

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6423708号
(P6423708)

(45) 発行日 平成30年11月14日(2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日(2018.10.26)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 R	15/18	(2006.01)	GO 1 R	15/18	C
GO 1 R	15/20	(2006.01)	GO 1 R	15/20	A
GO 1 R	19/00	(2006.01)	GO 1 R	19/00	B
HO 1 L	43/06	(2006.01)	HO 1 L	43/06	Z

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-256118 (P2014-256118)
(22) 出願日	平成26年12月18日 (2014.12.18)
(65) 公開番号	特開2016-114585 (P2016-114585A)
(43) 公開日	平成28年6月23日 (2016.6.23)
審査請求日	平成29年11月16日 (2017.11.16)

(73) 特許権者	000227180 日置電機株式会社 長野県上田市小泉8 1番地
(74) 代理人	100104787 弁理士 酒井 伸司
(72) 発明者	原野 正幸 長野県上田市小泉8 1番地 日置電機株式会社内

審査官 名取 乾治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流センサおよび測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部に測定対象が挿通される磁気コアと、

前記磁気コアに巻回されて一端が基準電位側に接続されると共に、前記磁気コアに挿通された前記測定対象に流れる被測定電流の電流値に応じた電流値の検出電流を他端から出力するコイルと、

入力端子が前記コイルの前記他端に接続されると共に当該入力端子から入力される前記検出電流の周波数領域を所望の周波数領域に制限して出力端子から出力するノーマルモード定インピーダンスフィルタと、

予め決められた特性インピーダンスを有すると共に一端が前記ノーマルモード定インピーダンスフィルタの前記出力端子に直接接続された伝送路と、

前記伝送路の他端と前記基準電位との間に接続されると共に当該伝送路を介して流れる前記検出電流を検出電圧に変換する終端抵抗とを備え、

前記ノーマルモード定インピーダンスフィルタは、前記入力端子から前記終端抵抗側を見たインピーダンスが前記特性インピーダンスと同じ値に規定されている電流センサ。

【請求項 2】

請求項1記載の電流センサと、当該電流センサによって変換された前記検出電圧に基づいて前記被測定電流の前記電流値を測定する測定部とを備えている測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

【0001】

本発明は、磁気コアに巻回されたコイルを有して、磁気コアの内部に挿通された測定対象に流れる被測定電流を検出する電流センサ、およびこの電流センサを備えた測定装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

この種の電流センサとして、下記特許文献1に開示されている電流センサ（電流検出装置）が知られている。この電流センサは、円環状コイルと、チップ型ノイズフィルタ及び分圧用チップ抵抗を搭載したプリント基板と、円環状コイルおよびプリント基板を内部に収納するアルミ等の非磁性シールドケースと、樹脂等の非磁性かつ絶縁性の外装ケースとを備えている。10

【0003】

プリント基板は、片面に入力側導体パターン、中継導体パターン、出力側導体パターン、およびアース導体パターンを有している。チップ型ノイズフィルタは、2個のインダクタと1個のコンデンサとからなるT形フィルタであり、各インダクタの直列回路の両端が入力側導体パターンと中継導体パターンとに接続され、コンデンサの両端が各インダクタ相互の接続点とアース導体パターンとに接続されている。また、中継導体パターンと出力側導体パターン間を接続するように47のチップ抵抗（分圧用抵抗の一部を構成する抵抗）がプリント基板上に搭載され、中継導体パターンとアース導体パターンとを接続するように3個のチップ抵抗（分圧用抵抗の他の一部を構成する抵抗）がプリント基板上に搭載されている。この3個のチップ抵抗はそれぞれ抵抗値12であり、これらを3個並列接続することにより、全体として4の抵抗を構成している。20

【0004】

また、円環状コイルの検出巻線から導出された一方の引き出し線は、入力側導体パターンに接続され、他方の引き出し線はアース導体パターンに接続されている。また、出力側導体パターンは、リード線を介して同軸ケーブルの一端側の芯線に接続され、アース導体パターンは、他のリード線を介して同軸ケーブルの一端側のアース線に接続されている。

