

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4916807号  
(P4916807)

(45) 発行日 平成24年4月18日(2012.4.18)

(24) 登録日 平成24年2月3日(2012.2.3)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 R 15/06 (2006.01)** GO 1 R 15/04 A

請求項の数 6 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2006-208966 (P2006-208966)	(73) 特許権者	000000262 株式会社ダイヘン
(22) 出願日	平成18年7月31日(2006.7.31)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(65) 公開番号	特開2007-225588 (P2007-225588A)	(72) 発明者	伊吹 吉史
(43) 公開日	平成19年9月6日(2007.9.6)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
審査請求日	平成21年7月16日(2009.7.16)		株式会社ダイヘン内
(31) 優先権主張番号	特願2006-21528 (P2006-21528)	(72) 発明者	天立 茂樹
(32) 優先日	平成18年1月30日(2006.1.30)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		株式会社ダイヘン内
		(72) 発明者	北野 朋彦
			大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
			株式会社ダイヘン内
		(72) 発明者	大前 修二
			大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
			株式会社ダイヘン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電圧検出用プリント基板及びそれを用いた電圧検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を貫通する貫通穴と、  
前記貫通穴の周囲にスルーホール及びパターン配線によって形成された第1配線とを備え、

交流電圧が生じている電力伝送用導電体が、前記貫通穴の内側を通るように配置された場合に、前記第1配線が、前記電力伝送用導電体の内、前記第1配線と対向する箇所と対となるコンデンサの電極として機能する電圧検出用プリント基板。

【請求項 2】

前記第1配線の一部に接続され、前記第1配線に生じる電圧を出力するための第2配線を、さらに備えた請求項1に記載の電圧検出用プリント基板。

10

【請求項 3】

前記第2配線は、パターン配線によって形成されるか、パターン配線及びスルーホールによって形成されている請求項2に記載の電圧検出用プリント基板。

【請求項 4】

前記交流電圧が、無線周波数帯域の周波数を有する交流電圧である請求項1～請求項3のいずれかに記載の電圧検出用プリント基板。

【請求項 5】

請求項2～請求項4のいずれかに記載の電圧検出用プリント基板と、  
前記電圧検出用プリント基板の第2配線から出力する電圧を所定の電圧レベルに変換す

20

る変換回路と、

前記変換回路によって変換した電圧を出力するための第3配線と、  
を備え、交流電力の伝送経路として用いる電力伝送用導電体に生じる交流電圧を検出する電圧検出器。

【請求項6】

前記変換回路が前記電圧検出用プリント基板上に設けられた請求項5に記載の電圧検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、交流電力の伝送経路として用いる電力伝送用導電体に生じる交流電圧を検出するために用いる電圧検出用プリント基板、及びそれを用いた電圧検出器に関するものであり、特に、交流電力として高周波電力を用いるものに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、インピーダンス整合装置や高周波電源装置のように、交流電力の電流と電圧とを検出し、検出した電流と電圧とを用いて制御等を行うものがある。その一例として、インピーダンス整合装置について説明する。

【0003】

図26は、インピーダンス整合装置が用いられる高周波電力供給システムの一例のブロック図である。

【0004】

この高周波電力供給システムは、半導体ウエハや液晶基板等の被加工物に、例えばプラズマエッチング、プラズマCVDといった加工処理を行うためのシステムであり、高周波電源装置61、伝送線路62、インピーダンス整合装置63、負荷接続部64及び負荷65(プラズマ処理装置65)で構成されている。

【0005】

高周波電源装置61は、高周波電力を出力して、負荷となるプラズマ処理装置65に供給するための装置である。なお、高周波電源装置61から出力された高周波電力は、同軸ケーブルからなる伝送線路62及びインピーダンス整合装置63及び遮蔽された銅板からなる負荷接続部64を介してプラズマ処理装置65に供給される。また、一般にこの種の高周波電源装置61では、無線周波数帯域の周波数(例えば、数百kHz以上の周波数)を有する高周波電力を出力している。

【0006】

プラズマ処理装置65は、ウエハ、液晶基板等を加工(エッチング、CVD等)するための装置である。

【0007】

インピーダンス整合装置63は、内部に図示しない可変インピーダンス素子(例えば、可変コンデンサ、可変インダクタ等)等で構成された整合回路を備えていて、高周波電源装置61と負荷65との間がインピーダンス整合するように、整合回路内の可変インピーダンス素子のインピーダンスを変化させる制御機能を有する。

【0008】

このような制御を行うために、インピーダンス整合装置63の入力端63aから整合回路までの間に、高周波電源装置61から出力された高周波の電流を検出する電流検出器および高周波の電圧を検出する電圧検出器を設け、これらの検出器で検出した電流と電圧とを用いて、進行波電力や反射波電力等の情報を求めている。そして、求めた情報を用いて、インピーダンス整合するように可変インピーダンス素子のインピーダンスを制御している。

【0009】

図27は、インピーダンス整合装置63の入力端から整合回路67までの間に設けられ

10

20

30

40

50

る電流検出器 80 および電圧検出器 90 の概略の回路図である。図 27 に示すように、入力端 63a から整合回路 67 までは、電力の伝送経路となる電力伝送用導電体 66 (例えば棒状の銅) が設けられている。そして、電力伝送用導電体 66 の途中に、電流検出器 80 と電圧検出器 90 とが設けられている。

【0010】

電流検出器 80 は、カレントトランス部 81、カレントトランス部 81 の出力配線 82, 83、電流用変換回路 84、および電流用変換回路 84 の出力配線 85 によって構成されている。この電流検出器 80 では、電力伝送用導電体 66 に流れる交流電流に応じた電流がカレントトランス部 81 に流れる。この電流は、出力配線 82, 83 を介して電流用変換回路 84 に入力され、所定の電圧レベルに変換されて電流用変換回路 84 の出力配線 85 から出力されるようになっている。

10

【0011】

また、電圧検出器 90 は、コンデンサ部 91、コンデンサ部 91 の出力配線 92、電圧用変換回路 93、および電圧用変換回路 93 の出力配線 94 によって構成されている。この電圧検出器 90 では、電力伝送用導電体 66 に生じる交流電圧に応じた電圧がコンデンサ部 91 に生じる。この電圧は、出力配線 92 を介して電圧用変換回路 93 に入力され、所定の電圧レベルに変換されて電圧用変換回路 93 の出力配線 94 から出力されるようになっている。

【0012】

そして、電流検出器 80 および電圧検出器 90 によって検出した電流と電圧とを用いて、上述したように、進行波電力や反射波電力等の情報を求めている。このような電流検出器 80 と電圧検出器 90 は、図 28、図 29 に示すような構造になっていた。

20

【0013】

図 28 は、電流検出器 80 および電圧検出器 90 の概略の外観図である。

【0014】

図 29 は、図 28 に示した電流検出器 80 および電圧検出器 90 の構成説明図である。図 29 において、同図 (a) は、図 28 の筐体 (点線で図示) を透過させた筐体内部図であり、同図 (b) は、カレントトランス部 81 周辺を同図 (a) の横側から見た図であり、同図 (c) は、コンデンサ部 91 周辺を同図 (a) の横側から見た図である。

【0015】

ただし、図 28、図 29 において、電力伝送用導電体 66 および電力伝送用導電体 66 を覆う絶縁体 69 は、説明のために図示しただけであり、電流検出器 80 および電圧検出器 90 には含まれない。また、図 28、図 29 では、便宜上、図 27 に示した構成要素に相当する部位には、同符号を付けている。

30

【0016】

以下、図 28、図 29 を参照して、電流検出器 80 と電圧検出器 90 について説明する。

【0017】

図 28、図 29 において、電力伝送用導電体 66 は、例えば、円筒形状の銅製の棒であり、電力伝送用導電体 66 の外周は、中空の絶縁体 69 で覆われている。そして、これらが筐体 71 を貫通している。また、筐体 71 内に電流検出器 80 を構成するカレントトランス部 81 および電圧検出器 90 を構成するコンデンサ部 91 が収容されている。

40

【0018】

カレントトランス部 81 は、リング状の磁性体コア (例えば、トロイダルコア、フェライトコア) に被覆された銅線等を巻きつけてコイル状の配線を形成したものである。そして、電力伝送用導電体 66 が磁性体コアの内側を通過するように、カレントトランス部 81 を配置することによって、電力伝送用導電体 66 に流れる電流に応じた電流が、カレントトランス部 81 のコイル状の配線に流れる構造になっている。

【0019】

カレントトランス部 81 に流れる電流は、コイル状の配線の両端部に接続された出力配

50

線 8 2 , 8 3 を介して電流用変換回路 8 4 に入力される。そして、電流用変換回路 8 4 では、入力された電流を所定の電圧レベルに変換して出力するようになっている。

【 0 0 2 0 】

また、コンデンサ部 9 1 は、絶縁体 6 9 の周囲にリング状の導体 9 1 b (例えば、銅のリング) を設けたものである。このリング状の導体 9 1 b は、電力伝送用導電体 6 6 と対向する部分 9 1 a と対となってコンデンサの電極として機能するために、コンデンサ部 9 1 には、電力伝送用導電体 6 6 に生じている電圧に応じた電圧が生じる。そして、コンデンサ部 9 1 に生じた電圧が、リング状の導体 9 1 b に接続された出力配線 9 2 を介して電圧用変換回路 9 3 に入力される。そして、電圧用変換回路 9 3 では、入力された電圧を所定の電圧レベルに変換して出力するようになっている。

