

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5616152号
(P5616152)

(45) 発行日 平成26年10月29日 (2014.10.29)

(24) 登録日 平成26年9月19日 (2014.9.19)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 R 15/06 (2006.01)	GO 1 R 15/04 B
GO 1 R 15/18 (2006.01)	GO 1 R 15/02 G

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-163667 (P2010-163667)	(73) 特許権者	000000262
(22) 出願日	平成22年7月21日 (2010.7.21)		株式会社ダイヘン
(65) 公開番号	特開2012-26780 (P2012-26780A)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(43) 公開日	平成24年2月9日 (2012.2.9)	(74) 代理人	100086380
審査請求日	平成25年5月10日 (2013.5.10)		弁理士 吉田 稔
		(74) 代理人	100103078
			弁理士 田中 達也
		(74) 代理人	100115369
			弁理士 仙波 司
		(74) 代理人	100130650
			弁理士 鈴木 泰光
		(74) 代理人	100135389
			弁理士 臼井 尚

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波検出装置、および、当該高周波検出装置を備えた同軸管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高周波電力が伝送される電力伝送用導電体に生じる高周波電圧に応じた所定の電圧レベルの信号である高周波電圧信号を検出する高周波検出装置であって、

基板と、

前記電力伝送用導電体を貫通させる部分を有し、前記電力伝送用導電体が前記貫通させる部分を貫通するように配置されたときに、前記電力伝送用導電体の軸方向と前記基板とが略直交するように前記基板に固定することによって、前記電力伝送用導電体と対向する箇所がコンデンサの電極として機能する貫通導体と、

前記貫通導体に接続された配線と、
を備え、

前記電力伝送用導電体は、内部導体と外部導体とを有する同軸管の前記内部導体であって、

前記基板は前記外部導体の内側に固定されている、
ことを特徴とする高周波検出装置。

【請求項 2】

前記貫通導体に接続された配線を介して前記貫通導体に直列接続された分圧用の素子を有し、前記電力伝送用導電体に生じる高周波電圧を分圧することで所定の電圧レベルまで減衰させた前記高周波電圧信号を出力する電圧用変換手段をさらに備えた、請求項 1 に記載の高周波検出装置。

【請求項 3】

前記分圧用の素子はコンデンサ又は抵抗によって構成されている、請求項 2 に記載の高周波検出装置。

【請求項 4】

前記貫通導体はリング形状の導体である、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の高周波検出装置。

【請求項 5】

前記基板を貫通する貫通穴が設けられ、前記貫通導体は前記貫通穴に挿入して固定されている、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の高周波検出装置。

【請求項 6】

前記貫通導体の周囲に沿って前記基板上に形成されたコイル状の配線と、
前記電力伝送用導電体が前記貫通導体を貫通するように配置されたときに、前記電力伝送用導電体を流れる高周波電流に応じて前記コイル状の配線に流れる電流に基づいて、所定の電圧レベルの信号である高周波電流信号を出力する電流用変換手段と、
をさらに備えている、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の高周波検出装置。

【請求項 7】

前記コイル状の配線と前記貫通導体との間の前記基板上に、前記電力伝送用導電体を流れる電流によって発生する磁束を前記コイル状の配線に作用させつつ、前記電力伝送用導電体に生じる電界が前記コイル状の配線に与える影響を低減するために設けられた遮蔽部をさらに備えている、請求項 6 に記載の高周波検出装置。

【請求項 8】

前記基板の形状は円形状である、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の高周波検出装置。

【請求項 9】

前記電力伝送用導電体を伝送される高周波電力によって発生する電磁波から、前記基板上の配線または前記基板に搭載された回路を保護するための保護手段をさらに備えている、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の高周波検出装置。

【請求項 10】

前記保護手段は、前記電力伝送用導電体の軸方向に前記基板を挟むように設けられた 2 つの保護基板である、請求項 9 に記載の高周波検出装置。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の高周波検出装置と、前記内部導体と外部導体とを備えている同軸管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、同軸線路内を伝送される高周波電力の高周波信号を検出する高周波検出装置、および、当該高周波検出装置を備えた同軸管に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、高周波電源装置から出力される高周波電力をプラズマ処理装置に供給し、エッチング等の方法を用いて半導体ウェハや液晶基板等の被加工物を加工するプラズマ処理システムが開発されている。

【0003】

図 12 は、一般的なプラズマ処理システムの構成を示すブロック図である。

【0004】

プラズマ処理中にプラズマ処理装置 300 のインピーダンスは変動するので、当該プラズマ処理装置 300 の入力端で反射した反射波電力が高周波電源装置 100 を損傷するおそれがある。したがって、プラズマ処理システムにおいては、一般に、高周波電源装置 100 とプラズマ処理装置 300 との間にインピーダンス整合装置 200 が設けられており

10

20

30

40

50

、当該インピーダンス整合装置 200 がプラズマ処理装置 300 のインピーダンス変動に応じて整合動作を行っている。また、プラズマ処理中のプラズマ処理装置 300 のインピーダンスやプラズマ処理装置 300 の入力端における高周波電圧および高周波電流などの監視を行う必要がある。

【0005】

プラズマ処理装置 300 の監視は、インピーダンス整合装置 200 とプラズマ処理装置 300 とを接続する伝送線路 400 上のプラズマ処理装置 300 に近い位置に高周波測定装置 500 を配置し、当該高周波測定装置 500 が測定する各種高周波パラメータを用いて行われる。

【0006】

高周波測定装置 500 は、高周波電圧信号と高周波電流信号とを検出し、その検出信号から高周波電圧と高周波電流の位相差 を求めるとともに、電圧実効値 V 、電流実効値 I 、インピーダンス $Z = R + jX$ (測定点がプラズマ処理装置 300 の入力端近傍なので、プラズマ処理装置 300 のインピーダンスに相当する。)、反射係数、プラズマ処理装置 300 に入力される進行波電力 P_f 、インピーダンス不整合によりプラズマ処理装置 300 の入力端で反射される反射波電力 P_r などの高周波パラメータを算出する。

【0007】

高周波測定装置 500 は、伝送線路 400 上に配置されて高周波電圧信号と高周波電流信号とを検出する高周波検出装置 510 と、高周波検出装置 510 が検出した高周波電圧信号と高周波電流信号とから演算によって各種高周波パラメータを算出する演算装置 520 とを備えている。

【0008】

図 13 は、高周波検出装置 510 の一般的な内部構成を説明するための図である。

【0009】

同図に示すように、高周波検出装置 510 は、電力伝送用導電体 511、カレントトランス部 512、電流用変換回路 513、コンデンサ部 514、および電圧用変換回路 515 を備えている。

【0010】

電力伝送用導電体 511 は、伝送線路 400 の内部導体に接続されて、高周波電源装置 100 が出力する高周波電力を伝送するものである。電力伝送用導電体 511 は例えば円筒形状の銅製の棒などの導電体であって、その外周は絶縁体で覆われている。カレントトランス部 512 は、電力伝送用導電体 511 に流れる高周波電流に応じた電流を検出するものであり、検出した電流を電流用変換回路 513 に出力する。電流用変換回路 513 は、入力された電流を所定の電圧レベルの信号である高周波電流信号に変換して、演算装置 520 に出力する。コンデンサ部 514 は、電力伝送用導電体 511 に生じる高周波電圧に応じた電圧を検出するものであり、検出した電圧を電圧用変換回路 515 に出力する。電圧用変換回路 515 は、入力された電圧を所定の電圧レベルの信号である高周波電圧信号に変換して、演算装置 520 に出力する。演算装置 520 は、高周波検出装置 510 から高周波電流信号と高周波電圧信号とを入力され、演算によって各種高周波パラメータを算出して出力する。各種高周波パラメータの演算方法については、説明を省略する。

【0011】

電流検出のためのカレントトランス、電圧検出のためのコンデンサ、および各配線の形状にバラツキがある場合、個々の高周波検出装置 510 から出力される検出値にバラツキが生じる。このバラツキを抑制するために、カレントトランス、コンデンサ、および各配線をプリント基板上にプリント配線として形成する技術が開発されている。

【0012】

図 14 は、カレントトランス、コンデンサ、および各配線をプリント配線として形成したプリント基板を用いた高周波検出装置 510 を説明するための図である。

【0013】

同図に示すように、高周波検出装置 510 は、電力伝送用導電体 511、電流検出用ブ

10

20

30

40

50

リント基板 5 1 6、電圧検出用プリント基板 5 1 7、および筐体 5 1 8を備えている。

【 0 0 1 4 】

電流検出用プリント基板 5 1 6は、図 1 3に示す高周波検出装置 5 1 0の内部構成の内のカレントトランス部 5 1 2および電流用変換回路 5 1 3と、カレントトランス部 5 1 2が検出した電流を電流用変換回路 5 1 3に出力するための配線とをプリント基板上に形成したものである。また、電圧検出用プリント基板 5 1 7は、高周波検出装置 5 1 0の内部構成の内のコンデンサ部 5 1 4および電圧用変換回路 5 1 5と、コンデンサ部 5 1 4が検出した電圧を電圧用変換回路 5 1 5に出力するための配線とをプリント基板上に形成したものである。筐体 5 1 8は、電流検出用プリント基板 5 1 6および電圧検出用プリント基板 5 1 7を固定し、かつ、両基板 5 1 6、5 1 7を外部からの電磁波などから保護するものであり、例えばアルミニウム等の導電体からなる。