【0005】

この構成により、この電流センサでは、円環状コイルに被検出線路を貫通させて、これを電流変成器の1次巻線として利用することで、2次巻線として働く円環状コイルの検出巻線に被検出線路の電流に比例した電流が誘起される。また、この誘起された電流は、チップ型ノイズフィルタで高周波ノイズが除去された後に、全体として4の抵抗を構成する並列接続された3つのチップ抵抗で電圧に変換される。また、この変換された電圧は、47のチップ抵抗を経由して、同軸ケーブルの芯線に出力される。この場合、4の抵抗を構成する3つのチップ抵抗と47のチップ抵抗とが全体としてほぼ50の抵抗として機能して、伝送路としての同軸ケーブルの入力端側からノイズフィルタ側を見たときのインピーダンスを同軸ケーブルの入力インピーダンス（伝送路の特性インピーダンス（50））に整合させることで、同軸ケーブルを介して伝送される信号の波形に生じる乱れを低減していると考えられる。30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

【特許文献1】特開平7-260830号公報（第3-4頁、第6,11図）

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

ところが、上記の電流センサには、以下の解決すべき課題が存在している。すなわち、この電流センサでは、検出巻線に誘起された電流（具体的にはノイズフィルタから出力される電流）を4という小さな抵抗値の抵抗（検出巻線に対して重い負荷となる抵抗）で電圧に変換する構成を採用している。また、高周波伝送特性を測る測定器は、反射を防ぐ40

ため、一般的に、同軸ケーブルの特性インピーダンスと同じ抵抗値の終端抵抗で同軸ケーブルの他端側を終端する構成となっている。このため、この電流センサでは、電流センサの上記した 47 のチップ抵抗と、測定器の終端抵抗とによって信号を分圧した状態で測定器に出力するように構成されている。したがって、この電流センサには、これらの構成に起因して、出力する信号の振幅（レベル）が大きく減衰するという課題が存在している。

【0008】

本発明は、かかる課題を改善すべくなされたものであり、高周波ノイズを除去しつつ、減衰の少ない状態で伝送路を介して信号を出力し得る電流センサおよび測定装置を提供することを主目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成すべく請求項 1 記載の電流センサは、内部に測定対象が挿通される磁気コアと、前記磁気コアに巻回されて一端が基準電位側に接続されると共に、前記磁気コアに挿通された前記測定対象に流れる被測定電流の電流値に応じた電流値の検出電流を他端から出力するコイルと、入力端子が前記コイルの前記他端に接続されると共に当該入力端子から入力される前記検出電流の周波数領域を所望の周波数領域に制限して出力端子から出力するノーマルモード定インピーダンスフィルタと、予め決められた特性インピーダンスを有すると共に一端が前記ノーマルモード定インピーダンスフィルタの前記出力端子に直接接続された伝送路と、前記伝送路の他端と前記基準電位との間に接続されると共に当該伝送路を介して流れる前記検出電流を検出電圧に変換する終端抵抗とを備え、前記ノーマルモード定インピーダンスフィルタは、前記入力端子から前記終端抵抗側を見たインピーダンスが前記特性インピーダンスと同じ値に規定されている。

20

【0010】

また、請求項 2 記載の測定装置は、請求項 1 記載の電流センサと、当該電流センサによって変換された前記検出電圧に基づいて前記被測定電流の前記電流値を測定する測定部とを備えている。

【発明の効果】

【0011】

請求項 1 記載の電流センサおよび請求項 2 記載の測定装置では、コイルの他端に定インピーダンスフィルタの入力端子が接続されると共に、伝送路の一端にこのフィルタの出力端子が直接接続され、かつこのフィルタは、入力端子から終端抵抗側を見たインピーダンスが伝送路の特性インピーダンスと同じ値に規定されている。

30

【0012】

出力信号の振幅を減衰させないよう L C フィルタ（ローパスフィルタ）をノイズフィルタとして用いると、コイルの寄生容量と L C フィルタを構成するインダクタとによる共振に起因して L C フィルタの周波数特性におけるカットオフ周波数の近傍に好ましくないピーク（図 4 の破線で示すようなピーク）が発生する。しかしながら、この電流センサおよび測定装置によれば、ノイズフィルタとして定インピーダンスフィルタを用いることにより、定インピーダンスフィルタの入力端子から終端抵抗側を見たインピーダンスが抵抗成分として見えるため、コイルの寄生容量に起因した上記のようなピークを生じにくくすることができ、かつ、コイルから出力される検出電流を、検出電流に含まれるノイズ成分（高周波ノイズ）をこのフィルタで確実に除去しつつ、検出電流を構成する周波数成分（検出電流、すなわち被測定電流の基本周波数成分）については殆ど減衰させることなくほぼ一定の振幅で、伝送路を介して終端抵抗に伝送して、終端抵抗で検出電圧に変換することができる。これにより、この電流センサおよび測定装置によれば、S/N 比の良好な状態で検出電圧を測定部に出力することができるため、測定部において被測定電流の電流値を高精度で測定することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