10

【 0 0 2 1 】

なお、図 2 8、図 2 9 では、電流用変換回路 8 4 の出力配線 8 5 および電圧用変換回路 9 3 の出力配線 9 4 の図示を省略している。また、電磁波等の影響から電流用変換回路 8 4 および電圧用変換回路 9 3 を保護するために、電流用変換回路 8 4 および電圧用変換回路 9 3 を覆うように、共通の導体制の蓋 7 2 が設けられている。しかし、図 2 8 では、電流用変換回路 8 4 および電圧用変換回路 9 3 を図示するために、あえて蓋 7 2 を取り外した状態を図示している。また、図 2 9 では、蓋 7 2 の図示を省略している。

【 0 0 2 2 】

図 2 8、図 2 9 で説明したように、電流検出器 8 0 および電圧検出器 9 0 は、図 2 7 で示した回路図の構成だけでなく、カレントトランス部 8 1、コンデンサ部 9 1 等を覆う筐体をさらに備えている。そして、従来の電流検出器 8 0 および電圧検出器 9 0 では、筐体が共通となっている。

20

【 0 0 2 3 】

また、上述したような電流検出器 8 0、電圧検出器 9 0 は、高周波電源装置 6 1 等、他の装置にも使用することができる。例えば、高周波電源装置の場合は、高周波電源装置 6 1 の出力端に設け、出力する進行波電力が設定値になるように制御するために必要な電流と電圧とを検出するために使用される。

【 0 0 2 4 】

また、インピーダンス整合装置の出力端 6 3 b または負荷 6 5 の入力端における電流、電圧を検出して、検出した電流や電圧を制御や解析等に使用することもある。

30

【 0 0 2 5 】

図 3 0 は、電流検出器 8 0、電圧検出器 9 0 をインピーダンス整合装置内の整合回路と出力端との間に設ける場合の回路図である。

この図 3 0 に示すように、電流検出器 8 0、電圧検出器 9 0 をインピーダンス整合装置内の整合回路 6 7 と出力端 6 3 b との間の電力伝送用導電体 6 8 の途中に設けて、インピーダンス整合装置の出力端 6 3 b における電流、電圧を検出することもある。

【 0 0 2 6 】

この図 3 0 では、図 2 7 に示した回路図と同じものには同符号を付けている。ただし、インピーダンス整合装置の入力端 6 3 a と出力端 6 3 b とでは、電流、電圧に違いがあるので、電流検出器 8 0、電圧検出器 9 0 は、耐電流、耐電圧の観点から、構造上の相違がある。しかし、この図 3 0 では、それらの違いを考慮せずに同符号としている。例えば、通常、インピーダンス整合装置の入力端 6 3 a よりも出力端 6 3 b の方が、高電流、高電圧になる。そのために、インピーダンス整合装置の出力端 6 3 b に電流検出器 8 0、電圧検出器 9 0 を設ける場合は、インピーダンス整合装置の入力端 6 3 a に設ける場合よりも、電力伝送用導電体 6 8 を太い径の導電体にしたり、電力伝送用導電体 6 8 の外周を覆う絶縁体 6 9 の肉厚を厚くして、絶縁距離を長くする必要があるのである。しかし、図 3 0 に示した回路図では、便宜上、これらの違いを考慮していない。

40

【 0 0 2 7 】

また、図 3 0 のように、インピーダンス整合装置に使用する場合は、インピーダンス整合装置の入力側に、インピーダンス整合させるために必要な電流および電圧の情報を検出

50

するための検出器が別途必要であるが、図示を省略している。

【0028】

【特許文献1】特開2003-302431号公報

【特許文献2】特開2004-85446号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

電圧検出器90を構成するリング状の導体91bの内径は、電力伝送用導電体66の外周を覆う絶縁体69の外径と略同じであり、リング状の導体91bを絶縁体69に嵌め込むようにして取り付けられている。すなわち、絶縁体69によって位置決めされている。しかし、経年変化等で、絶縁体69の肉厚が薄くなる場合がある。この場合、リング状の導体91bの位置が不安定になるとともに、電力伝送用導電体66と絶縁体69との間に隙間ができる。このような状態で、電力伝送用導電体66に外力が作用すると、電力伝送用導電体66とリング状の導体91bとの位置関係が変化するために、電圧の検出値が初期時（検出器の調整時）と比べて変化してしまう。しかも、リング状の導体91bの位置が不安定であるので、複数の電圧検出器90を製作した場合に、個々の電圧検出器90の検出値にばらつきが生じ易くなる。

10

【0030】

さらに、リング状の導体91bに接続された出力配線92の形状もばらつきが生じやすいので、電圧の検出値にばらつきが生じる一因となっている。

20

【0031】

すなわち、電圧検出器90は、複数の検出器を製作した場合に、個々の検出器の検出値にばらつきが生じやすい構造になっていた。

【0032】

本発明は、上記事情のもとで考え出されたものであって、複数の検出器を製作した場合でも、個々の検出器の電圧の検出値のばらつきを低減させることができるコンデンサ部を提供する。また、それを用いた電圧検出器を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0033】

第1の発明によって提供される電圧検出用プリント基板は、基板を貫通する貫通穴と、前記貫通穴の周囲にスルーホール及びパターン配線によって形成された第1配線とを備え、

30

交流電圧が生じている電力伝送用導電体が、前記貫通穴の内側を通るように配置された場合に、前記第1配線が、前記電力伝送用導電体の内、前記第1配線と対向する箇所と対となるコンデンサの電極として機能する。

【0038】

第2の発明によって提供される電圧検出用プリント基板は、前記第1配線の一部に接続され、前記第1配線に生じる電圧を出力するための第2配線を、さらに備えている。

40

【0039】

第3の発明によって提供される電圧検出用プリント基板は、前記第2配線に関するものである。この前記第2配線は、パターン配線によって形成されるか、パターン配線及びスルーホールによって形成されている。

【0040】

第4の発明によって提供される電圧検出用プリント基板は、前記交流電圧が、無線周波数帯域の周波数を有する交流電圧である。

【0041】

第5の発明によって提供される電圧検出器は、第2～第4の発明のいずれかに記載の電圧検出用プリント基板と、

50

前記電圧検出用プリント基板の第2配線から出力する電圧を所定の電圧レベルに変換する変換回路と、

前記変換回路によって変換した電圧を出力するための第3配線と、  
を備え、交流電力の伝送経路として用いる電力伝送用導電体に生じる交流電圧を検出する。

【0042】

第6の発明によって提供される電圧検出器は、  
前記変換回路が前記電圧検出用プリント基板上に設けられている。

【発明の効果】

【0047】

第1の発明によれば、基板に設けられた貫通穴の周囲に形成された配線が、コンデンサの電極として機能するために、プリント基板に電圧検出機能を持たすことができる。

【0048】

また第1の発明によれば、スルーホール及びパターン配線によって、コンデンサの電極として機能するリング状の配線をプリント基板に形成できるので、複数の電圧検出用プリント基板を製作した場合に、個々の電圧検出用プリント基板に起因する電圧検出値のばらつきを低減させることができる。

また、パターン配線だけではなく、スルーホールを活用したところにこの配線の特徴がある。すなわちパターン配線だけでは、コンデンサの電極として機能させるための厚みをリング状の配線に持たせられない。そのため、スルーホールを用いることによって、リング状の配線の厚みを、厚くすることができる。

【0050】

第4の発明のように、無線周波数帯域の周波数を有する交流電圧であると、構造上のばらつきが、電圧の検出値に大きく影響を及ぼす。しかし、本発明のように、電圧検出用プリント基板を構成することによって、たとえ、無線周波数帯域の周波数を有する交流電圧であっても、その影響を最小限に止めることができる。

【0051】

第5の発明によれば、第2～第4の発明のいずれかに記載の電圧検出用プリント基板によって電圧検出を行うことができる。

【0052】

第6の発明によれば、第2配線をパターン配線（スルーホールを含む場合もある）によって形成できるように、配線の形状のばらつき等に起因する検出値のばらつきを低減させることができる。また、組み立て工数も低減させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

以下、本発明の詳細を図面を参照して説明する。

【0057】

(1) 電流検出用プリント基板：

図1は、電流検出用プリント基板1の一例を示す図である。

図1において、同図(a)は、電流検出用プリント基板1の平面図（基板の上から見た図）であり、同図(b)は、同図(a)の一部（点線で囲んだA部分）を拡大した概略図であり、同図(c)は、同図(b)の図示を簡略化するために、直線的に展開した図であり、同図(d)は、同図(c)を側面から見た場合の電流検出用プリント基板1の配線を図示したものである。なお、同図(d)に図示した配線は、説明のために、通常は見えない部分を透過させて図示している。

【0058】

図1(a)～(d)に示すように、電流検出用プリント基板1は、基板を貫通する貫通穴101が設けられており、その周囲にコイル状に形成された配線10（以下、コイル状の配線10という）が設けられている。このコイル状の配線10は、基板を貫通しながら、基板の表面121と裏面122とを交互に接続することによって両端部10a, 10b

10

20

30

40

50

を有するコイル状に形成されたものである。この配線の内、基板を貫通する部分は、スルーホール(Through Hole) 11によって形成され、基板の表面および裏面の配線は、パターン配線 12, 13によって形成されている。

【0059】

なお、図1(b)~(c)において、点線で示した部分は、基板の裏面のパターン配線を示すが、透過したものであるため、点線で示している。また、コイル状の配線10の両端部10a, 10bには、出力配線21, 22が接続されている。この出力配線が出力端子23, 24に接続されている。

【0060】

また、この例の場合は、両面構造の基板(以下、両面基板という)であるために、1つの絶縁体部110の表面層および裏面層にパターン配線が形成されることになる。

10

【0061】

図2は、交流電流が流れる電力伝送用導電体66および電力伝送用導電体66を覆う絶縁体69が、電流検出用プリント基板1に設けられた貫通穴101の内側を通るように配置された場合を示す図である。なお、図面の簡略化のために、配線の図示は省略している。また、本実施例および以降の実施例では、電流検出用プリント基板、後述する電圧検出用プリント基板等が、インピーダンス整合装置63の入力端から整合回路67までの間に設けられた場合を例にして説明をする。