10

【 0 0 1 5 】

図 1 5 (a) は、電圧検出用プリント基板 5 1 7の一例を説明するための図である。電圧検出用プリント基板 5 1 7は、貫通穴を設けた基板上に所定のプリント配線を形成し、電圧用変換回路 5 1 5を搭載したものである。

【 0 0 1 6 】

リング状配線 5 1 4 a は、貫通穴を貫通するように配置される電力伝送用導電体 5 1 1 (図 1 3 および 図 1 4 参照) との間でコンデンサ部 5 1 4 (図 1 3 参照) を構成するものであり、貫通穴の外周に形成されたリング状の配線である。図 1 5 (b) および (c) は、リング状配線 5 1 4 a を説明するための図である。同図 (b) は同図 (a) に示す破線で囲まれた範囲 c 部分の拡大図であり、同図 (c) は同図 (b) の D - D ' 線断面図である。同図 (b) および (c) に示すように、リング状配線 5 1 4 a は、基板を貫通するスルーホールと当該スルーホールを接続するプリント配線とによって形成されている。なお、この例における「スルーホール」とは、基板を貫通した穴にメッキなどを施して基板の両面を電氣的に接続させるための穴である。

20

【 0 0 1 7 】

また、一般的に、スルーホールとは、基板の層間に貫通穴を開け、その内側に導体層 (例えば銅) を設けることによって、基板の層間の導通をさせるものである。なお、基板の層間とは、基板の表裏間にある全ての層間の場合もあるし、一部分の層間の場合もある。このようなスルーホールは、リード線を挿入するタイプのものもあるが、層間の導通のみを目的としたスルーホールは、特にバイアホール (Via Hole) と呼ばれる。そして、バイアホールには、基板の表面から裏面に亘って貫通穴を開ける貫通型のバイアホール (Via Hole) と、特定の層間だけで貫通穴を開けるインターステシャルバイアホール (Interstitial Via Hole) とがある。また、インターステシャルバイアホールには、基板の片面から穴が見えるブラインドバイア (Blind Via) と、基板の両面から穴が見えないベリッドバイア (Buried Via) とがある。

30

【 0 0 1 8 】

電圧用変換回路 5 1 5 は、コンデンサ部 5 1 4 (以下、場合により「コンデンサ C 1」とする。) に直列接続するコンデンサ C 2 と、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 との接続点に接続される抵抗 R 1 とを備えている。電圧検出用プリント基板 5 1 7 は、貫通穴を貫通するように配置される電力伝送用導電体 5 1 1 に生じる高周波電圧をコンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 とで分圧し、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 との接続点に生じる分圧された電圧のレベルを抵抗 R 1 で調整して、高周波電圧信号として出力する。

40

【 0 0 1 9 】

図 1 4 に示す高周波検出装置 5 1 0 は、カレントトランス部 5 1 2、コンデンサ部 5 1 4、および各配線をプリント基板上にプリント配線として形成しているので、これらの形状にバラツキが生じることを抑制することができる。したがって、個々の高周波検出装置 5 1 0 の検出値にバラツキが生じることを抑制することができる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

50

【 0 0 2 0 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 9 - 3 6 5 5 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 9 - 5 8 4 4 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 1 】

しかしながら、電圧検出用プリント基板 5 1 7 のリング状配線 5 1 4 a によって形成されるコンデンサ C 1 の静電容量が制限されるという問題がある。すなわち、コンデンサ C 1 の静電容量はリング状配線 5 1 4 a のスルーホール長さ、すなわち、電圧検出用プリント基板 5 1 7 の厚さに比例するが、技術的な面およびコスト的な面から電圧検出用プリント基板 5 1 7 を厚くすることができないので、コンデンサ C 1 の静電容量を大きくすることが困難である。

10

【 0 0 2 2 】

例えば、プラズマ処理では高電圧を使用するので、電力伝送用導電体 5 1 1 に生じる高周波電圧は数千ボルト程度になる場合がある。電圧用変換回路 5 1 5 が出力する高周波電圧信号は演算装置 5 2 0 に入力されるため、電圧用変換回路 5 1 5 が出力する高周波電圧信号の電圧レベルを数ボルト程度にする必要がある。すなわち、電圧用変換回路 5 1 5 は、電力伝送用導電体 5 1 1 に生じる高周波電圧を $1 / 1000$ 程度に減衰させて出力する必要がある。そのため、コンデンサ C 1 の静電容量 C_1 をコンデンサ C 2 の静電容量 C_2 の $1 / 1000$ 程度にする必要がある。これにより、電圧用変換回路 5 1 5 は、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 との接続点に生じる分圧された電圧のレベルを、電力伝送用導電体 5 1 1 に生じる高周波電圧の $1 / 1000$ 程度に減衰させて出力することができる。

20

【 0 0 2 3 】

また、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 の合成静電容量が大きすぎると、電力伝送用導電体 5 1 1 に流れる高周波電流のうち、コンデンサ C 1 側に分岐する電流が大きくなり好ましくない。逆に合成静電容量が小さすぎるとコンデンサ C 1 側に分岐する電流が小さくなりすぎて、高周波電圧信号の検出精度が低下する。したがって、コンデンサ C 1 側に分岐する電流を所定の範囲内にするように、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 の合成静電容量を設計する必要がある。

【 0 0 2 4 】

以上のように、減衰率および合成静電容量を考慮して、コンデンサ C 1 およびコンデンサ C 2 の静電容量 C_1 、 C_2 を設計する必要がある。例えば、コンデンサ C 1 の静電容量 C_1 を $0.5 \sim 1$ pF 程度、コンデンサ C 2 の静電容量 C_2 を $500 \sim 1000$ pF 程度にする。また、演算装置 5 2 0 には通常、入力端にボルテージフォロア回路（入力インピーダンスが高インピーダンス）が設けられているので、調整用の抵抗 R 1 には殆ど電流が流れない。もちろん、演算装置 5 2 0 側の設計によっては電流が流れる場合がある。例えば、演算装置 5 2 0 の入力端において、グランド電位との間に抵抗が設けられた場合には抵抗 R 1 にも若干の電流が流れる。そのため、抵抗 R 1 によって調整が可能となる。

30

【 0 0 2 5 】

電力伝送用導電体 5 1 1 の外径を a、リング状配線 5 1 4 a の内径を b（図 1 5 (a) 参照）、リング状配線 5 1 4 a の高さ（スルーホール長さ、図 1 5 (c) 参照）を l とすると、コンデンサ C 1 の静電容量 C_1 は、

40

$$C_1 = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot l / (\ln(b/a)) \quad (1)$$

で算出される。なお、 π は円周率、 ϵ_r は誘電率であり、 $\ln()$ は自然対数を示している。なお、リング状配線 5 1 4 a にはスルーホール間に隙間があるので、実際には上記 (1) 式で算出される静電容量 C_1 より小さい静電容量となる。

【 0 0 2 6 】

電力伝送用導電体 5 1 1 に生じる高周波電圧は高いので、電力伝送用導電体 5 1 1 とリ

50

ング状配線 5 1 4 a との間隔が狭いと絶縁破壊を生じる。これを避け、安全のために余裕をもって、電力伝送用導電体 5 1 1 とリング状配線 5 1 4 a との間隔を設計するのが望ましい。例えば、間隔を 20 mm 以上とするのが望ましい(なお、使用条件によって、必要な間隔は異なる。)。例えば、電力伝送用導電体 5 1 1 の外径 a が 20 mm の場合、電力伝送用導電体 5 1 1 とリング状配線 5 1 4 a との間隔を 20 mm とするためには、リング状配線 5 1 4 a の内径 b を 60 mm にする必要がある。この場合に、コンデンサ C 1 の静電容量 C₁ を 0.5 pF とするためには、上記(1)式より、リング状配線 5 1 4 a の高さ l を約 9.9 mm にする必要がある。また、電力伝送用導電体 5 1 1 とリング状配線 5 1 4 a との間隔を 20 mm より大きくすると、リング状配線 5 1 4 a の高さ l をより大きくする必要がある。

10

【0027】

電力伝送用導電体 5 1 1 とリング状配線 5 1 4 a との間隔を狭くすると、リング状配線 5 1 4 a の高さ l を小さくできるが、例えば、電力伝送用導電体 5 1 1 の外径 a が 20 mm の場合で、電力伝送用導電体 5 1 1 とリング状配線 5 1 4 a との間隔を 10 mm であったとしても、コンデンサ C 1 の静電容量 C₁ を 0.5 pF とするためには、上記(1)式より、リング状配線 5 1 4 a の高さ l を約 6.2 mm にする必要がある。また、コンデンサ C 1 の静電容量 C₁ を 0.5 pF より大きくする場合は、リング状配線 5 1 4 a の高さ l をより大きくする必要がある。