50

【図1】電流センサ1および電流センサ1を有する測定装置MDの各構成図である。

【図2】1段定インピーダンスフィルタの回路図である。

【図3】2段定インピーダンスフィルタの回路図である。

【図4】フィルタ7として図2に示す1段定インピーダンスフィルタを使用したときの検出電圧V2の振幅についての周波数特性を示す周波数特性図である。

【図5】電流センサ1Aおよび電流センサ1Aを有する他の測定装置MDAの各構成図である。

【図6】図5の測定装置MDAの他の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

以下、添付図面を参照して、電流センサ1および測定装置MDの実施の形態について説明する。

【0015】

まず、電流センサ1の構成について、図1を参照して説明する。

【0016】

電流センサ1は、図1に示すように、一例として、磁気コア2、コイル5、フィルタ7および電流電圧変換部IVCを備え、CT(カレントトランス)方式の電流センサとして構成されて、磁気コア2に挿通された測定対象としての測定電路21に流れる交流電流である被測定電流I1を検出する。

【0017】

20

磁気コア2は、一例として、全体形状が環状であって、基端部(図1中の下端部)を中心として開閉可能な分割型で形成されて、活線状態の測定電路21をクランプ可能(内部に測定電路21を挿通可能)に構成されている。なお、磁気コア2については、分割型に限定されず、貫通型(非分割型)とすることもできる。

【0018】

コイル5は、磁気コア2に線材が巻回されることによって形成されている。また、コイル5の一端5aは、基準電位(グランドG)側に接続されている。本例では一例として、コイル5の一端5aは基準電位に直接接続されているが、抵抗(数十以下の低い抵抗値の抵抗)やコンデンサ(被測定電流I1の周波数帯域においてインピーダンスが数十以下となる容量値のコンデンサ)などを介して基準電位に接続することもできる。

30

【0019】

フィルタ7は、ローパスフィルタ(低域通過型フィルタ)としての定インピーダンスフィルタで構成されている。また、フィルタ7は、その入力端子7aがコイル5の他端5bに直接接続されると共に、その出力端子7bが電流電圧変換部IVCを構成する後述する伝送路8の一端8aに直接接続され、かつその接地端子7cがグランドGに直接接続されて、後述するようにコイル5がCTとして機能しているときにコイル5の他端5bから出力される検出電流としての電流I2(コイル5の巻数をNとし、被測定電流I1の電流値を記号「I1」で表すと、電流値がI1/Nとなる電流)の周波数成分のうちのカットオフ周波数以上の周波数成分を、振幅が1/2以下になるように減衰させて出力する。すなわち、フィルタ7は、電流I2の周波数領域を所望の周波数領域(カットオフ周波数未満の周波数領域)に制限する。したがって、フィルタ7のカットオフ周波数は、測定対象として検出すべき被測定電流I1の上限周波数(つまり、電流I2の上限周波数)よりも若干高い周波数に予め規定されている。また、フィルタ7は、カットオフ周波数未満の周波数成分で構成される電流I2については、振幅を殆ど減衰させることなく出力する。

40

【0020】

また、このように定インピーダンスフィルタで構成されているフィルタ7は、入力端子7aから後述する終端抵抗9側を見たインピーダンスが伝送路8の特性インピーダンス(電流電圧変換部IVCの入力インピーダンス)と同じ値(一例として、この特性インピーダンスが50Ωのときには、同じ50Ω)になるように、フィルタ7を構成する各電子部

50

品の定数が予め規定されている。

【0021】

また、フィルタ7は、図2に示す1段定インピーダンスフィルタで構成することもできるし、この1段定インピーダンスフィルタを複数直列に接続することによって構成されても、より急峻なカットオフ特性を有する多段定インピーダンスフィルタ（例えば、図3に示す定インピーダンスフィルタは、1段定インピーダンスフィルタを2つ直列に接続して構成された2段定インピーダンスフィルタである）で構成することもできる。

