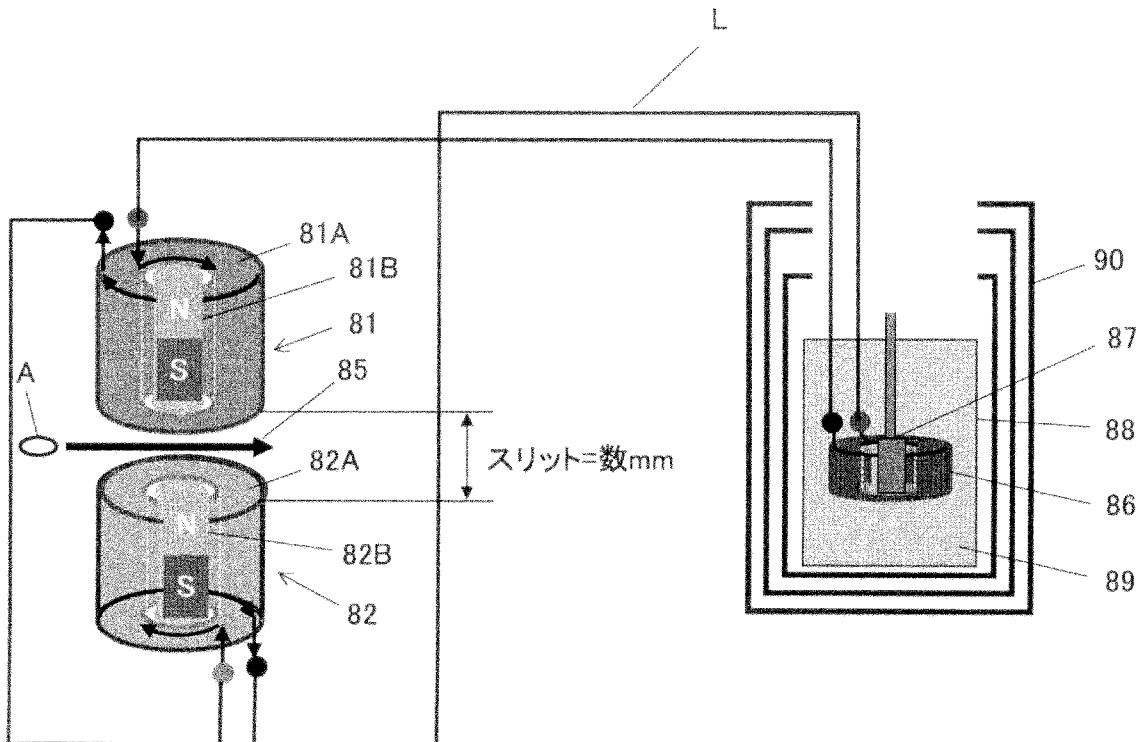
[図8]



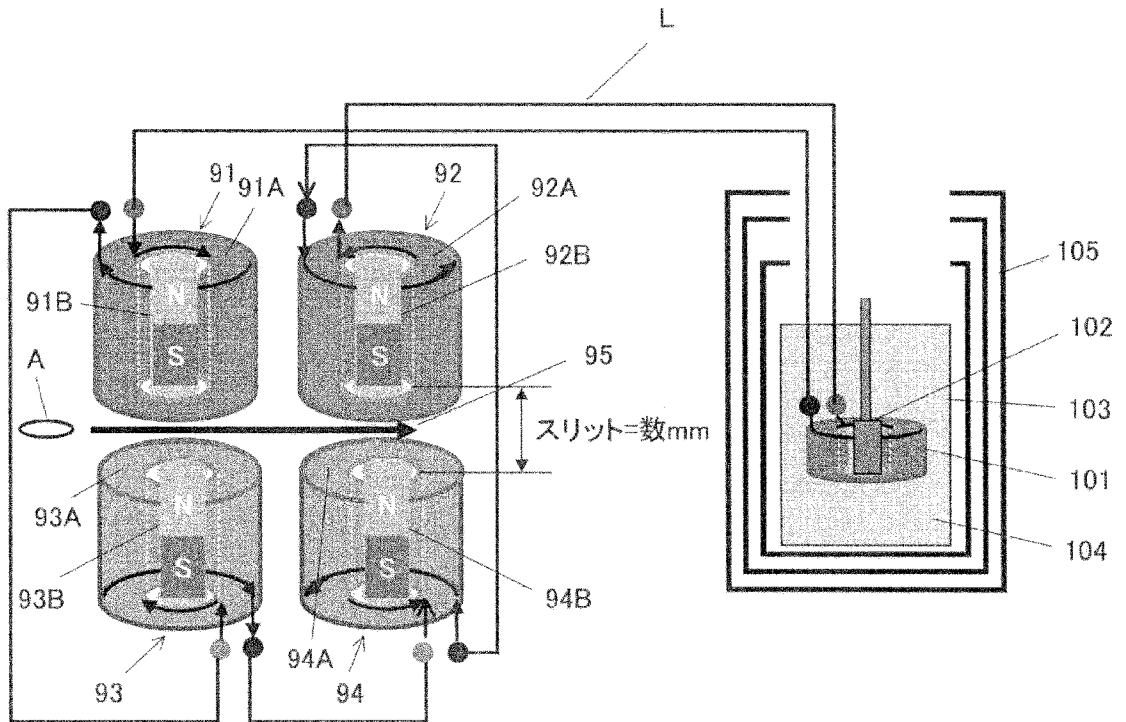
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/072655