【0028】

なお、リング状配線 5 1 4 a のスルーホール間の隙間による静電容量の低下を考慮すると、リング状配線 5 1 4 a の高さ l をさらに大きくする必要がある。しかし、電圧検出用プリント基板 5 1 7 の厚さは現在では 5 mm 程度が最大である。したがって、使用条件によっては、コンデンサ C 1 を所望の静電容量にすることができない。

20

【0029】

本発明は上記した事情のもとで考え出されたものであって、電力伝送用導電体との間に形成されるコンデンサの静電容量が基板の厚さによって制限されない高周波検出装置を提供することをその目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0030】

上記課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

30

【0031】

本発明の第 1 の側面によって提供される高周波検出装置は、高周波電力が伝送される電力伝送用導電体に生じる高周波電圧に応じた所定の電圧レベルの信号である高周波電圧信号を検出する高周波検出装置であって、基板と、前記電力伝送用導電体を貫通させる部分を有し、前記電力伝送用導電体が前記貫通させる部分を貫通するように配置されたときに、前記電力伝送用導電体の軸方向と前記基板とが略直交するように前記基板に固定することによって、前記電力伝送用導電体と対向する箇所がコンデンサの電極として機能する貫通導体と、前記貫通導体に接続された配線とを備え、前記電力伝送用導電体は、内部導体と外部導体とを有する同軸管の前記内部導体であって、前記基板は前記外部導体の内側に固定されていることを特徴とする

40

【0032】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記貫通導体に接続された配線を介して前記貫通導体に直列接続された分圧用の素子を有し、前記電力伝送用導電体に生じる高周波電圧を分圧することで所定の電圧レベルまで減衰させた前記高周波電圧信号を出力する電圧用変換手段をさらに備えた。

【0033】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記分圧用の素子はコンデンサ又は抵抗によって構成されている。

【0034】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記貫通導体はリング形状の導体である。

50

【 0 0 3 5 】

本発明の好ましい実施の形態においては前記基板を貫通する貫通穴が設けられ、前記貫通導体は前記貫通穴に挿入して固定されている。

【 0 0 3 6 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記貫通導体の周囲に沿って前記基板上に形成されたコイル状の配線と、前記電力伝送用導電体が前記貫通導体を貫通するように配置されたときに、前記電力伝送用導電体を流れる高周波電流に応じて前記コイル状の配線に流れる電流に基づいて、所定の電圧レベルの信号である高周波電流信号を出力する電流用変換手段とをさらに備えている。

【 0 0 3 7 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記コイル状の配線と前記貫通導体との間の前記基板上に、前記電力伝送用導電体を流れる電流によって発生する磁束を前記コイル状の配線に作用させつつ、前記電力伝送用導電体に生じる電界が前記コイル状の配線に与える影響を低減するために設けられた遮蔽部をさらに備えている。

【 0 0 3 9 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記基板の形状は円形状である。

【 0 0 4 0 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記電力伝送用導電体を伝送される高周波電力によって発生する電磁波から、前記基板上の配線または前記基板に搭載された回路を保護するための保護手段をさらに備えている。

【 0 0 4 1 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記保護手段は、前記電力伝送用導電体の軸方向に前記基板を挟むように設けられた2つの保護基板である。

【 0 0 4 2 】

本発明の第2の側面によって提供される同軸管は、本発明の第1の側面によって提供される高周波検出装置と、前記内部導体と外部導体とを備えている。

【発明の効果】

【 0 0 4 3 】

本発明によれば、基板に固定された貫通導体を備えており、電力伝送用導電体が貫通導体に設けた貫通させる部分を貫通するように配置されたときに、当該貫通導体と電力伝送用導電体とでコンデンサが形成される。電力伝送用導電体に生じる高周波電圧をこの貫通導体に接続された配線を介して出力する。貫通導体の厚さ（貫通させた電力伝送用導電体の軸方向の長さ）は、基板の厚さより大きくすることができるので、貫通導体と電力伝送用導電体との間に形成されるコンデンサの静電容量を、基板の厚さにかかわらず、大きくすることができる。つまり、当該静電容量は、基板の厚さによって制限されない。

【 0 0 4 4 】

また、基板を同軸管の外部導体の内側に固定した場合、内部導体は外部導体と同軸となるように固定されており、貫通導体は基板に固定されているので、貫通導体の内部導体に対する相対位置は固定されている。したがって、内部導体に対する貫通導体の相対位置が変化したり不安定になったりすることが抑制され、検出値にバラツキが生じることを抑制することができる。

【 0 0 4 5 】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 6 】

【図1】第1実施形態に係る高周波検出装置の構成を説明するための図であり、同軸管に配置された高周波検出装置を同軸管の軸方向に見た図である。

【図2】第1実施形態に係る高周波検出装置の構成を説明するための図であり、同軸管に配置された高周波検出装置を同軸管の径方向に見た図である。

10

20

30

40

50

【図 3】第 1 実施形態に係るプリント基板を説明するための平面図である。

【図 4】コイル状配線を説明するための図である。

【図 5】電圧用変換回路の内部構成の一例を説明するための図である。

【図 6】高周波検出装置の内部構成を回路図で表した図である。

【図 7】第 2 実施形態に係る高周波検出装置の構成を説明するための図であり、同軸管に配置された高周波検出装置を同軸管の径方向に見た図である。

【図 8】第 2 実施形態に係るプリント基板を説明するための平面図である。

【図 9】遮蔽配線を説明するための図である。

【図 10】保護基板の代わりに配置される保護ケースを説明するための図である。

【図 11】第 3 実施形態に係る高周波検出装置の構成を説明するための図である。

【図 12】一般的なプラズマ処理システムの構成を示すブロック図である。

【図 13】高周波検出装置の一般的な内部構成を説明するための図である。

【図 14】従来の高周波検出装置の構成を説明するための図である。

【図 15】電圧検出用プリント基板の一例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

以下、本発明の実施の形態を、同軸管の途中に配置される高周波検出装置の場合を例として、添付図面を参照して具体的に説明する。

【0048】

図 1 および図 2 は、第 1 実施形態に係る高周波検出装置 1 の構成を説明するための図であり、当該高周波検出装置 1 を同軸管に配置した状態を示している。同軸管は、高周波電力の伝送経路であって、内部導体 8 および外部導体 9 を備えている。高周波検出装置 1 は、同軸管の内部導体 8 と外部導体 9 との間の空間に配置され、同軸管によって伝送される高周波電力の高周波電圧信号と高周波電流信号とを検出するものである。外部導体 9 は接地されて 0 ボルト電位の基準（グランド）となるものなので、実質的には、高周波検出装置 1 は内部導体 8 を伝送される高周波電力の高周波電圧信号と高周波電流信号とを検出する。高周波検出装置 1 によって検出された高周波電圧信号と高周波電流信号とは図示しない演算装置（図 12 参照）に出力され、演算装置は入力された高周波電圧信号と高周波電流信号とから演算によって各種高周波パラメータを算出する。

【0049】

図 1 は、同軸管に配置された高周波検出装置 1 を同軸管の軸方向に見た図であり、同軸管を径方向に切断して見た状態を示している。なお、同図においては、手前にある保護基板 5（後述）を省略して記載している。図 2 は、同軸管に配置された高周波検出装置 1 を同軸管の径方向に見た図であり、図 1 に示す A - A' 線で同軸管を切断して見た状態を示している。

【0050】

図 1 および図 2 に示すように、高周波検出装置 1 は、プリント基板 2、固定具 4、保護基板 5、および固定具 6 を備えている。

【0051】

プリント基板 2 は、高周波電圧信号と高周波電流信号とを検出するための回路が形成された基板であり、高周波検出装置 1 の実質的な機能（高周波電圧信号と高周波電流信号の検出機能）を果たすものである。プリント基板 2 には、カレントトランス、コンデンサ、電流用変換回路、電圧用変換回路、および各配線が形成されている。

【0052】

以下に、図 3 ~ 図 5 を参照して、プリント基板 2 の詳細を説明する。

【0053】

図 3 は、プリント基板 2 を説明するための平面図である。なお、以下では、同図に表示されている方の搭載面を「表面」とし、他方の搭載面を「裏面」とする。

【0054】

同図に示すように、プリント基板 2 は、中央に円形状の貫通穴 29 を形成された円形状

10

20

30

40

50

の基板 20 に、コイル状配線 21、リング接続配線（出力配線）22、リング状導体 23、グランド配線 24、回路搭載部 25、電流用変換回路 26、および電圧用変換回路 27 を設けたものである。