【0022】

電流電圧変換部IVCは、本例では一例として、伝送路8および終端抵抗9を備えている。この場合、伝送路8は、特性インピーダンスが予め規定された値に規定されて、一端8aがフィルタ7の出力端子7bに接続されている。本例では一例として、伝送路8は、不図示のシールドがグランドGに接続された同軸ケーブルで構成されることにより、特性インピーダンスが50または75（本例では50）に規定されている。なお、伝送路8は、同軸ケーブルに限定されるものではなく、特性インピーダンスが予め決められた一定の値の特性インピーダンスに規定されるものであれば、例えばツイストペアケーブルなどの種々の伝送路で構成することもできるのは勿論である。

10

【0023】

終端抵抗9は、本例では一例として、伝送路8の他端8bとグランドGとの間に接続された抵抗あるいはオシロスコープなどの測定器の入力抵抗で構成されている。この構成により、終端抵抗9は、コイル5に流れる電流（後述する電流I2）を検出電圧V2に変換して出力する。

20

【0024】

次に、この電流センサ1を備えた測定装置MDの構成について、図1を参照して説明する。測定装置MDは、電流センサ1、測定部10および出力部11を備え、電流センサ1によって変換された検出電圧V2に基づいて、磁気コア2に挿通された測定対象としての測定電路21に流れる被測定電流I1を測定可能に構成されている。

【0025】

測定部10は、一例として、A/D変換部およびCPU（いずれも図示せず）を備え、A/D変換部が電流センサ1によって変換された検出電圧V2をデジタル値に変換し、CPUがこのデジタル値に基づいて被測定電流I1の電流値I1aを測定（算出）する。また、測定部10は、測定した電流値I1aを出力部11に出力する。

30

【0026】

出力部11は、一例としてLCDなどの表示装置で構成されて、測定部10から出力される電流値I1aを画面上に表示する。なお、出力部11は、表示装置に限定されず、例えば外部インターフェース回路で構成することもできる。この場合には、測定装置MDは、外部インターフェース回路に伝送路（有線伝送路や無線伝送路）を介して接続された他の外部装置に電流値I1aを出力したり、外部インターフェース回路に接続された外部記憶装置に電流値I1aを記憶したりすることが可能になる。

【0027】

続いて、電流センサ1の動作と併せて測定装置MDの動作について図面を参照して説明する。

40

【0028】

まず、電流センサ1では、CTとしてのコイル5が、測定電路21に流れる被測定電流I1を検出して、この被測定電流I1の振幅（電流値）に応じて振幅（電流値）が変化する検出電流としての電流I2（コイル5の巻数をNとし、被測定電流I1の電流値を記号「I1」で表すと、電流値がI1/Nとなる電流）をフィルタ7に出力する。この電流I2は、グランドG、コイル5の一端5a、コイル5、コイル5の他端5b、フィルタ7、伝送路8および終端抵抗9を経由してグランドGに至る電流経路に流れる。

【0029】

フィルタ7は、定インピーダンスフィルタで構成されているため、電流I2を構成する

50

周波数成分（フィルタ7のカットオフ周波数未満となる基本周波数成分）については、その振幅を殆ど減衰させることなく伝送路8に出力する。

【0030】

一方、フィルタ7は、電流I2に含まれているノイズ成分（フィルタ7のカットオフ周波数以上の周波数成分）については、電流I2を構成する上記の周波数成分と比較して、十分に減衰させて伝送路8に出力する。この定インピーダンスフィルタで構成されたフィルタ7では、フィルタ7の入力端子7aから終端抵抗9側を見たインピーダンスが抵抗成分（50）として見える。このため、定インピーダンスフィルタに代えて一般的なLCフィルタ（ローパスフィルタ）をフィルタ7として使用した構成では、コイル5の寄生容量とLCフィルタを構成するインダクタとによる共振に起因してフィルタ7の周波数特性におけるカットオフ周波数の近傍に好ましくないピークが発生するのに対して、定インピーダンスフィルタで構成されたフィルタ7では、このピークを生じにくくすることができる。これにより、定インピーダンスフィルタで構成されたフィルタ7は、上記したように、フィルタ7のカットオフ周波数fc未満の周波数成分については、その振幅を殆ど減衰させることなくほぼ一定の振幅で伝送路8に出力しつつ、カットオフ周波数fc以上の周波数成分については、確実に減衰させて出力することが可能になっている（図4参照）。

【0031】

測定装置MDでは、測定部10が、このようにして電流センサ1から出力される検出電圧V2に基づいて、被測定電流I1の電流値I1aを測定して出力部11に出力し、出力部11が、この電流値I1aを画面上に表示する。