【0062】

図1に示したような電流検出用プリント基板1にすると、交流電流が流れる電力伝送用導電体66が、図2に示すように、貫通穴101の内側を通るように配置された場合に、電磁誘導によって、コイル状の配線10に電流が流れる。すなわち、プリント基板にカレントトランス機能を持たすことができる。換言すれば、電流検出用プリント基板1に、カレントトランスを形成することができる。

20

【0063】

したがって、コイル状の配線10の部分は、図27に示した回路図のカレントトランス部81に相当する。

【0064】

このようにすると、コイル状の配線10の部分が、スルーホール及びパターン配線によって形成されるために、形状や位置のばらつきが殆どない。したがって、巻線間隔や巻き付け強さにばらつきが殆どないので、複数の電流検出用プリント基板1を製作した場合に、個々の電流検出用プリント基板1に起因する電流検出値のばらつきを低減させることができる。

30

【0065】

なお、後述するように、図27に示した電流用変換回路84に相当する電流用変換回路51を、図1の電流検出用プリント基板1上に構成してもよい。この場合、図1に示した出力端子23, 24は不要となつて、コイル状の配線10の出力配線21, 22が、直接、電流用変換回路51に接続される。

【0066】

また、基板の絶縁体部110は、例えば、ガラスエポキシで作られる。このような、基板の絶縁体部110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よりも、自己共振周波数が高くすることができる。したがって、検出可能な周波数帯域の上限が従来よりも高くなるという効果もある。

40

【0067】

図3は、電流検出用プリント基板1の他の一例を示す図である。

図3において、同図(a)は、電流検出用プリント基板1の平面図であり、同図(b)は、同図(a)の一部(点線で囲んだB部分)を拡大した概略図であり、同図(c)は、同図(b)の図示を簡略化するために、直線的に展開した図であり、同図(d)は、同図(c)を側面から見た場合の電流検出用プリント基板1の配線を図示したものであり、同

50

図(e)は、電流検出用プリント基板1の配線を、出力配線21等の部分を中心に、側面から図示したものである。なお、図3に図示した配線は、説明のために、通常は見えない部分を透過させて図示している。また、便宜上、電流検出用プリント基板1、スルーホール11、パターン配線12, 13等は、図1と同符号を用いている。

【0068】

図3に示す電流検出用プリント基板1は、基本的には、図1に示した電流検出用プリント基板1と同様であるが、基板が多層構造になっていて、コイル状の配線10が内部の層間に形成されている。

【0069】

なお、本明細書では、多層構造の基板(以下、多層基板という)を構成する絶縁体部を、図面の上部から見て順に、第1絶縁体部、第2絶縁体部、第3絶縁体部、・・・という具合に呼ぶ。また、基板の各絶縁体部の間に形成される導体層を、図面の上部から見て順に、第1導体層、第2導体層、第3導体層、・・・という具合に呼ぶ。また、基板の表面に形成される導体層を表面層、基板の裏面に形成される導体層を裏面層と呼ぶ。

【0070】

なお、両面基板も表面層および裏面層の2つの層があるので、多層基板と言えるが、絶縁体部が1つしかないので、基板の各絶縁体部の間に形成される導体層がない形態である。

【0071】

図3の例では、基板の絶縁体部が、第1絶縁体部111、第2絶縁体部112、および第3絶縁体部113の3つの絶縁体部で構成されているために、第1絶縁体部111と第2絶縁体部112との間に第1導体層131が形成され、第2絶縁体部112と第3絶縁体部113との間に第2導体層132が形成されている。また、基板の表面121(第1絶縁体部の上の面)には表面層が形成可能である。また、基板の裏面122(第3絶縁体部の下の面)には裏面層が形成可能であるが、図3の例では、基板の裏面層を設けていない。

【0072】

そのために、図3の場合、コイル状の配線10は、第1導体層131と第2導体層132との層間に形成されていることになる。したがって、コイル状の配線10が、基板の外側からは見ることができない構造にすることもできる。また、このような場合も、コイル状の配線10の部分は、図27に示した回路図のカレントトランス部81に相当する。

【0073】

また、図3(e)に示すように、コイル状の配線10の出力配線21は、第1導体層131に形成されたコイル状の配線10の一端10aに接続されたパターン配線21aと、スルーホール21bと、基板の表面に形成されたパターン配線21cによって形成されて、出力端子23に接続される。コイル状の配線10の出力配線22については、同様であるために説明を省略する。

【0074】

なお、後述するように、図27に示した電流用変換回路84に相当する電流用変換回路51を、図3の電流検出用プリント基板1上に構成してもよい。この場合、図3に示した出力端子23, 24は不要となって、コイル状の配線10の出力配線21, 22が、直接、電流用変換回路51に接続される。

【0075】

図4は、コイル状の配線10の他の例を示す図である。例えば、図4(a)に示すように、コイル状の配線10が、基板の表面層と第2導体層132との層間に形成されていてもよい。なお、図4(a)の場合は、基板の裏面122に裏面層が設けられていないため、コイル状の配線10が、基板の最上層である表面層と最下層である第2導体層132とを交互に接続することによって形成されていることになる。

また、図4(b)に示すように、コイル状の配線10が、基板の表面層と裏面層との層間に形成されていてもよい。なお、図4(b)の場合は、図1と同様に、コイル状の配線

10

20

30

40

50



10が、基板の表面層と裏面層とを交互に接続することによって形成されていることになる。

【0076】

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。

【0077】

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、特にビアホール（Via Hole）と呼ばれる。そして、ビアホールには、基板の表面から裏面に亘って貫通穴を開ける貫通型のビアホール（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ビアホール（Interstitial Via Hole）とがある。また、インターステシャルビアホールには、図4（a）のように、基板の片面から穴が見えるブラインドビア（Blind Via）と、図3のように、基板の両面から穴が見えないベリッドビア（Buried Via）とがある。

【0078】

また、図3、図4に示した例は、所謂、4層基板（表面層と裏面層の層を含めて導体層が4つ形成可能）であるが、これに限定されることはなく、例えば、3層基板、6層基板、8層基板等の多層基板であってもよい。

【0079】

図5は、電流検出用プリント基板1の他の一例を示す図である。この図5に示す電流検出用プリント基板1は、図1と異なり、2つのコイル状の配線10が、1つの電流検出用プリント基板1に備わっているところに特徴がある。具体的には、電流検出用プリント基板1の外側付近にある第1のコイル状の配線10-1と、第1のコイル状の配線10-1よりも貫通穴101に近い位置にある第2のコイル状の配線10-2とが、電流検出用プリント基板1に備わっている。また、これらの第1のコイル状の配線10-1および第2のコイル状の配線10-2は、図1（b）～（c）で示したものと同様に、スルーホール（Through Hole）およびパターン配線によって形成されている。そのために、ここでは、その説明を省略する。また、もちろん、図3に示したような多層基板に適用することもできるが、ここでは、説明を省略する。

【0080】

上述したように、図5に示した電流検出用プリント基板1では、2つのコイル状の配線10が備わっているので、1つの電流検出用プリント基板1に、複数種類のカレントトランスを形成することが可能となる。この様子を図6を参照して説明する。

【0081】

図6は、図5に示した電流検出用プリント基板1の結線図である。

図5に図示したように、第1のコイル状の配線10-1の両端部10-1a, 10-1bには、出力端子23-1, 24-1が接続されている。また、第2のコイル状の配線10-2の両端部10-2a, 10-2bには、出力端子23-2, 24-2が接続されている。この場合、図6に示すように結線することによって、1つの電流検出用プリント基板1に、複数種類のカレントトランスを形成することが可能となる。なお、図6において、「x」は、他と接続しないという意味である。

【0082】

具体的には、図6（a）に示すように結線した場合、電流検出用プリント基板1には、第1のコイル状の配線10-1を用いたカレントトランスが形成される。

また、図6（b）に示すように結線した場合、電流検出用プリント基板1には、第2のコイル状の配線10-2を用いたカレントトランスが形成される。

また、図6（c）に示すように、出力端子23-2と出力端子24-1とを接続すると、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とが直列接続した場合のカレントトランスが形成される。したがって、この場合は、図6（a）、図6（b）に

10

20

30

40

50

示した場合よりもインダクタンスの大きいカレントトランスを形成することができる。

また、図6(d)に示すように、出力端子23-1と出力端子23-2とを接続し、出力端子24-1と出力端子24-2とを接続すると、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とを並列接続した場合のカレントトランスを形成することができる。

#### 【0083】

図7は、電流検出用プリント基板1の他の一例を示す図である。この図7に示す電流検出用プリント基板1は、図5と同様に、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とが、1つの電流検出用プリント基板1に備わっているが、図5と異なり、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とが、あたかも2重螺旋構造のように配置されているところに特徴がある。また、この図7の場合でも、図5と同様に、1つの電流検出用プリント基板1に、複数種類のカレントトランスを形成することが可能となる。なお、図5及び図7では、配線の区別をしやすくするために、出力端子の位置をずらして図示しているが、これに限定されるものではなく、他の位置関係にしてもよい。

10

#### 【0084】

また、図7に示すように、2重螺旋構造のように第1のコイル状の配線10-1及び第2のコイル状の配線10-2を配置することができるが、この図7に示す例以外にも、多くの配置例が考えられる。

#### 【0085】

図8は、第1のコイル状の配線10-1及び第2のコイル状の配線10-2の配置例を示す図である。この図8は、第1のコイル状の配線10-1及び第2のコイル状の配線10-2の断面を概略的に示すものであって、様々な配置例があることを示している。なお、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とは、紙面で見ても奥行き方向に対してずれているが、説明の都合上、通常は見えない部分を透過させて図示しているため、重なっているように見えている。