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N27/72(2006.01)i, 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)
G01N27/72, 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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y	JP 2006-113043 A (Kabushiki Kaisha Hashima), 27 April 2006 (27.04.2006), paragraphs [0062] to [0067], [0092]; fig. 8 & CN 1749779 A	1-17
Y	JP 2004-184303 A (Seiko Instruments Inc.), 02 July 2004 (02.07.2004), paragraphs [0006], [0011]; fig. 4 (Family: none)	1-17
Y	JP 9-72885 A (Nissin Electronics Co., Ltd.), 18 March 1997 (18.03.1997), paragraphs [0005], [0006]; fig. 9 (Family: none)	2, 4-7, 9-17

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 12 September, 2013 (12.09.13)	Date of mailing of the international search report 24 September, 2013 (24.09.13)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072655

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. 022871/1979 (Laid-open No. 123857/1980) (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 26 February 1979 (26.02.1979), page 2, lines 3 to 19; fig. 5 (Family: none)	3-5, 7, 9-17
Y	JP 56-36049 A (Kabushiki Kaisha Sanko Denshi Kenkyusho), 09 April 1981 (09.04.1981), page 1, lower right column, lines 6 to 18; fig. 1 (Family: none)	8-17
Y	JP 2007-205925 A (National University Corporation Toyohashi University of Technology), 16 August 2007 (16.08.2007), paragraphs [0016] to [0019]; fig. 2 (Family: none)	12-17
A	JP 2008-232745 A (Nikka Densok Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), entire text (Family: none)	1-17
A	JP 2010-237081 A (National University Corporation Toyohashi University of Technology), 21 October 2010 (21.10.2010), entire text (Family: none)	1-17
A	JP 3-181879 A (Anritsu Corp.), 07 August 1991 (07.08.1991), entire text (Family: none)	1-17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N27/72(2006.01)i, 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 (IPC))

Int.Cl. G01N27/72, 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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

国際調査で使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
Y	JP 2006-113043 A (株式会社ハシマ) 2006.04.27, 段落【0062】 - 【0067】, 【0092】, 図8 & CN 1749779 A	1-17
Y	JP 2004-184303 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2004.07.02, 段落【0006】, 【0011】, 図4 (ファミリーなし)	1-17

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、一般的な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

12.09.2013

国際調査報告の発送日

24.09.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

蔵田 真彦

2W

3602

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 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
Y	JP 9-72885 A (日新電子工業株式会社) 1997.03.18, 段落【0005】, 【0006】, 図9 (ファミリーなし)	2, 4-7, 9-17
Y	日本国実用新案登録出願54-022871号(日本国実用新案登録出願公開55-123857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 (古河電気工業株式会社) 1979.02.26, 第2頁第3行~同頁第19行, 第5図 (ファミリーなし)	3-5, 7, 9-17
Y	JP 56-36049 A (株式会社サンコウ電子研究所) 1981.04.09, 第1頁右下欄第6行~同欄第18行, 第1図 (ファミリーなし)	8-17
Y	JP 2007-205925 A (国立大学法人豊橋技術科学大学) 2007.08.16, 段落【0016】 - 【0019】, 図2 (ファミリーなし)	12-17
A	JP 2008-232745 A (ニッカ電測株式会社) 2008.10.02, 全文 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2010-237081 A (国立大学法人豊橋技術科学大学) 2010.10.21, 全文 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 3-181879 A (アンリツ株式会社) 1991.08.07, 全文 (ファミリーなし)	1-17