【0055】

基板 20 は、例えばガラスエポキシ等の絶縁材料からなり、外部導体 9 の内径以下の直径を有する円形状の基板である。本実施形態では、基板 20 と外部導体 9 の内壁との間に若干の空間を生じさせつつ、基板 20 を外部導体 9 の内壁に固定しやすいように、基板 20 の直径を外部導体 9 の内径より少し小さいものとしている。なお、これに限られず、基板 20 が外部導体 9 の内壁に固定できればよいので、搭載面が狭くなりすぎない程度に基板 20 の半径を小さいものとしてもよい。また、基板 20 の形状は円形状に限られず、基板 20 を外部導体 9 の内壁に固定できるのであれば、他の形状（例えば、矩形や八角形などの多角形状や楕円形状）でもよい。

10

【0056】

貫通穴 29 は、基板 20 の中央を貫通するように形成された穴であり、内部導体 8 の外径以上の直径を有する穴である。本実施形態では、貫通穴 29 と内部導体 8 との間にリング状導体 23（後述）を配置する空間を生じさせるために、貫通穴 29 の直径を内部導体 8 の外径より大きいものとしている。なお、貫通穴 29 の形状は円形状に限られず、内部導体 8 やリング状導体 23 を挿入することができるのであれば、他の形状（例えば、矩形や八角形などの多角形状や楕円形状）でもよい。

【0057】

20

コイル状配線 21 は、基板 20 の貫通穴 29 の外周にコイル状に形成されたプリント配線であり、カレントトランスとして機能する。コイル状配線 21 の両端部には回路搭載部 25（後述）に延びる出力配線 21a、21a' が形成されている。出力配線 21a、21a' は、回路搭載部 25 で後述する電流用変換回路 26 と接続される。

【0058】

図 4 は、コイル状配線 21 を説明するための図である。同図（a）は図 3 に示す破線で囲まれた範囲 a 部分の拡大図であり、同図（b）は同図（a）の B-B' 線断面図である。なお、同図においては、通常は見えないプリント配線を説明のために破線で図示している。

【0059】

30

同図に示すように、コイル状配線 21 はスルーホール 21c およびプリント配線 21d、21e によって形成されている。なお、「スルーホール」とは、前述したように、基板を貫通した穴にメッキなどを施して基板の両面を電氣的に接続させるための穴である。基板が多層構造の場合は、層間を貫通して電氣的に接続させる穴も含まれる。同図（a）に実線で示すプリント配線 21d はプリント基板 2 の表面に形成されたプリント配線であり、破線で示すプリント配線 21e は、基板 20 の裏面に形成されたプリント配線である。プリント配線 21d とプリント配線 21e とはスルーホール 21c によって接続されており、プリント配線 21d が隣り合う 2 つのプリント配線 21e とそれぞれ接続されることで、コイル状のプリント配線を形成している。同図（b）においては、図の上側がプリント基板 2（基板 20）の表面であり、図の下側がプリント基板 2 の裏面である。同図（b）に実線で示すスルーホール 21c は切断面に位置するスルーホール（すなわち、同図（a）の下側のスルーホールであり、貫通穴 29 側のスルーホール）であり、破線で示すスルーホール 21c は当該断面図では見えないスルーホール（すなわち、同図（a）の上側のスルーホールであり、貫通穴 29 とは反対側のスルーホール）である。

40

【0060】

内部導体 8 はプリント基板 2 の貫通穴 29 を貫通するように配置されるので（図 1 および図 2 参照）、コイル状配線 21 は内部導体 8 の周囲を取り囲むように配置されたカレントトランスとして機能する。すなわち、内部導体 8 を流れる高周波電流によって発生する磁束がコイル状配線 21 に作用して、コイル状配線 21 に電流が流れる。したがって、このコイル状配線 21 に流れる電流を検出することで、内部導体 8 を流れる高周波電流に

50

じた電流を検出することができる。

【0061】

コイル状配線 2 1 は、プリント基板 2 上にスルーホール 2 1 c とプリント配線 2 1 d、2 1 e とで形成されるので、形状や位置のバラツキがほとんどない。したがって、巻線間隔や巻き付け強さにバラツキがほとんど生じないので、複数のプリント基板 2 を製作した場合に、個々のプリント基板 2 に起因する電流検出値のバラツキを低減させることができる。また、コイル状配線 2 1 はプリント基板 2 上に形成されているので、取り扱いが容易であり、プリント基板 2 を所定の位置に配置することでコイル状配線 2 1 を所定の位置に適切に配置することができる。また、基板 2 0 は、例えばガラスエポキシ等の絶縁材料で作られる。このような絶縁材料の比透磁率は、磁性体よりも小さい。そのために、従来のようにコアとして用いる磁性体に配線を巻き付けてカレントトランスを構成する場合よりも、自己共振周波数を高くすることができる。したがって、検出可能な高周波電流の周波数帯域の上限を高くすることができる。

10

【0062】

なお、コイル状配線 2 1 の構成はこれに限られない。例えば、プリント基板 2 を多層構造の基板とし、スルーホール 2 1 c を一部の層間を貫通させるだけにして、プリント配線 2 1 d またはプリント配線 2 1 e を層間に形成することで、コイル状配線 2 1 の一部または全部をプリント基板 2 の内部に形成するようにしてもよい。また、コイル状配線 2 1 を 2 重以上形成して（例えば、図 3 においてコイル状配線 2 1 と貫通穴 2 9 との間にもう 1 つコイル状配線 2 1 を形成したり、コイル状配線 2 1 の各配線と配線の間にも 1 つコイル状配線 2 1 を形成して 2 つのコイル状配線 2 1 が 2 重螺旋構造となるようにするなど）、複数のカレントトランスを備えるようにしてもよい。この場合、複数のコイル状配線 2 1 を直列接続してもよいし、並列接続してもよい。

20

【0063】

図 3 に戻って、リング接続配線 2 2 は、後述するリング状導体 2 3 を後述する電圧用変換回路 2 7 に電氣的に接続するためのプリント配線である。リング接続配線 2 2 の一方端はリング状導体 2 3 に接続され、他方端は回路搭載部 2 5 で電圧用変換回路 2 7 に接続される。これにより、リング状導体 2 3 と電圧用変換回路 2 7 とが電氣的に接続される。なお、リング接続配線 2 2 はリング状導体 2 3 と電圧用変換回路 2 7 とを電氣的に接続することができればよく、リング接続配線 2 2 の形状は限定されない。

30

【0064】

リング状導体 2 3 は、コンデンサの一方の電極として機能するものである。リング状導体 2 3 は、リング状の導体であって、例えば銅のリングである。リング状導体 2 3 は、筒状の筒状部分 2 3 a と当該筒状部分 2 3 a の外側に形成された鰐状の鰐状部分 2 3 b とからなり、切断面が略 T 字形状となっている（図 2 参照）。なお、リング状導体 2 3 の形状および素材はこれに限定されるものではない。例えば、切断面が略 L 字形状となるように鰐状部分 2 3 b が筒状部分 2 3 a のいずれかの端部に形成されていてもよし、素材がアルミニウムなどであってもよい。また、リング状導体 2 3 の形状はリング状に限定されず、内部導体 8 を貫通させて配置させることができる形状であればよい。例えば、リング状の一部が欠けた略 C 字形状であってもよいし、円ではなく多角形のリング形状でもよい。

40

【0065】

リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の外径はプリント基板 2 の貫通穴 2 9（図 3 参照）の内径以下であり、筒状部分 2 3 a が貫通穴 2 9 に挿入されて、鰐状部分 2 3 b がプリント基板 2 の表面に固定されている。本実施形態では、鰐状部分 2 3 b に設けられたネジ穴とプリント基板 2 に設けられたネジ穴とをネジで固定しているが、これに限られない。また、鰐状部分 2 3 b はリング接続配線 2 2 に電氣的に接続されている。

【0066】

内部導体 8 はプリント基板 2 の貫通穴 2 9 を貫通するように配置されるので（図 1 および図 2 参照）、リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の内面部分は、内部導体 8 の内のリング状導体 2 3 と対向する箇所と対になるコンデンサの電極として機能する。すなわち、内

50

部導体 8 に生じる高周波電圧に応じた電圧を検出することができる。

【 0 0 6 7 】

グランド配線 2 4 は、基準（グランド）電位となるプリント配線であって、基板 2 0 の両搭載面上の外側部分に形成されている。グランド配線 2 4 の形状は、後述する回路搭載部 2 5 となる部分を除いたドーナツ形状であり、基板 2 0 および貫通穴 2 9 と中心を共通にしている。なお、グランド配線 2 4 の形状はこれに限定されない。導電体である固定具 4（後述）を介して、グランド配線 2 4 は外部導体 9 と電氣的に接続されている（図 1 および図 2 参照）ので、グランド配線 2 4 の電位は基準（グランド）電位となる。