20

#### 【0086】

例えば、図8(a)は、同一の導体層に第1のコイル状の配線10-1及び第2のコイル状の配線10-2を形成しているが、第1のコイル状の配線10-1の方が第2のコイル状の配線10-2よりも、パターン配線が長い例である。もちろん、第1のコイル状の配線10-1の方よりも第2のコイル状の配線10-2のパターン配線を長くしてもよい。

30

図8(b)は、図8(a)と同様であるが、第1のコイル状の配線10-1と第2のコイル状の配線10-2とのパターン配線が同一長となっている例である。

図8(c)は、第1のコイル状の配線10-1よりも内側に第2のコイル状の配線10-2のスルーホールを形成し、且つ、第1のコイル状の配線10-1よりも内側の導体層に、第2のコイル状の配線10-2のパターン配線を形成した例である。

図8(d)は、第1のコイル状の配線10-1よりも内側に第2のコイル状の配線10-2のスルーホールを形成しているが、第1のコイル状の配線10-1よりも外側の導体層に、第2のコイル状の配線10-2のパターン配線を形成した例である。

40

図8(e)は、第1のコイル状の配線10-1よりも外側に第2のコイル状の配線10-2のスルーホールを形成しているが、第1のコイル状の配線10-1よりも内の導体層に、第2のコイル状の配線10-2のパターン配線を形成した例である。

#### 【0087】

その他にも、様々な変形例が考えられるが、上記の例から容易に考えられるので、説明を省略する。なお、図8(a)及び(b)のように、第1のコイル状の配線10-1及び第2のコイル状の配線10-2のパターン配線を同一の導体層に形成する場合は、両面基板を用いることができる。

#### 【0088】

また、図8では、電流検出用プリント基板1の平面図で見たときに、第1のコイル状の

50

配線 10 - 1 及び第 2 のコイル状の配線 10 - 2 のスルーホール及びパターン配線がずれている例を示した。このようにすると、様々な配置例が可能となるが、図 8 ( c ) のように、第 1 のコイル状の配線 10 - 1 のスルーホールよりも内側に、第 2 のコイル状の配線 10 - 2 のスルーホールを形成し、且つ、第 1 のコイル状の配線 10 - 1 のパターン配線よりも内側に、第 2 のコイル状の配線 10 - 2 のパターン配線を形成すれば、平面図で見たときに、第 1 のコイル状の配線 10 - 1 及び第 2 のコイル状の配線 10 - 2 のパターン配線が部分的に重なってもよい。もちろん、第 1 のコイル状の配線 10 - 1 及び第 2 のコイル状の配線 10 - 2 の関係を逆にすることも可能である。

【 0 0 8 9 】

なお、図 5、図 7 では、2 つのコイル状の配線 10 が、1 つの電流検出用プリント基板 1 に備わっている例を示したが、この数に限定されるものではなく、3 つ以上のコイル状の配線 10 を、1 つの電流検出用プリント基板 1 に備えるようにしてもよい。もちろん、そうなると、1 つの電流検出用プリント基板 1 に形成されるコイル状の配線 10 の組み合わせも増やすことができる。また、後述するように、電流検出用プリント基板 1 上に電流用変換回路 5 1 を備える場合でも、同じ考え方を適用できる。この場合は、上記と同様に、コイル状の配線 10 の両端部付近で、配線の結線をしてよいし、電流用変換回路 5 1 の内部で結線するようにしてもよい。すなわち、各配線の両端部または電氣的に同一箇所において、他の配線の両端部または電氣的に同一箇所と、電氣的に接続可能である。

【 0 0 9 0 】

次に、図 5、図 7 に示したような、電流検出用プリント基板 1 に複数のコイル状の配線 10 が設けられている場合の効果の説明する。

【 0 0 9 1 】

一般にコイル（インダクタともいう）には、周波数特性があり、使用する周波数によって特性が変化する。具体的には、周波数の低い領域では、電流の検出レベルが低い。そのために、周波数の高い領域で使用するようになるが、周波数が高くなりすぎても共振してしまう。共振するときの周波数を共振周波数と言うが、共振周波数付近では、電流の検出レベルの変化が大きすぎて、電流の検出には不向きである。そのために、概略的には、検出可能な周波数帯域が限定される。すなわち、使用できる周波数には、下限と上限が生じる。

【 0 0 9 2 】

また、検出可能な周波数帯域は、コイルのインダクタンスが大きくなると、周波数が低くなる方に移行し、コイルのインダクタンスが小さくなると、周波数が高くなる方に移行する傾向がある。そのために、電力伝送用導電体 6 6 に流れる交流電流の周波数によって、コイル状の配線 10 のインダクタンスを適切な値に選定する必要がある。

【 0 0 9 3 】

さて、前述した高周波電源装置 6 1 は、用途に応じて出力する高周波電力の周波数が異なる。例えば、用途に応じて、2 MHz、13.56 MHz 等の周波数が用いられる。そのために、これらの周波数に応じて、コイル状の配線 10 のインダクタンスを選定する必要が生じるので、1 つの電流検出用プリント基板 1 に、複数種類のカレントトランスを形成できるようにしておくこと、利便性が高まる。例えば、2 MHz 用のカレントトランスと 13.56 MHz 用のカレントトランスの両方を形成できるようにしておくこと、それぞれの周波数に応じた電流検出用プリント基板 1 を用意する必要がないので、製品の種類を削減することができる。

【 0 0 9 4 】

また、図 1、図 3 に示した例のように、コイル状の配線 10 が、1 重巻きの配線であると、巻数を多くするにも限度があるので、インダクタンスを大きくするにも限度がある。そこで、図 6 ( c ) のような直列接続にすれば、コイル状の配線 10 のインダクタンスを大きくできるので、検出可能な周波数帯域をより低くすることができる。

【 0 0 9 5 】

( 2 ) 電圧検出用プリント基板 :

10

20

30

40

50

図9は、本発明に係る電圧検出用プリント基板2の一例を示す図である。

図9において、同図(a)は、電圧検出用プリント基板2の平面図であり、同図(b)は、同図(a)の一部(点線で囲んだC部分)を拡大した概略図であり、同図(c)は、同図(b)の図示を簡略化するために、直線的に展開した図であり、同図(d)は、同図(c)を側面から見た場合の電圧検出用プリント基板1の配線を図示したものである。なお、同図(d)に図示した配線は、説明のために、通常は見えない部分を透過させて図示している。

【0096】

図9(a)~(d)に示すように、電圧検出用プリント基板2は、基板を貫通する貫通穴201が設けられており、その周囲にリング状の配線30が設けられている。このリング状の配線30は、貫通穴201の周囲に沿って、基板を貫通するスルーホール31を複数設け、かつ基板の表面221および裏面222にスルーホール部を繋げるようにパターン配線32, 33を設けることによって形成されたものである。そのために、基板の表面および裏面にあるパターン配線32, 33の間にスルーホールが設けられているので、基板の厚みと略同じ厚みを有するように形成されて、あたかも、リング状の配線30となる。

10

【0097】

なお、図9(b)~(c)では、基板の表面および裏面にあるパターン配線32, 33が重なっている。また、リング状の配線30には、出力配線40が接続されている。

【0098】

20

図9に示したような電圧検出用プリント基板2にすると、交流電圧が生じている電力伝送用導電体66が、貫通穴201の内側を通るように配置された場合に、リング状の配線30が、前記電力伝送用導電体66の内、リング状の配線30と対向する箇所と対となるコンデンサの電極として機能する。すなわち、プリント基板にコンデンサの電極としての機能を持たすことができる。したがって、リング状の配線30の部分は、図27に示した回路図のコンデンサ部の電極91bに相当する。

【0099】

このようにすると、リング状の配線30の部分が、スルーホール31及びパターン配線32, 33によって形成されるために、形状や位置のばらつきが殆どないので、複数の電圧検出用プリント基板2を製作した場合に、個々の電圧検出用プリント基板2に起因する電圧検出値のばらつきを低減させることができる。

30

【0100】

なお、後述するように、図27に示した電圧用変換回路93に相当する電圧用変換回路53を、図9の電圧検出用プリント基板2上に構成してもよい。この場合、図9に示した出力端子41は不要となっており、リング状の配線30の出力配線40が、直接、電圧用変換回路53に接続される。

【0101】

なお、リング状の配線30は、本発明の第1配線の一例であり、出力配線40は、本発明の第2配線の一例である。

【0102】

40

図10は、本発明に係る電圧検出用プリント基板2の他の一例を示す図である。

図10において、同図(a)は、電圧検出用プリント基板2の平面図であり、同図(b)は、同図(a)の一部(点線で囲んだD部分)を拡大した概略図であり、同図(c)は、同図(b)の図示を簡略化するために、直線的に展開した図であり、同図(d)は、同図(c)を側面から見た場合の電圧検出用プリント基板2の配線を図示したものであり、同図(e)は、電圧検出用プリント基板2の配線を、出力配線40等の部分を中心に、側面から図示したものである。なお、図10に図示した配線は、説明のために、通常は見えない部分を透過させて図示している。また、便宜上、電圧検出用プリント基板2、スルーホール31、パターン配線32, 33等は、図9と同符号を用いている。

【0103】

50

図10に示す電圧検出用プリント基板2は、基本的には、図9に示した電圧検出用プリント基板2と同様であるが、基板が多層構造になっていて、リング状の配線30が内部の層間に形成されている。これについては、図3と同様であるので、説明は省略する。

【0104】

そのために、図10の場合、リング状の配線30は、第1導体層231と第2導体層232との層間に形成されていることになる。したがって、リング状の配線30が、基板の外側からは見ることができない構造にすることもできる。また、このような場合も、リング状の配線30の部分は、図27に示した回路図のコンデンサ部の電極91bに相当する。