【0032】

このように、この電流センサ1および測定装置MDでは、コイル5の他端5bに定インピーダンスフィルタで構成されたフィルタ7の入力端子7aが接続されると共に、伝送路8の一端8aにフィルタ7の出力端子7bが直接接続され、かつフィルタ7は定インピーダンスフィルタ（カットオフ周波数以上の周波数帯域では出力インピーダンスが伝送路8の特性インピーダンスと同じ値（50）に規定された定インピーダンスフィルタ）で構成されている。

【0033】

したがって、この電流センサ1および測定装置MDによれば、フィルタ7として定インピーダンスフィルタを用いることにより、フィルタ7の入力端子7aから終端抵抗9側を見たインピーダンスが抵抗成分として見えるため、コイル5の寄生容量に起因した上記のピークを生じにくくすることができることから、コイル5から出力される電流I2を、電流I2に含まれるノイズ成分（高周波ノイズ）をフィルタ7で確実に除去しつつ、電流I2を構成する周波数成分（電流I2、すなわち被測定電流I1の基本周波数成分）については殆ど減衰させることなくほぼ一定の振幅で、伝送路8を介して終端抵抗9に伝送して、終端抵抗9で検出電圧V2に変換することができる。これにより、この電流センサ1および測定装置MDによれば、S/N比の良好な状態で検出電圧V2を測定部10に出力することができるため、測定部10において被測定電流I1の電流値I1aを高精度で測定することができる。

【0034】

なお、図2に示す1段定インピーダンスフィルタでフィルタ7を構成したときの検出電圧V2の振幅についての周波数特性図をシミュレーションで算出して図4に示す。この周波数特性図から、電流センサ1は、電流I2を構成するカットオフ周波数fc未満の周波数成分については、殆ど減衰させることなく検出電圧V2に変換して出力し、電流I2に含まれるノイズ成分（高周波ノイズ）のようにカットオフ周波数fc以上の周波数成分については、十分に減衰させて検出電圧V2に変換して出力するように動作することが確認できる。

【0035】

また、上記の例では、電流センサ1をCT（カレントトランス）方式の電流センサとして構成しているが、図5に示すように、ホール素子などの磁電変換出力部3、電圧電流変

10

20

30

40

50

換増幅部 4 および容量性負荷 6 (本例では、抵抗 6 a (50 程度) とコンデンサ 6 b の直列回路で構成された負荷) を追加して、ゼロフラックス方式 (磁気平衡式) の電流センサ 1 A として構成してもよい。なお、上記した測定装置 M D と同一の構成については同一の符号を付して重複する説明を省略する。

【0036】

この構成の電流センサ 1 A では、直流から低周波数領域では、磁電変換出力部 3 および電圧電流変換増幅部 4 が主として作動して、磁気コア 2 内の磁束がゼロになるような電流 I_3 (コイル 5 の巻数を N とし、被測定電流 I_1 の電流値を記号「 I_1 」で表すと、電流値が I_1 / N となる電流値の電流) をコイル 5 に供給し、この電流 I_3 が終端抵抗 9 で検出電圧 V_2 に変換される。この場合、容量性負荷 6 は、高インピーダンスに維持されていることから、電流 I_3 が容量性負荷 6 を介してグランド G に漏れることができない。一方、この低周波数領域の上限周波数からフィルタ 7 のカットオフ周波数までの高周波数領域では、磁電変換出力部 3 および電圧電流変換増幅部 4 に代えて、コイル 5 が C T として上記のように作動して電流 I_2 を出力する。この場合、容量性負荷 6 は抵抗 6 a の抵抗値とほぼ同じ値 (低抵抗値) に維持されることから、電流 I_2 は容量性負荷 6 を介して流れる。この構成の電流センサ 1 A を使用した測定装置 M D A によれば、上記した測定装置 M D と同様の効果を奏しつつ、被測定電流 I_1 に含まれている周波数成分について、直流に近い低周波数成分から高周波数成分に亘って測定することができる。

10

【0037】

また、測定装置 M D A におけるコイル 5 の一端 5 a と容量性負荷 6 との間の伝送路にも、伝送路 8 と同様にして、高周波数領域の信号成分を含む電流 I_2 が流れる。このため、図 6 に示すように、コイル 5 の一端 5 a と容量性負荷 6 との間の伝送路 1 2 についても、伝送路 8 と同様にして、特性インピーダンスが予め決められた一定の値の同軸ケーブル (不図示のシールドがグランド G に接続された同軸ケーブル) やツイストペアケーブルなどで構成することができる。