【 0 0 6 8 】

回路搭載部 2 5 は、電流用変換回路 2 6 および電圧用変換回路 2 7 が搭載される場所であり、プリント基板 2 の両搭載面の外側部分の一部（グランド配線 2 4 が形成されていない部分）である。回路搭載部 2 5 には電流用変換回路 2 6 および電圧用変換回路 2 7 が搭載され、電流用変換回路 2 6 と出力配線 2 1 a , 2 1 a ' とが接続され、電圧用変換回路 2 7 とリング接続配線 2 2 とが接続されている。

【 0 0 6 9 】

電流用変換回路 2 6 は、コイル状配線 2 1 より入力される電流を所定の電圧レベルの信号である高周波電流信号に変換して出力するものである。電流用変換回路 2 6 は、回路搭載部 2 5 に配置され、回路搭載部 2 5 で出力配線 2 1 a , 2 1 a ' と接続されている。なお、図 3 においては記載を省略しているが、電流用変換回路 2 6 には高周波電流信号を出力するための出力配線が接続されている。出力配線は、外部導体 9 に設けられた開口部（図示しない）から外部導体 9 の外側に伸び、演算装置（図 1 2 参照）に接続されている。なお、本実施形態では、1 つの電子部品としての電流用変換回路 2 6 を搭載した場合について記載しているが、電流用変換回路 2 6 が複数の電子部品で構成されていてもよい。この場合、これらの電子部品を回路搭載部 2 5 に搭載して、各電子部品間をプリント配線で接続すればよい。

【 0 0 7 0 】

電圧用変換回路 2 7 は、リング状導体 2 3 より入力される電圧を所定の電圧レベルの信号である高周波電圧信号に変換して出力するものである。電圧用変換回路 2 7 は、回路搭載部 2 5 に配置され、回路搭載部 2 5 でリング接続配線 2 2 と接続されている。

【 0 0 7 1 】

図 5 は、電圧用変換回路 2 7 の内部構成の一例を説明するための図である。

【 0 0 7 2 】

電圧用変換回路 2 7 は、リング接続配線 2 2（図 3 参照）を介してリング状導体 2 3 に直列接続するコンデンサ C 2 と、リング状導体 2 3 とコンデンサ C 2 との接続点に接続される抵抗 R 1 とを備えている。内部導体 8 に生じる高周波電圧は、リング状導体 2 3 と内部導体 8 との間で形成されるコンデンサ（以下、場合により「コンデンサ C 1」とする。）とコンデンサ C 2 とによって分圧される。リング状導体 2 3 に生じる分圧された電圧のレベルが抵抗 R 1 で調整され、高周波電圧信号として出力される。

【 0 0 7 3 】

なお、演算装置には通常、入力端にボルテージフォロア回路（入力インピーダンスが高インピーダンス）が設けられているので、調整用の抵抗 R 1 には殆ど電流が流れない。もちろん、演算装置側の設計によっては電流が流れる場合がある。例えば、演算装置の入力端において、グランド電位との間に抵抗が設けられた場合には抵抗 R 1 にも若干の電流が流れる。そのため、抵抗 R 1 によって調整が可能となる。上記から分かるように、コンデンサ C 1 およびコンデンサ C 2 で構成される分圧回路が構成できればよい。そのため、調整用の抵抗 R 1 は必要なければ設けなくても良い。すなわち、コンデンサ C 1 はリング状導体 2 3 等によって形成されるため、電圧用変換回路 2 7 は少なくともコンデンサ C 2 を備えていればよい。

【 0 0 7 4 】

また、電圧用変換回路 2 7 のコンデンサ C 2 の代わりに、分圧用の抵抗を用いることに

よって、分圧回路を構成してもよい。これらコンデンサC2や分圧用の抵抗は、分圧用の素子となる。なお、コンデンサC2や分圧用の抵抗のような分圧用の素子は、1つの素子から構成されていてもよいし、複数の素子によって構成されていてもよい。また、コンデンサと抵抗とを組み合わせてもよい。もちろん、上述したように、減衰率および合成静電容量を考慮して、コンデンサC2の静電容量や分圧用の抵抗の抵抗値を設計する必要がある。

【0075】

なお、図3においては記載を省略しているが、電圧用変換回路27には高周波電圧信号を出力するための出力配線が接続されている。出力配線は、外部導体9に設けられた開口部（図示しない）から外部導体9の外側に伸び、演算装置（図12参照）に接続されている。なお、本実施形態では、1つの電子部品としての電圧用変換回路27を搭載した場合について記載しているが、電圧用変換回路27が複数の電子部品で構成されていてもよい。この場合、これらの電子部品を回路搭載部25に搭載して、各電子部品間をプリント配線で接続すればよい。

【0076】

電流用変換回路26および電圧用変換回路27、または、これらを構成する各電子部品は、プリント基板2の一方の搭載面の回路搭載部25に搭載されていてもよいし、プリント基板2の両方の搭載面の回路搭載部25に搭載されていてもよい。両方の搭載面の回路搭載部25に搭載されている場合は、スルーホールを介してプリント配線で接続すればよい。

【0077】

なお、電流用変換回路26および電圧用変換回路27をプリント基板2上に設けず、別途設ける様にしてもよい。この場合は、出力配線21a, 21a'の端部にそれぞれ出力端子を設け、これらの出力端子と電流用変換回路26とを接続配線で接続し、リング接続配線22の端部に出力端子を設け、この出力端子と電圧用変換回路27とを接続配線で接続すればよい。

【0078】

図1および図2に戻って、固定具4は、プリント基板2を外部導体9の内側に固定するものである。固定具4は、導電体であって、プリント基板2のグランド配線24（図3参照）上に導通するように固着されており、外部導体9に導通するように固定される。これにより、グランド配線24と外部導体9とは電氣的に接続されており、グランド配線24の電位は基準（グランド）電位となる。本実施形態では、固定具4として4つの取り付けブロックをプリント基板2に固着し、当該取り付けブロックと外部導体9に設けられたネジ穴（図示しない）とをそれぞれネジ（図示しない）を用いて固定している。なお、プリント基板2が外部導体9の内側に固定されればよいのであって、固定具4の取り付け方法はこれに限られるものではない。例えば、固定具4を外部導体9に溶接してもよいし、接着材で接着してもよい。また、固定具4を用いずに、プリント基板2を外部導体9に直接固定してもよい。また、グランド配線24と外部導体9とは他の方法で電氣的に接続してもよい。

【0079】

保護基板5は、内部導体8を伝送される高周波電力によって発生する電磁波から、プリント基板2上の配線および搭載された電子回路を保護するためのものである。保護基板5は、プリント基板2の基板20（図3参照）と同様の基板（貫通穴を形成された円形状の基板）の一方の搭載面（または、両方の搭載面）の全体にグランド配線を行ったものであり、内部導体8の軸方向にプリント基板2を挟むように2枚配置される。本実施形態では、保護基板5とリング状導体23とによって浮遊容量が生じることを抑制するために、保護基板5の貫通穴の内径をリング状導体23の外径と同程度とし、内部導体8の軸方向に見て保護基板5とリング状導体23との重なり部分が生じないようにしている。なお、保護基板5の貫通穴の大きさおよび形状は、これに限定されない。また、保護基板5の大きさおよび形状も限定されない。

【0080】

保護基板 5 は、後述する固定具 6 によって、プリント基板 2 に固定されている。また、保護基板 5 のグラウンド配線とプリント基板 2 のグラウンド配線 2 4 (図 3 参照) とが導通するように、導電体である固定具 6 で固定されているので、保護基板 5 のグラウンド配線の電位は基準 (グラウンド) 電位となる。なお、内部導体 8 から発生する電磁波が配線および電子回路に与える影響が小さい場合は、保護基板 5 を設けなくてもよい。

【0081】

固定具 6 は、保護基板 5 をプリント基板 2 に固定するものである。固定具 6 は、導電体であって、プリント基板 2 のグラウンド配線 2 4 (図 3 参照) と保護基板 5 のグラウンド配線とを導通するように、保護基板 5 をプリント基板 2 に固定する。これにより、保護基板 5 のグラウンド配線とグラウンド配線 2 4 とは電氣的に接続され、保護基板 5 のグラウンド配線の電位は基準 (グラウンド) 電位となる。本実施形態では、固定具 6 として 4 つの金属製のスペーサーを用いて、保護基板 5 がプリント基板 2 に平行となるように固定している。なお、図 1 においては保護基板 5 および固定具 6 の記載を省略している。なお、保護基板 5 がプリント基板 2 に固定されればよいのであって、固定具 6 の取り付け方法はこれに限られるものではない。例えば、固定具 6 を保護基板 5 およびプリント基板 2 に接着材で接着してもよい。また、固定具 4 によるプリント基板 2 の固定と同様に、保護基板 5 を外部導体 9 の内側に固定するようにしてもよい。また、保護基板 5 を外部導体 9 に直接固定してもよい。また、保護基板 5 のグラウンド配線とプリント基板 2 のグラウンド配線 2 4 とは他の方法で電氣的に接続してもよい。