【0105】

また、リング状の配線30の出力配線40は、例えば、図10(e)に示すように、第1導体層231に形成されたコイル状の配線10の一端10aに接続されたパターン配線40aと、スルーホール40bと、基板の表面に形成されたパターン配線40cとによって形成されて、出力端子41に接続される。

【0106】

なお、これまで説明した例とは異なり、図11のようにリング状の配線30を形成してもよい。

【0107】

図11は、リング状の配線30の他の一例である。

図11(a)は、スルーホール31が貫通した部分の最上層から最下層の間に、スルーホール部を繋げるようための別のパターン配線を設けた例である。この例では、基板の上から順に、パターン配線34、パターン配線35、パターン配線36、およびパターン配線37の4つのパターン配線が設けられている。このように、3つ以上のパターン配線を設けてもよい。

また、図11(b)は、スルーホール31が貫通した部分の最上層から最下層の間の1層のみに、パターン配線38を設けた例である。このように、1つのパターン配線だけを設けてもよい。

したがって、スルーホールが貫通した部分の最上層から最下層の内の少なくとも1つの層に前記スルーホール部を繋げるようにパターン配線を設ければよい。また、この図11のような場合も、リング状の配線30の部分は、図27に示した回路図のコンデンサ部の電極91bに相当する。

【0108】

(3) 電流・電圧検出器：

図12は、電流・電圧検出器3の概略の外観図である。図12において、同図(a)は、電流・電圧検出器3を立体的に示した概略の外観図であり、同図(b)は、導電体製の筐体の側面から見た概略の外観図であり、同図(c)は、同図(b)の筐体を取り除いた場合の図である。

【0109】

この図12(a)に示すように、電流・電圧検出器3は、従来と同様に、電力伝送用導電体66が筐体を貫通できる構造となっている。なお、電力伝送用導電体66およびその周囲にある絶縁体69は、電流・電圧検出器3の構成には含まれないが、説明に必要であるので、図示している。また、絶縁体69は、電力伝送用導電体66と電流・電圧検出器3との絶縁を行うためのものである。そのために、絶縁体69の長さは、図示したよりも短くてよいが、図面の簡略化のために図12(a)のようにしている。これに関しては、他の図面も同様である(例えば図17)。

【0110】

また、図12(c)に示すように、筐体内に、電流検出用プリント基板1と電圧検出用プリント基板2とが収容された構造となっている。そのために、筐体内を通過する電力伝送用導電体66に流れる電流を電流検出用プリント基板1によって検出し、電力伝送用導電体66に生じている電圧を電圧検出用プリント基板2によって検出することが出来る構

10

20

30

40

50

造になっている。

【 0 1 1 1 】

すなわち、図 1 2 ( b ) に示した例で説明すると、電流・電圧検出器 3 の左側の部分が電流検出器 3 1 0 に相当し、右側の部分が、電圧検出器 3 2 0 に相当することになる。なお、筐体は、アルミニウム等の導電体で作られている。そして、この電流検出器 3 1 0 は、図 2 7 に示した電圧検出器 8 0 に相当し、電圧検出器 3 2 0 は、図 2 7 に示した電圧検出器 9 0 に相当する。

【 0 1 1 2 】

図 1 3 は、図 1 2 に示した電流・電圧検出器 3 の概略構成図である。この図 1 3 において、同図 ( a ) は、電流・電圧検出器 3 の概略の構成図であり、同図 ( b ) は、同図 ( a ) の構成要素を組み立てたときの概略図である。なお、この図 1 3 では、各構成要素の形状は概略を示すのみである。例えば、筐体や基板には、電力伝送用導電体 6 6 を貫通させるための貫通穴や磁束を通過させるための開口部が設けられているが、これらは図示していない。また、図 1 3 では、外側から見えない部分の概略を点線で示している。

10

【 0 1 1 3 】

図 1 3 ( a ) に示すように、電流・電圧検出器 3 は、筐体本体 3 0 0 と、筐体本体 3 0 0 に固定される電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2、電流検出部用蓋 3 0 1、および電圧検出部用蓋 3 0 2 によって構成されている。もちろん、それらを固定するための螺子やビス等の部品も含まれるが、これらの部品は構成要素の一部と見なすとともに、説明の簡略化のために図示を省略する。また、図 1 3 ( a ) に示した矢印で図示したように各構成部品を筐体本体 3 0 0 に固定すると、図 1 3 ( b ) に示したように、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 がそれぞれ筐体本体 3 0 0 の内部に固定されるとともに、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 をそれぞれ覆うように蓋がされる。

20

【 0 1 1 4 】

すなわち、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 が筐体内に配置される点は従来と同様である。しかし、筐体本体 3 0 0 は、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 とで共通であるが、電流検出用プリント基板 1 が固定される側を表面とすると、電圧検出用プリント基板 2 が裏面に固定されるようになっているので、概略的には、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 とがそれぞれ独立した空間内に収容されることになる。したがって、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 との間での相互干渉がほとんどなく、検出精度が高まるという効果がある。

30

【 0 1 1 5 】

次に、電流検出部用蓋 3 0 1 および電圧検出部用蓋 3 0 2 を除いた部分について、具体的に説明する。

図 1 4 は、筐体本体 3 0 0 の図である。図 1 4 において、同図 ( a ) は、電流検出用プリント基板 1 が固定される側から見た図であり、同図 ( b ) は、筐体本体 3 0 0 の側面の断面図であり、同図 ( c ) は、電圧検出用プリント基板 2 が固定される側から見た図である。

【 0 1 1 6 】

図 1 5 は、筐体本体 3 0 0 を立体的に図示した図であり、同図 ( a ) は、電流検出用プリント基板 1 が固定される側から見た図であり、同図 ( b ) は、電圧検出用プリント基板 2 が固定される側から見た図である。

40

【 0 1 1 7 】

図 1 6 は、電流検出部用蓋 3 0 1 および電圧検出部用蓋 3 0 2 を取り付けない状態で、電流検出用プリント基板 1 および電圧検出用プリント基板 2 を筐体本体 3 0 0 に取り付けたときの図である。また、図 1 6 において、同図 ( a ) は、電流検出用プリント基板 1 側の図であり、同図 ( b ) は、電圧検出用プリント基板 2 側の図である。

【 0 1 1 8 】

図 1 4 ~ 図 1 6 に示したように、筐体本体 3 0 0 には、貫通穴 3 0 3 および凹部 3 1 1

50

、 3 1 2、 3 2 1、 3 2 2 が設けられているので、電力伝送用導電体 6 6 および電力伝送用導電体 6 6 を覆う絶縁体 6 9 を貫通させるとともに、電流検出用プリント基板 1 と電圧検出用プリント基板 2 とを筐体内部に収容できるようになっている。なお、電流検出用プリント基板 1 は、凹部 3 1 1、 3 1 2 が設けられている方に収容され、電圧検出用プリント基板 2 は、凹部 3 2 1、 3 2 2 が設けられている方に収容される。

【 0 1 1 9 】

また、凹部 3 1 1 の四隅に 4 つの基板固定部 3 1 5 を設けて、この部分に電流検出用プリント基板 1 を固定するようになっている。これは、電流検出用プリント基板 1 に設けるコイル状の配線が筐体に接触しないようにするために、凹部 3 1 1 の底面に対して、電流検出用プリント基板 1 を浮かせるためである。

10

【 0 1 2 0 】

同様に、凹部 3 2 1 の底面に対して、電圧検出用プリント基板 2 を浮かせるために、凹部 3 2 1 の四隅に 4 つの基板固定部 3 2 4 を設けている。

【 0 1 2 1 】

なお、例えば、図 3 のように電流検出用プリント基板 1 のコイル状の配線 1 0 が、基板の裏面層に形成されない場合は、凹部 3 1 1 の四隅に設けた基板固定部 3 1 5 を不要にでき、凹部 3 1 1 と凹部 3 1 2 との底面の高さを同一とすることができる。そのために、筐体本体 3 0 0 の構造を簡略化することが可能である。同様に、例えば、図 1 0 のように電圧検出用プリント基板 2 のリング状の配線 3 0 が、基板の裏面層に形成されない場合は、凹部 3 2 1 の四隅に設けた基板固定部 3 2 4 を不要にでき、凹部 3 2 1 と凹部 3 2 2 との底面の高さを同一とすることができる。そのために、筐体本体 3 0 0 の構造を簡略化することが可能である。

20

【 0 1 2 2 】

また、筐体本体 3 0 0 の電流検出用プリント基板 1 側には、貫通穴の周囲に磁束を遮蔽する第 1 遮蔽部 3 1 3 が設けられている。

【 0 1 2 3 】

次に、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 について、それぞれ説明する。

【 0 1 2 4 】

(電流検出用プリント基板 1 の説明)

30

電流検出用プリント基板 1 のコイル状の配線 1 0 は、図 1 で説明した電流検出用プリント基板 1 と同様であるが、出力配線 2 1、 2 2 がパターン配線のまま、電流用変換回路 5 1 に接続されている。この電流用変換回路 5 1 は、図 2 7 に示した電流用変換回路 8 4 に相当するものである。

【 0 1 2 5 】

したがって、図 1 で説明した電流検出用プリント基板 1 と異なり、同一基板上にコイル状の配線 1 0 と電流用変換回路 5 1 とが備わっている。また、この電流用変換回路 5 1 に接続された出力配線 5 2 が、配線用の開口部 3 1 6 を通って筐体の外部に伸びている。なお、電流用変換回路 5 1 には、出力配線 5 2 を接続するための出力端子が備わっているものとする。また、出力配線 5 2 は、途中までをパターン配線としてもよいし、全てをパターン配線以外の配線にしてもよい。