20

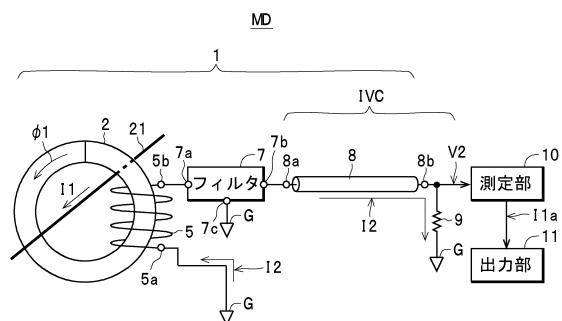
【符号の説明】

【0038】

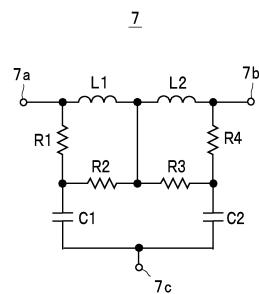
- 1, 1 A 電流センサ
- 2 磁気コア
- 5 コイル
- 7 フィルタ
- 8 伝送路
- 9 終端抵抗
- 10 測定部
- I_2 電流 (検出電流)
- M D, M D A 測定装置
- V_2 検出電圧

30

【図1】

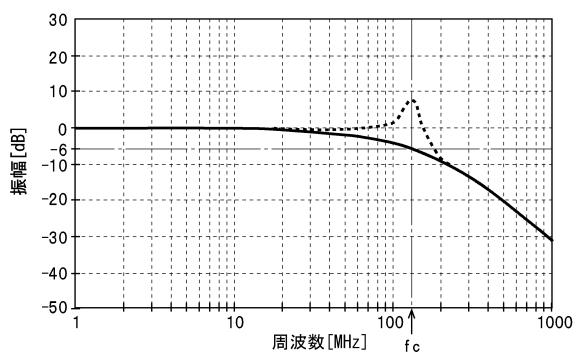
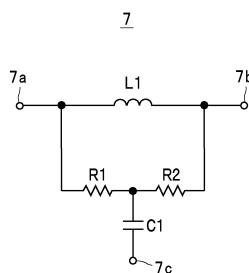


【図3】

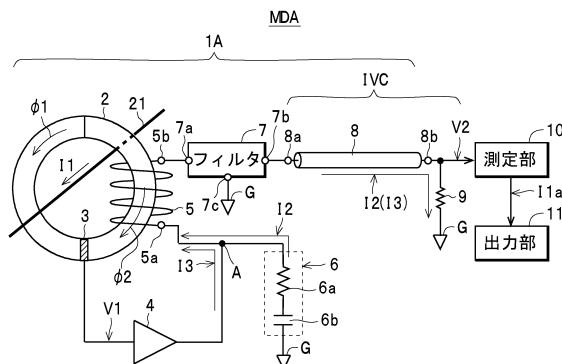


【図4】

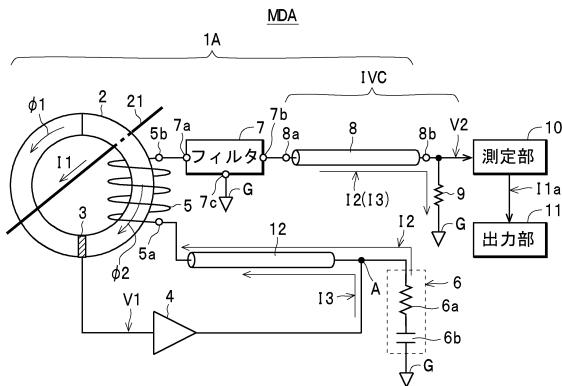
【図2】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平8-18375(JP,A)
特開平7-260830(JP,A)
特開2003-77745(JP,A)
実開昭52-86631(JP,U)
特開平10-185962(JP,A)
特表平11-505677(JP,A)
特開2007-198904(JP,A)
登録実用新案第3053334(JP,U)
米国特許出願公開第2002/0084871(US,A1)
実開平3-70414(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 R 15 / 18
G 01 R 15 / 20
G 01 R 19 / 00
H 01 L 43 / 06