【0082】

図 6 は、高周波検出装置 1 の内部構成を回路図で表した図である。

【0083】

同図に示すように、コイル状配線 2 1 は内部導体 8 に流れる高周波電流に応じた電流を検出するカレントトランスとして機能し、リング状導体 2 3 は内部導体 8 に生じる高周波電圧に応じた電圧を検出するコンデンサの一方の電極として機能する。コイル状配線 2 1 によって検出された電流は、出力配線 2 1 a, 2 1 a' を介して電流用変換回路 2 6 に入力される。電流用変換回路 2 6 は、入力された電流を所定の電圧レベルの信号である高周波電流信号に変換して出力する。リング状導体 2 3 によって検出された電圧は、リング接続配線 2 2 を介して電圧用変換回路 2 7 に入力される。電圧用変換回路 2 7 は、入力された電圧を所定の電圧レベルの信号である高周波電圧信号に変換して出力する。

【0084】

本実施形態において、リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の高さ (図 2 における上下方向の長さ) は、プリント基板 2 の厚さ (図 2 における上下方向の長さ) より大きくすることができる。これにより、プリント基板 2 にプリント配線でリング状配線を形成しこれを電極とした場合のコンデンサの容量と比べて、リング状導体 2 3 を電極としたコンデンサの容量を大きくすることができる。したがって、内部導体 8 との間に形成されるコンデンサの静電容量は、プリント基板 2 の厚さによって制限されない。すなわち、リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の高さは、プリント基板 2 の厚さよりも低くすることもできるが、プリント基板 2 の厚さよりも高くすることができる。そして、プリント基板 2 の厚さよりも高くすれば、従来技術では実現できなかった静電容量を得ることができる。前述したように、基板の厚さは現在では 5 mm 程度が最大であるので、リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の高さが 5 mm 以上の場合に特に有効な効果がある。

【0085】

例えば、図 15 に示す従来技術において、内部導体 8 の外径 a が 20 mm、リング状配線 5 1 4 a の内径 b が 60 mm、電圧検出用プリント基板 5 1 7 の厚さが 5 mm の場合、上記 (1) 式により、リング状配線 5 1 4 a を電極としたコンデンサの静電容量は最大でも 0.25 pF にしかできない。一方、内部導体 8 の外径 a 、リング状導体 2 3 の内径 b 、およびプリント基板 2 の厚さが同じ条件でも、リング状導体 2 3 の筒状部分 2 3 a の高さを 9.9 mm とすれば、リング状導体 2 3 を電極としたコンデンサの静電容量を 0.5

pFとすることができる。なお、上記の例で示した条件は一例であって、リング状導体23を電極としたコンデンサの静電容量等は、これに限定されない。例えば、リング状導体23を電極としたコンデンサの静電容量等の適正值は、内部導体8に生じる高周波電圧によっても異なるし、高周波電源装置から出力される高周波電力の周波数によっても異なる。

【0086】

また、リング状導体23はプリント基板2上に固定されているので取り扱いが容易であり、プリント基板2を所定の位置に配置することでリング状導体23を所定の位置に適切に配置することができる。

【0087】

さらに、高周波検出装置1のプリント基板2は外部導体9に固定されており、同軸管において内部導体8は外部導体9と同軸となるように固定されている。したがって、プリント基板2上に形成されたコイル状配線21、および、プリント基板2上に固定されたリング状導体23の、内部導体8に対する相対位置は固定されている。したがって、内部導体8に対するコイル状配線21およびリング状導体23の相対位置が変化したり不安定になったりすることが抑制される。これにより、検出値にバラツキが生じることを抑制することができる。

【0088】

また、高周波検出装置1は外部導体9の内側に配置される。したがって、高周波検出装置1を配置するためのスペースを新たに用意する必要がない。また、外部導体9を分断するなどの改造は必要なく、例えば、外部導体9に高周波検出装置1を固定するためのネジ穴を設けるなどの簡単な作業のみで高周波検出装置1を配置することができる。したがって、高周波検出装置1を伝送経路に容易に配置することができる。

【0089】

次に、図7～図9を参照して、第2実施形態に係る高周波検出装置を説明する。

【0090】

内部導体8に生じる電界がコイル状配線21に与える影響が大きい場合、電界の影響を低減する必要がある。一方、内部導体8を流れる高周波電流によって発生する磁束をコイル状配線21に作用させる必要があるため、コイル状配線21を完全に遮蔽することはできない。したがって、磁束をコイル状配線21に作用させつつ、電界がコイル状配線21に与える影響を低減するような遮蔽部を設ける必要がある。第2実施形態に係る高周波検出装置は、このような遮蔽部を設けているものである。

【0091】

図7～図9は、第2実施形態に係る高周波検出装置1'の構成を説明するための図である。図7は、同軸管に配置された高周波検出装置1'を同軸管の径方向に見た図であり、上記図2に対応する図である。なお、同軸管に配置された高周波検出装置1'を同軸管の軸方向に見た図は、図1と同様となるので省略している。なお、図7において、図2に示す高周波検出装置1と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。図7に示す高周波検出装置1'は、保護基板5上に遮蔽部5aを備えている点と、プリント基板2'の構成とが、図2に示す高周波検出装置1と異なる。

【0092】

遮蔽部5aは、保護基板5のプリント基板2'に対向する面に設けられている環状の導電体である。遮蔽部5aはプリント基板2'に設けられている遮蔽配線28（後述）と同様の形状となるように設けられており、保護基板5をプリント基板2'に固定したときに遮蔽部5aが遮蔽配線28に接続するようになっている。また、遮蔽部5aは保護基板5のグランド配線5上に設けられており、グランド配線5に接続している。コイル状配線21は、保護基板5のグランド配線5と遮蔽部5a、プリント基板2'の遮蔽配線28、および外部導体9からなる遮蔽部によって囲まれている。

【0093】

図8は、プリント基板2'を説明するための平面図であり、上記図3に対応する図であ

10

20

30

40

50

る。なお、図 8 において、図 3 に示すプリント基板 2 と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。図 8 に示すプリント基板 2' は、遮蔽配線 28 を備えている点が図 3 に示すプリント基板 2 と異なる。

【0094】

遮蔽配線 28 は、プリント基板 2' のコイル状配線 21 とリング状導体 23 との間に形成されたプリント配線であり、コイル状配線 21 を遮蔽する遮蔽部の一部として機能する。遮蔽配線 28 にはグラウンド配線 24 に延びる接続プリント配線 28a が形成されており、遮蔽配線 28 は接続プリント配線 28a を介してグラウンド配線 24 に接続している。なお、遮蔽配線 28 が保護基板 5 の遮蔽部 5a に接続される場合、遮蔽部 5a、保護基板 5、固定具 6 およびプリント基板 2' のグラウンド配線 24 を介してグラウンドに接続される。そのため、接続プリント配線 28a が形成されていなくてもよい。

10

【0095】

図 9 は、遮蔽配線 28 を説明するための図である。同図 (a) は図 8 に示す破線で囲まれた範囲 b 部分の拡大図であり、同図 (b) は同図 (a) の C-C' 線断面図である。

【0096】

同図に示すように、遮蔽配線 28 はスルーホール 28c、28c' およびプリント配線 28d、28d'、28e、28e' によって形成されている。なお、図 9 に示したスルーホール 28c、28c' は、インターステシャルバイアホール (Interstitial Via Hole) と呼ばれている特定の層間だけで貫通穴を開けるタイプのスルーホールである。同図 (a) に示すプリント配線 28d、28d' はプリント基板 2' の表面に形成されたプリント配線である。なお、同図 (a) においては表示さないプリント配線 28e、28e' が基板 20 の裏面に形成されている (同図 (b) 参照)。プリント配線 28e、28e' は、それぞれプリント配線 28d、28d' の対向する位置に配置されているので、同図 (a) においては、破線の引き出し線で符号を付している。同図 (b) においては、図の上側がプリント基板 2' (基板 20) の表面であり、図の下側がプリント基板 2' の裏面である。基板 20 の表面に形成された各スルーホール 28c は表面に形成されたプリント配線 28d によって接続され、基板 20 の裏面に形成された各スルーホール 28c は裏面に形成されたプリント配線 28e によって接続されている。また、基板 20 の表面に形成された各スルーホール 28c' は表面に形成されたプリント配線 28d' によって接続され、基板 20 の裏面に形成された各スルーホール 28c' は裏面に形成されたプリント配線 28e' によって接続されている。なお、図 7 に示す保護基板 5 の遮蔽部 5a によって、各スルーホール 28c、28c' がそれぞれ接続されるので、プリント配線 28d、28d'、28e、28e' が形成されていなくてもよい。図 8 では、遮蔽配線 28 は、リング接続配線 22 の部分を除いて、貫通穴 29 の周囲を略 1 周するように設けられている。