40

【 0 1 2 6 】

また、筐体本体には、電流検出用プリント基板 1 のコイル状の配線 1 0 と電流用変換回路 5 1 との間に相当する位置に第 2 遮蔽部 3 1 4 が設けられている。そのため、電流検出用プリント基板 1 は、この第 2 遮蔽部 3 1 4 に応じて、基板の途中で基板幅が狭くなった形状をしている。

【 0 1 2 7 】

(電圧検出用プリント基板 2 の説明)

電圧検出用プリント基板 2 のリング状の配線 3 0 は、図 9 で説明した電圧検出用プリント基板 2 と同様であるが、出力配線 4 0 がパターン配線のまま、電圧用変換回路 5 3 に接

50

続されている。この電圧用変換回路 5 3 は、図 2 7 に示した電圧用変換回路 9 3 に相当するものである。

【 0 1 2 8 】

したがって、図 1 で説明した電圧検出用プリント基板 2 と異なり、同一基板上にリング状の配線 3 0 と電圧用変換回路 5 3 とが備わっている。また、この電圧用変換回路 5 3 に接続された出力配線 5 4 が、配線用の開口部 3 2 5 を通って筐体の外部に伸びている。なお、電圧用変換回路 5 3 には、出力配線 5 4 を接続するための出力端子が備わっているものとする。また、出力配線 5 4 は、途中までをパターン配線としてもよいし、全てをパターン配線以外の配線にしてもよい。

【 0 1 2 9 】

また、筐体本体には、電圧検出用プリント基板 2 のリング状の配線 3 0 と電圧用変換回路 5 3 との間に相当する位置に第 3 遮蔽部 3 2 3 が設けられている。そのため、電圧検出用プリント基板 2 は、この第 3 遮蔽部 3 2 3 に応じて、基板の途中で基板幅が狭くなった形状をしている。

【 0 1 3 0 】

なお、電圧用変換回路 5 3 は、本発明の変換回路の一例であり、出力配線 5 4 は、本発明の第 3 配線の一例である。

【 0 1 3 1 】

( 筐体の効果 )

次に筐体の効果について説明する。

( i ) 電流検出用の開口部 3 1 7 の効果 :

図 1 7 は、電流・電圧検出器 3 に電力伝送用導電体 6 6 および電力伝送用導電体 6 6 を覆う絶縁体 6 9 を貫通させた場合の断面図である。この図 1 7 では、電流検出部用蓋 3 0 1 および電圧検出部用蓋 3 0 2 を取り付けた状態を示している。なお、図 1 4 等で示した基板固定部 3 1 5 , 3 2 4 の図示は省略している。また、電流検出用プリント基板 1 および電圧検出用プリント基板 2 の一部の図示を省略している。また、この図 1 7 に示すように、電流検出部用蓋 3 0 1 および電圧検出部用蓋 3 0 2 にも、電力伝送用導電体 6 6 および電力伝送用導電体 6 6 を覆う絶縁体 6 9 を貫通させるための貫通穴が設けられている。

【 0 1 3 2 】

電力伝送用導電体 6 6 に電流が流れると、導体の周りには磁束が発生する。この磁束が電流検出用プリント基板 1 に設けたコイル状の配線 1 0 に作用することによって、コイル状の配線 1 0 に電流が流れる。そして、このコイル状の配線 1 0 に流れる電流を検出することによって、電力伝送用導電体 6 6 に流れる電流が分かる仕組みとなっている。そのために、電力伝送用導電体 6 6 と電流検出用プリント基板 1 との間を導電体製の筐体によって遮蔽してしまうと、磁束が電流検出用プリント基板 1 に作用しないために、電流を検出できなくなる。したがって、筐体には、導体の周りに生じる磁束を筐体内に取り入れるための開口部 3 1 7 が設けられている。この開口部 3 1 7 は、第 1 遮蔽部 3 1 3 と電流検出部用蓋 3 0 1 との間隙によって形成される。

【 0 1 3 3 】

( i i ) 第 2 遮蔽部 3 1 4 の効果 :

電力伝送用導電体 6 6 に流れる交流電流によって電磁波が生じる。この電磁波は、回路特性に影響を与えるために、可能な限り、電流用変換回路 5 1 への電磁波の浸入を防止する必要がある。そのために、筐体に第 2 遮蔽部 3 1 4 を設けて、電磁遮蔽効果を持たせて、電流用変換回路 5 1 の回路特性を良好に保っている。

【 0 1 3 4 】

なお、基板幅を狭めて第 2 遮蔽部 3 1 4 を設けているのは、基板の内部を通過する電磁波を遮蔽するためである。すなわち、基板幅を狭めずに、基板の上部を覆うように第 2 遮蔽部 3 1 4 を設けているだけでは、基板の部分を電磁波が通り抜けてしまい遮蔽効果が弱くなってしまふからである。

【 0 1 3 5 】

10

20

30

40

50



図 18 は、第 2 遮蔽部 314 の応用例の一例である。

図 14 ~ 図 16 に示すように、筐体本体 300 の第 2 遮蔽部 314 だけではコイル状の配線 10 の出力配線 21, 22 の部分に隙間が生じるため、電磁遮蔽が十分できない場合がある。その場合は、この図 18 (a) に示すように、電流検出部用蓋 301 に隙間を埋めるような遮蔽部 317 を設けてもよい。このようにすることによって、出力配線 21, 22 の部分の隙間が殆ど無くなるので、電磁遮蔽効果が高まる。

【0136】

また、図 18 (b) に示すように、第 2 遮蔽部 314 の代わりに、電流検出部用蓋 301 に遮蔽部 318 を設けてもよい。

【0137】

なお、電圧検出用プリント基板 2 側の第 3 遮蔽部 323 に関しても、電流検出部用蓋 301 に設けた遮蔽部 317 又は遮蔽部 318 と同様のものを電圧検出部用蓋 302 に設けることによって、電磁遮蔽効果を高めることができる。これについては、図 18 と同様なので、説明を省略する。

【0138】

これまで説明したように、筐体本体 300 は電流検出側と電圧検出側とが一体形成されている。そのために、上述したように、それぞれが独立した空間内で電流検出および電圧検出を行え、その出力をそれぞれの変換回路で電圧レベル変換できるので、お互いの相互干渉が殆どなく、検出精度を向上させることができる。

【0139】

(電流・電圧検出器 3 の変形例)

図 19 は、電流・電圧検出器 3 の変形例である電流・電圧検出器 3a を示すものである。ただし、電流検出部用蓋 301a および電圧検出部用蓋 302a は図示を省略している。この図 19 では、電流検出用プリント基板 1 が、図 1 で示したものであり、電圧検出用プリント基板 2 が、図 9 で示したものである場合を図示している。すなわち、電流検出用プリント基板 1 に電流用変換回路 51 が備わっておらず、電圧検出用プリント基板 2 に電圧用変換回路 53 が備わっていない。そして、電流検出用プリント基板 1 および電圧検出用プリント基板 2 に合わせた形状の筐体本体 300a を用いている。そのために、電流検出用プリント基板 1 の出力は、パターン配線ではない出力配線 25, 26 によって筐体外部に出力される。また、電圧検出用プリント基板 2 の出力は、パターン配線ではない出力配線 42 によって筐体外部に出力される。なお、出力配線 25, 26 は、別途設けられた電流用変換回路 51 に接続され、出力配線 42 は、別途設けられた電圧用変換回路 53 に接続される。

【0140】

(4) 電流検出器、電圧検出器 :

上記では電流検出器 310 と電圧検出器 320 とが、一体となっていたが、これに限定されるものではなく、電流検出器 310 と電圧検出器 320 とを別にしてもよい。なお、ここでは、便宜上、図 12 と同符号を用いている。

【0141】

図 20 は、電流検出用プリント基板 1 と電圧検出用プリント基板 2 とを別の筐体に収容するようにして、それぞれ独立した電流検出器 310 および電圧検出器 320 にした一例を示す図である。この図 20 に示すように、電流検出器 310 および電圧検出器 320 を独立させて、それを表裏重ね合わせると、上述した一体形成したものと同様の効果が得られる。

【0142】

図 21 は、電流検出器 310 および電圧検出器 320 を独立させた場合の応用例を示す図である。この図 21 に示すように、電流検出器 310 と電圧検出器 320 とを同方向に重ね合わせるのではなく、異なる方向に重ね合わせてもよい。なお、図 21 に示すように、それぞれの検出器に設けた貫通穴 303 は同軸上に位置するようにした方が、電力伝送用導電体 66 を直線的なものにして、構造を簡略化できる。また、組み立て易くなる等の

10

20

30

40

50

効果があるので望ましい。

【0143】

なお、これまでの説明では、インピーダンス整合装置の入力端63aに設ける例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、高周波電源装置61の出力端に用いても良いし、インピーダンス整合装置の出力端63bに設けても良い。なお、上述したように、インピーダンス整合装置の入力端63aと出力端63b（負荷65の入力端も同様）とでは、電流、電圧に違いがある。そのために、インピーダンス整合装置の出力端63bや負荷65の入力端に設ける場合、その違いを考慮して、電力伝送用導電体68を太い径の導電体にしたたり、電力伝送用導電体68の外周を覆う絶縁体69の肉厚を厚くして、絶縁距離を長くすればよい。また、高周波電力供給システム以外の用途で使用してもよい。

10

【0144】

また、これまでの説明では、入力側に近い方に電流検出器310を配置し、その後段に電圧検出器320を配置するような構成で説明をしたが、図22に示すように、入力側に近い方に電圧検出器320を配置するような構成にしてもよい。

【0145】

また、これまでの説明では、電流検出器310と電圧検出器320の2つを合わせて用いる例を示したが、もちろん、電流検出器310のみ、または電圧検出器320のみで用いてもよい。

【0146】

(5) 固定方法

絶縁体69の外径を筐体本体300に設けられた貫通穴303の内径と略同じにすることによって、実質上、絶縁体69と電流・電圧検出器3とを固定状態にすることができる。しかし、実際には、絶縁体69の外径を貫通穴の内径よりも小さくして用いることもある。この場合、絶縁体69と筐体本体305との間には、隙間が生じることになる。このように、隙間があると、電力伝送用導電体66等と電流・電圧検出器3とを、インピーダンス整合装置63に取り付ける際に、取り付ける装置毎に、両者の相対位置が一定ではなくなる可能性がある。すなわち、電力伝送用導電体66等と電流検出用プリント基板1または電圧検出用プリント基板2との相対位置が一定ではなくなる可能性がある。そうなる、複数の装置を製作した場合に、各装置の検出値にばらつきが生じる要因となり得る。そのために、隙間が大きい場合は、電力伝送用導電体66等と電流・電圧検出器3との相対位置を一定にさせることが望ましい。

20

30

【0147】

図23は、絶縁体69の固定方法を示す図である。この図23に示すように、絶縁体69に凹部を設け、その凹部に嵌合するような電流検出部用蓋301および電圧検出部用蓋302にすると、電流検出部用蓋301および電圧検出部用蓋302によって、絶縁体69を固定することができる。このようにすることによって、絶縁体69の外径が貫通穴303の内径よりも小さい場合であっても、電力伝送用導電体66等と電流検出用プリント基板1および電圧検出用プリント基板2との相対位置を略一定にすることができる。

【0148】

また、図20等で説明したように、電流検出器310と電圧検出器320とが独立した場合にも適用できる。

40

【0149】

図24は、電流検出器310のみを独立して用いた場合における、絶縁体69の固定方法を示す図である。なお、この図では、電流検出器310の筐体本体を筐体本体305としている。また、電圧検出器320の場合についても、同様の考え方ができるが、ここでは説明を省略する。

【0150】

さて、電流検出器310および電圧検出器320を、図20に示したように、2つ重ねて用いる場合は、図23と同様に、電流検出部用蓋301および電圧検出部用蓋302によって、絶縁体69を固定することができる。しかし、電流検出器310または電圧検出

50

器 3 2 0 のみを、独立して用いた場合は、(紙面で見ても)上側または下側のどちらか一方にしか蓋がないので、絶縁体 6 9 を安定して固定できない場合がある。この場合は、図 2 4 に示すように、より安定させるために、(紙面で見ても)筐体本体 3 0 5 の下部に絶縁体 6 9 を固定させる取付け部品 3 0 6 を取り付けてもよい。この取付け部品 3 0 6 は、絶縁体 6 9 に設けた凹部に嵌合するようになっており、図略のビス等で筐体本体 3 0 5 に取り付けられる。もちろん、この図 2 3、図 2 4 に示した例に限定されるものではない。例えば、取付け部品 3 0 6 の形状を変更することも可能である。

#### 【 0 1 5 1 】

図 2 5 は、図 2 3 に示した電流・電圧検出器 3 において、電力伝送用導電体 6 6 および絶縁体 6 9 を、電流・電圧検出器 3 の大きさに合わせた大きさにした場合の図である。なお、図 2 4 の場合についても、同様の考え方ができるが、ここでは説明を省略する。

10

#### 【 0 1 5 2 】

図 2 3 のように、電流・電圧検出器 3 に絶縁体 6 9 を固定させた場合に、メンテナンス性を向上させるために、図 2 5 に示すように、電力伝送用導電体 6 6 および絶縁体 6 9 を、電流・電圧検出器 3 の大きさに合わせた大きさにして、電力伝送用導電体 6 6 および絶縁体 6 9 を、電流・電圧検出器 3 ごと取り外しできるようにしてもよい。このようにすることによって、メンテナンス性を向上させることができる。なお、図 2 5 では、図示を省略しているが、電力伝送用導電体 6 6 には、他の導電体と接続するための接続部が設けられている。

20

#### 【 0 1 5 3 】

これまでの説明では、無線周波数帯域の周波数(例えば、数百 kHz 以上の周波数)を有する高周波電力を用いる例を示したが、無線周波数帯域の周波数よりも低い周波数の交流電力を用いてもよい。ただし、筐体に第 2 遮蔽部 3 1 4、第 3 遮蔽部 3 2 3 のような電磁波を遮蔽するものが必要であるのは、無線周波数帯域の周波数のような高い周波数の場合である。したがって、交流電力の周波数が低くて電磁波の影響を考慮しなくてもよい場合は、第 2 遮蔽部 3 1 4、第 3 遮蔽部 3 2 3 を設けなくてもよい。その他、用いる周波数によって特性が異なるので、その特性に合わせた筐体にすればよい。

#### 【 0 1 5 4 】

また、これまでの説明では、電力伝送用導電体 6 6、6 8 が、例えば、円筒形状の銅製の棒、すなわち、断面が円形のものとして説明してきたが、これに限定されるものではない。例えば、断面が楕円形や長方形のものであってもよい。また、電流検出用プリント基板 1 の貫通穴 1 0 1、電圧検出用プリント基板 2 の貫通穴 2 0 1 が、円形のものとして説明してきたが、これに限定されるものではない。例えば、楕円形や長方形であってもよい。

30

#### 【 0 1 5 5 】

また、これまでの説明したように、電流検出用プリント基板、電圧検出用プリント基板、これらを用いた検出器には、様々な種類があるので、説明した以外の組み合わせにしてもよい。

#### 【 図面の簡単な説明 】

40

#### 【 0 1 5 6 】

【 図 1 】 図 1 は、電流検出用プリント基板 1 の一例を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、交流電流が流れる電力伝送用導電体 6 6 および電力伝送用導電体 6 6 を覆う絶縁体 6 9 が、電流検出用プリント基板 1 に設けられた貫通穴 1 0 1 の内側を通るように配置された場合を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、電流検出用プリント基板 1 の他の一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、コイル状の配線 1 0 の他の例を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、電流検出用プリント基板 1 の他の一例を示す図である。

【 図 6 】 図 6 は、図 5 に示した電流検出用プリント基板 1 の結線図である。

【 図 7 】 図 7 は、電流検出用プリント基板 1 の他の一例を示す図である。

50

【図 8】図 8 は、第 1 のコイル状の配線 10 - 1 及び第 2 のコイル状の配線 10 - 2 の配置例を示す図である。

【図 9】図 9 は、本発明に係る電圧検出用プリント基板 2 の一例を示す図である。

【図 10】図 10 は、本発明に係る電圧検出用プリント基板 2 の他の一例を示す図である。

【図 11】図 11 は、リング状の配線 30 の他の一例である。

【図 12】図 12 は、電流・電圧検出器 3 の概略の外観図である。

【図 13】図 13 は、図 12 に示した電流・電圧検出器 3 の概略構成図である。

【図 14】図 14 は、筐体本体 300 の図である。

【図 15】図 15 は、筐体本体 300 を立体的に図示した図である。

10

【図 16】図 16 は、電流検出部用蓋 301 および電圧検出部用蓋 302 を取り付けない状態で、電圧検出用プリント基板 2 および電流検出用プリント基板 1 を筐体本体 300 に取り付けたとときの図である。

【図 17】図 17 は、筐体 3 に電力伝送用導電体 66 および電力伝送用導電体 66 を覆う絶縁体 69 を貫通させた場合の断面図である。

【図 18】図 18 は、第 2 遮蔽部 314 の応用例の一例である。

【図 19】図 19 は、電流検出用プリント基板 1、電圧検出用プリント基板 2 および筐体の変形例である。

【図 20】図 20 は、電流検出用プリント基板 1 と電圧検出用プリント基板 2 とを別の筐体に収容するようにして、それぞれ独立した電流検出器 310 および電圧検出器 320 にした一例を示す図である。

20

【図 21】図 21 は、電流検出器 310 および電圧検出器 320 を独立させた場合の応用例を示す図である。

【図 22】図 22 は、入力側に近い方に電圧検出器 320 を配置し、その後段に電流検出器 310 を配置した場合の図である。

【図 23】図 23 は、絶縁体 69 の固定方法を示す図である。

【図 24】図 24 は、電流検出器 310 だけを独立して用いた場合における、絶縁体 69 の固定方法を示す図である。

【図 25】図 25 は、図 23 に示した電流・電圧検出器 3 において、電力伝送用導電体 66 および絶縁体 69 を、電流・電圧検出器 3 の大きさに合わせた大きさにした場合の図である。

30

【図 26】図 26 は、インピーダンス整合装置が用いられる高周波電力供給システムの一例のブロック図である。

【図 27】図 27 は、インピーダンス整合装置 63 の入力端から整合回路 67 までの間に設けられる電流検出器 80 および電圧検出器 90 の概略の回路図である。

【図 28】図 28 は、電流検出器 80 および電圧検出器 90 の概略の外観図である。

【図 29】図 29 は、図 28 に示した電流検出器 80 および電圧検出器 90 の構成説明図である。

【図 30】図 30 は、電流検出器 80、電圧検出器 90 をインピーダンス整合装置内の整合回路と出力端との間に設ける場合の回路図である。

40

【符号の説明】

【0157】

- 1 電流検出用プリント基板
- 2 電圧検出用プリント基板
- 3 電流・電圧検出器
- 10 コイル状の配線
- 10 - 1 第 1 のコイル状の配線
- 10 - 2 第 2 のコイル状の配線
- 11 スルーホール
- 12 パターン配線