20

30

【0097】

図 9 (a) に示すように、遮蔽配線 28 は、スルーホール 28c がリング状導体 23 側に、スルーホール 28c' がコイル状配線 21 側になるように、2 重に形成されている。また、スルーホール 28c とスルーホール 28c' とは、貫通穴 29 から見た場合に隙間がなくなる (同図 (b) における各スルーホール 28c の間に各スルーホール 28c' が位置する) ように、互いにずらして配置されている。これにより、プリント基板 2' の貫通穴 29 に配置された内部導体 8 に生じる電界の影響を低減することができる。また、プリント基板 2' (基板 20) の表面側のスルーホール 28c、28c' と、プリント基板 2' の裏面側のスルーホール 28c、28c' との間には、遮蔽されていない隙間があるので、内部導体 8 を流れる高周波電流によって発生する磁束をコイル状配線 21 に作用させることができる。

40

【0098】

なお、遮蔽配線 28 の構成はこれに限られない。例えば、スルーホールが 3 重以上配置されるようにしてもよい。また、遮蔽配線 28 はコイル状配線 21 とリング状導体 23 との間に形成されていればよいのであって、円形状に配置されるものに限定されない。保護

50

基板 5 の遮蔽部 5 a の形状は、遮蔽配線 2 8 の形状に合わせればよい。また、スルーホール 2 8 c , 2 8 c ' を基板 2 0 の表面から裏面に亘って貫通するタイプのスルーホールとして、保護基板 5 の遮蔽部 5 a とスルーホール 2 8 c , 2 8 c ' との間に遮蔽されていない隙間を設ける様にしてもよい。

【 0 0 9 9 】

保護基板 5 のグラウンド配線と遮蔽部 5 a 、プリント基板 2 ' の遮蔽配線 2 8 、および外部導体 9 からなる遮蔽部は、その内部に配置されているコイル状配線 2 1 を内部導体 8 に生じる電界から遮蔽することによって、電界がコイル状配線 2 1 に与える影響を低減することができる。また、当該遮蔽部には遮蔽されていない隙間（図 9 の例では、遮蔽配線 2 8 の表面側のスルーホール 2 8 c , 2 8 c ' と、裏面側のスルーホール 2 8 c , 2 8 c ' との間の隙間）があるので、内部導体 8 を流れる高周波電流によって発生する磁束をコイル状配線 2 1 に作用させることができる。

10

【 0 1 0 0 】

上記第 1 実施形態では、保護基板 5 をプリント基板 2 と同様の大きさにした場合について記載したが、これに限られない。電磁波がプリント配線に与える影響が小さい場合は、プリント基板 2 上に搭載された電子回路のみを保護すればよい。この場合、保護基板 5 でコイル状配線 2 1 を覆う必要はなく、保護基板 5 の大きさを回路搭載部 2 5 を覆うことができる大きさにしてもよい。また、保護基板 5 を配置する代わりに、図 1 0 の破線に示す保護ケース 5 ' を回路搭載部 2 5 のみを覆うように配置してもよい。

【 0 1 0 1 】

20

上記第 1 実施形態および第 2 実施形態では、高周波検出装置 1 , 1 ' が高周波電圧信号と高周波電流信号の両方を検出する場合について説明したが、これに限られない。本発明は、高周波電圧信号のみを検出する高周波検出装置にも適用することができる。高周波電圧信号のみを検出する場合は、図 3 に示すプリント基板 2 において、コイル状配線 2 1 および電流用変換回路 2 6 を設ける必要がない。また、この場合、プリント基板 2 に貫通穴 2 9 を設けなくてもよい。例えば、プリント基板 2 に切り欠き部分を設けて、当該切り欠き部分にリング状導体 2 3 を固定するようにしてもよい。また、プリント基板 2 の外縁にリング状導体 2 3 を固定するようにしてもよい。

【 0 1 0 2 】

また、高周波電圧信号を検出するためのリング状導体 2 3 および電圧用変換回路 2 7 と、高周波電流信号を検出するためのコイル状配線 2 1 および電流用変換回路 2 6 とを、1 つのプリント基板 2 に形成する場合に限定されない。リング状導体 2 3 および電圧用変換回路 2 7 を形成したプリント基板とコイル状配線 2 1 および電流用変換回路 2 6 を形成したプリント基板とをそれぞれ外部導体 9 に固定する場合にも、本発明を適用することができる。

30

【 0 1 0 3 】

上記第 1 実施形態および第 2 実施形態では、高周波検出装置 1 , 1 ' を外部導体 9 の内側に固定する場合について説明したが、これに限られない。例えば、プリント基板 2 , 2 ' を筐体に固定し、当該筐体を外部導体 9 の内側に固定するようにしてもよい。また、当該筐体を内部導体 8 を覆う絶縁体に固定するようにしてもよい。これらの場合でも、内部導体 8 との間に形成されるコンデンサの静電容量がプリント基板 2 , 2 ' の厚さによって制限されないという効果を奏することができる。

40

【 0 1 0 4 】

また、内部導体 8 に代えて絶縁体で覆われた電力伝送用導電体に筐体を固定する場合、当該電力伝送用導電体の両端に同軸ケーブルをコネクタで接続するようにしてもよい。図 1 1 は、図 1 4 に示す従来の高周波検出装置 5 1 0 の電流検出用プリント基板 5 1 6 および電圧検出用プリント基板 5 1 7 に代えてプリント基板 2 を用いた第 3 実施形態に係る高周波検出装置 1 " を説明するための図である。

【 0 1 0 5 】

同図に示すように、高周波検出装置 1 " は、プリント基板 2（リング状導体 2 3 など

50

含む)、電力伝送用導電体 5 1 1、および筐体 5 1 8 を備えている。プリント基板 2 は筐体 5 1 8 に固定され、筐体 5 1 8 は電力伝送用導電体 5 1 1 を覆う絶縁体に固定されている。高周波検出装置 1 '' は、電力伝送用導電体 5 1 1 の両端に設けられたコネクタを同軸ケーブル 4 0 0 の端部に設けられたコネクタに接続することで、同軸ケーブル 4 0 0 の途中に接続させることができる。

【 0 1 0 6 】

本実施形態においても、電力伝送用導電体 5 1 1 との間に形成されるコンデンサの静電容量がプリント基板 2 の厚さによって制限されないという効果を奏することができる。

【 0 1 0 7 】

本発明に係る高周波検出装置、および、当該高周波検出装置を備えた同軸管は、上述した実施形態に限定されるものではない。また、本発明に係る高周波検出装置、および、当該高周波検出装置を備えた同軸管の各部の具体的な構成は、種々に設計変更自在である。

【符号の説明】

【 0 1 0 8 】

- 1 , 1 ' , 1 '' 高周波検出装置
- 2 , 2 ' プリント基板
- 2 0 基板
- 2 1 コイル状配線
- 2 1 a , 2 1 a ' 出力配線
- 2 1 c スルーホール
- 2 1 d , 2 1 e プリント配線
- 2 2 リング接続配線
- 2 3 リング状導体 (貫通導体)
- 2 3 a 筒状部分
- 2 3 b 鰐状部分
- 2 4 グランド配線
- 2 5 回路搭載部
- 2 6 電流用変換回路
- 2 7 電圧用変換回路
- 2 8 遮蔽配線
- 2 8 a 接続プリント配線
- 2 8 c , 2 8 c ' スルーホール
- 2 8 d , 2 8 d ' , 2 8 e プリント配線
- 2 9 貫通穴
- 4 固定具
- 5 保護基板 (保護手段)
- 5 a 遮蔽部
- 5 ' 保護ケース (保護手段)
- 6 固定具
- 8 同軸管内部導体
- 9 同軸管外部導体

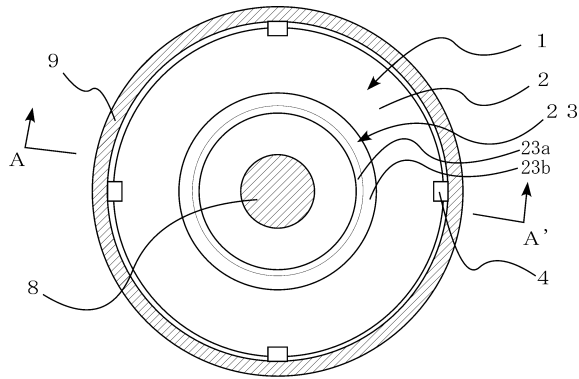
10

20

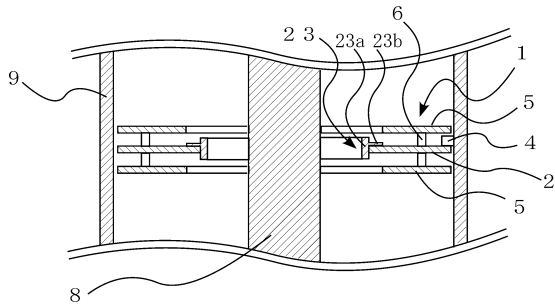
30

40

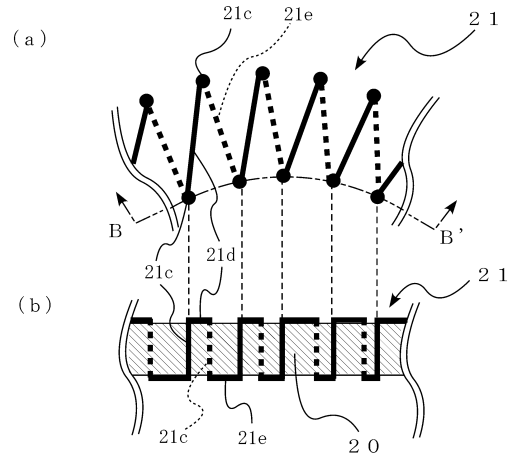
【図 1】



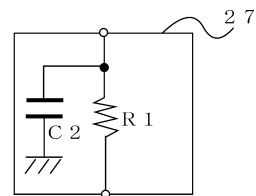
【図 2】



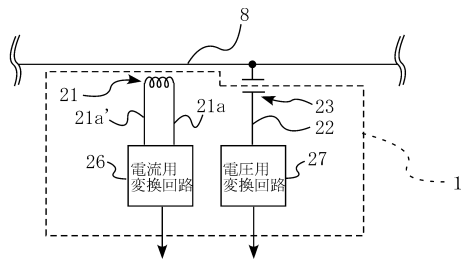
【図 4】



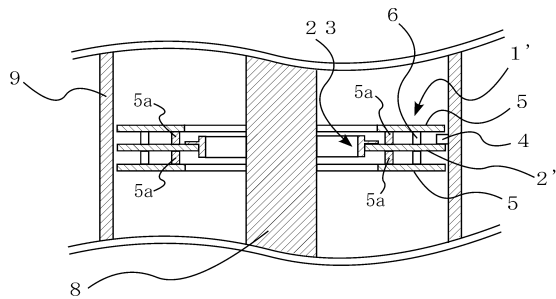
【図 5】



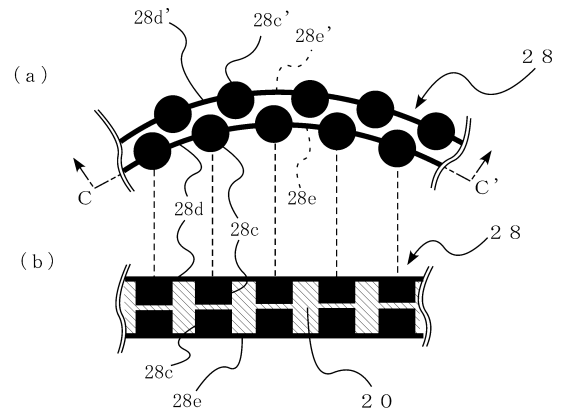
【図 6】



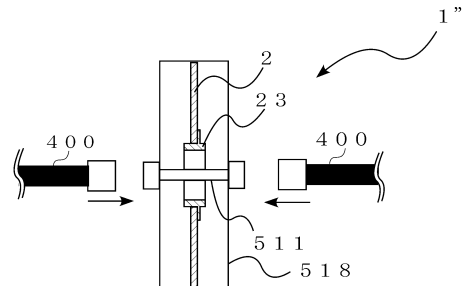
【図 7】



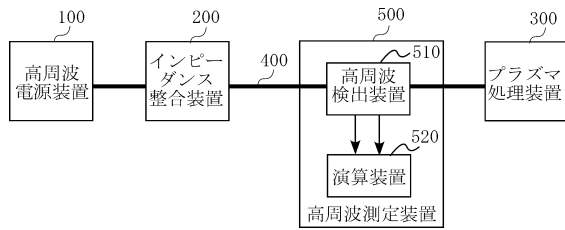
【図 9】



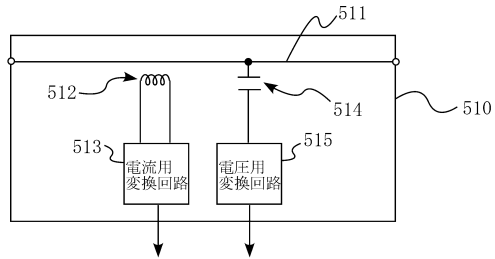
【図 11】



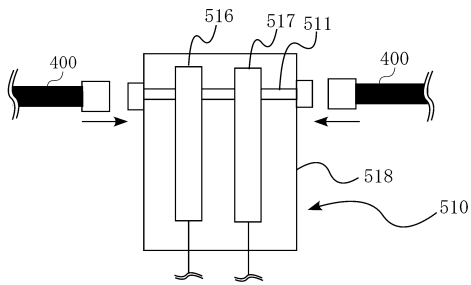
【図 1 2】



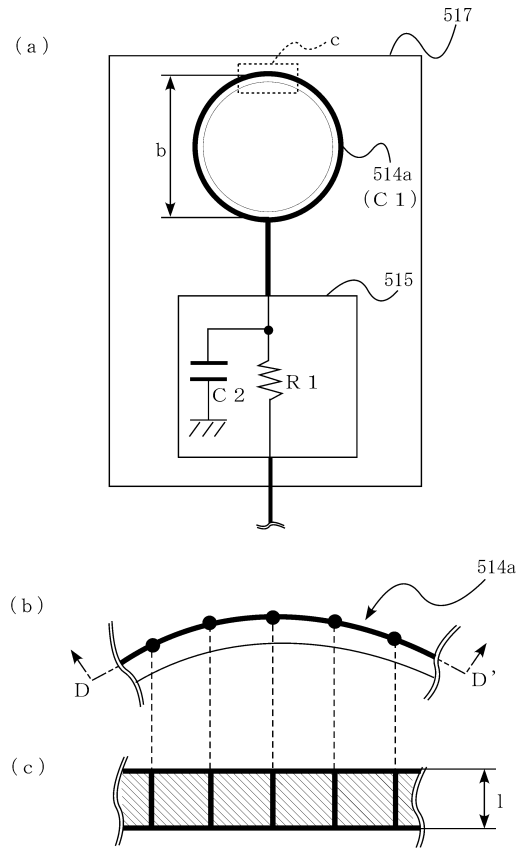
【図 1 3】



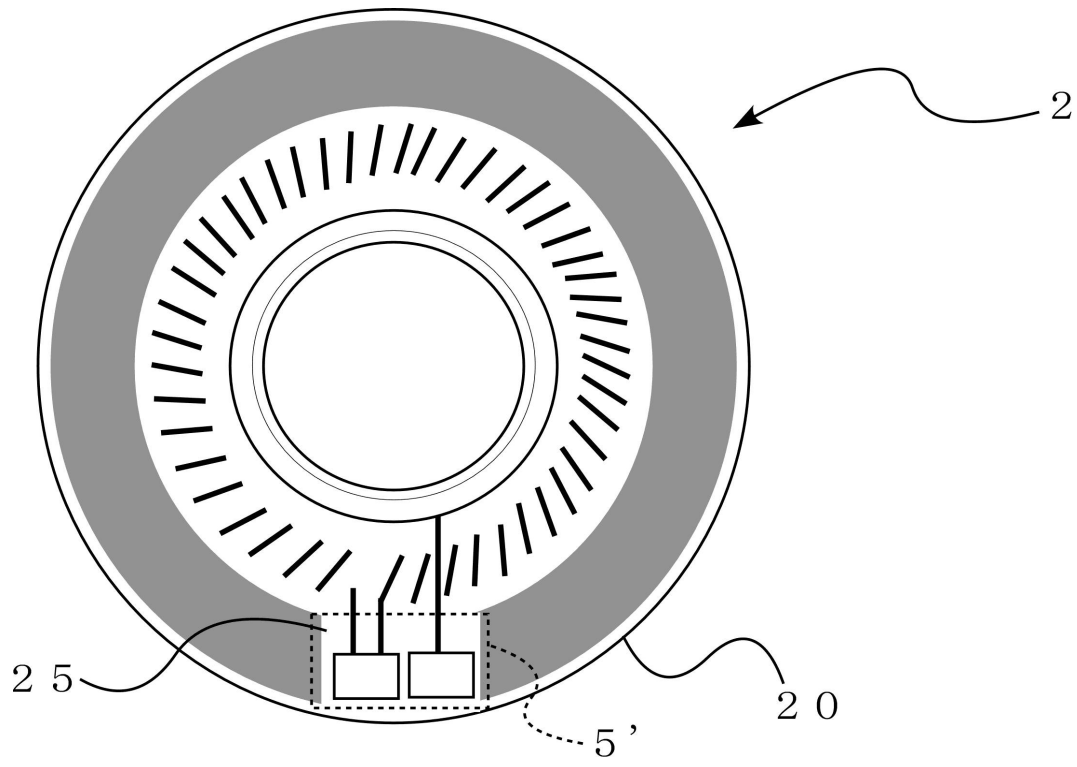
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 田淵 功
大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

審査官 柳 重幸

(56)参考文献 特開平04-314969(JP,A)
特開2009-058449(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 15/00 - 17/22