50

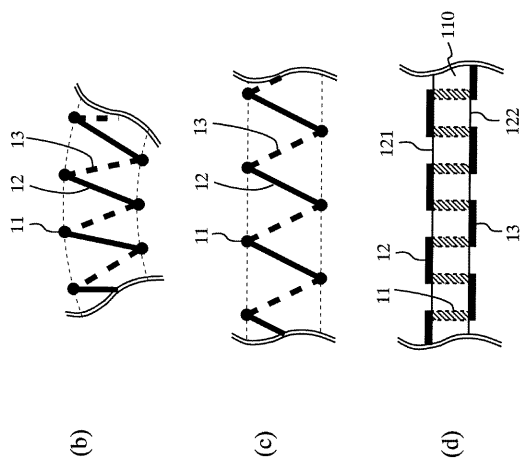
1 3	パターン配線	
2 1	出力配線	
2 2	出力配線	
2 3	出力端子	
2 4	出力端子	
2 5	出力配線	
2 6	出力配線	
3 0	リング状の配線	
3 1	基板を貫通するスルーホール	
3 2	パターン配線	10
3 3	パターン配線	
3 4	パターン配線	
3 5	パターン配線	
3 6	パターン配線	
3 7	パターン配線	
3 8	パターン配線	
4 0	出力配線	
4 1	出力端子	
4 2	出力配線	
5 1	電流用変換回路	20
5 2	出力配線	
5 3	電圧用変換回路	
5 4	出力配線	
6 6	電力伝送用導電体	
6 9	電力伝送用導電体 6 6 を覆う絶縁体	
8 0	電圧検出器	
8 1	カレントトランス部	
8 4	電流用変換回路	
9 0	電圧検出器	
9 1	コンデンサ部	30
9 1 b	コンデンサ部の電極	
9 3	電圧用変換回路	
1 0 1	貫通穴	
1 1 0	絶縁体部	
1 1 1	第 1 絶縁体部	
1 1 2	第 2 絶縁体部	
1 1 3	第 3 絶縁体部	
1 2 1	基板の表面	
1 2 1	基板の表面	
1 2 2	基板の裏面	40
1 2 2	基板の裏面	
1 3 1	第 1 導体層	
1 3 2	第 2 導体層	
2 0 1	貫通穴	
2 1 1	第 1 絶縁体部	
2 1 2	第 2 絶縁体部	
2 1 3	第 3 絶縁体部	
2 2 1	基板の表面	
2 2 2	基板の裏面	
2 3 1	第 1 導体層	50

- 2 3 2 第 2 導 体 層
- 3 0 0 筐 体 本 体
- 3 0 1 電 流 検 出 部 用 蓋
- 3 0 2 電 圧 検 出 部 用 蓋
- 3 0 3 貫 通 穴
- 3 0 5 電 流 検 出 器 3 1 0 の 筐 体 本 体
- 3 0 6 取 付 け 部 品
- 3 1 0 電 流 検 出 器
- 3 1 1 凹 部
- 3 1 2 凹 部
- 3 1 3 第 1 遮 蔽 部
- 3 1 4 第 2 遮 蔽 部
- 3 1 5 基 板 固 定 部
- 3 1 6 配 線 用 の 開 口 部
- 3 1 7 電 流 検 出 用 の 開 口 部
- 3 1 8 遮 蔽 部
- 3 2 0 電 圧 検 出 器
- 3 2 1 凹 部
- 3 2 2 凹 部
- 3 2 3 第 3 遮 蔽 部
- 3 2 4 基 板 固 定 部
- 3 2 5 配 線 用 の 開 口 部

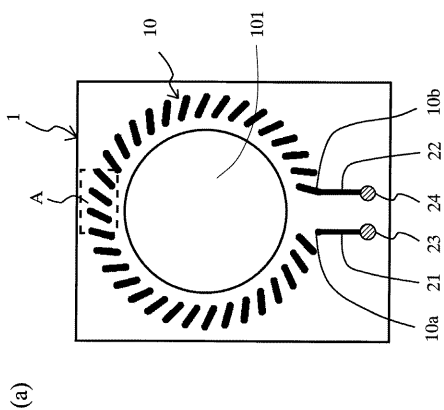
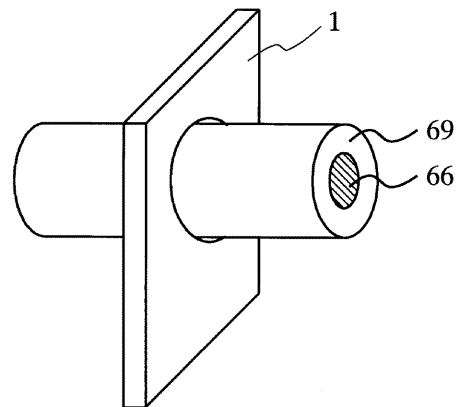
10

20

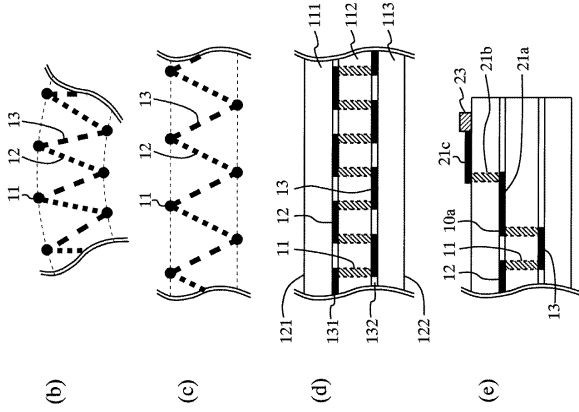
【 図 1 】



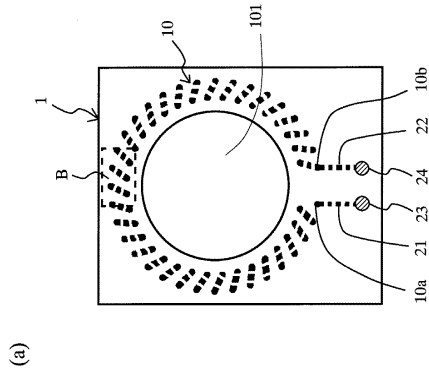
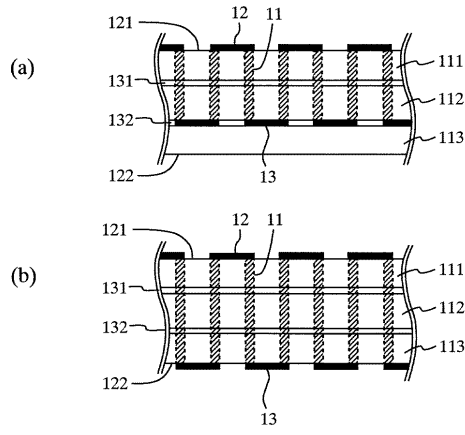
【 図 2 】



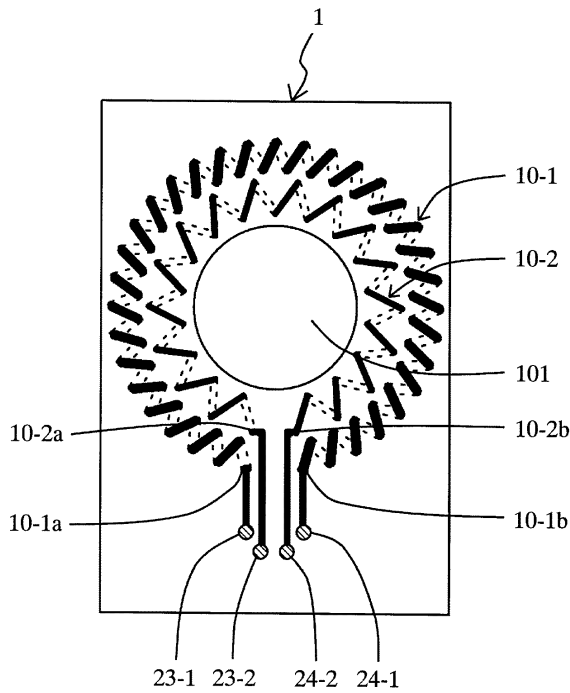
【図3】



【図4】



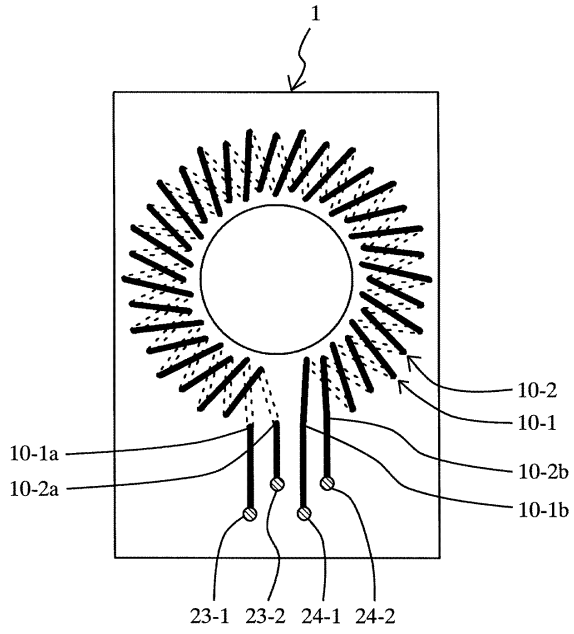
【図5】



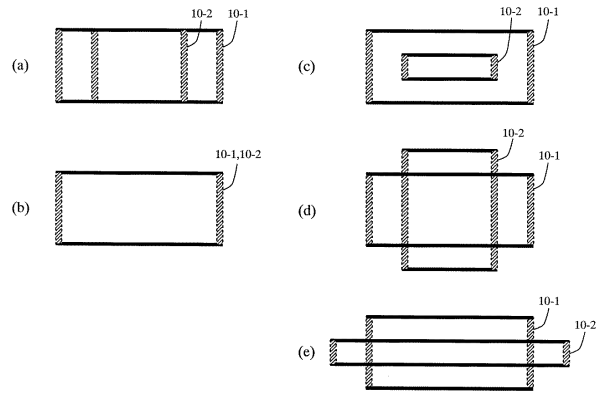
【図6】

	結線図	電流検出用プリント基板1の回路図
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		

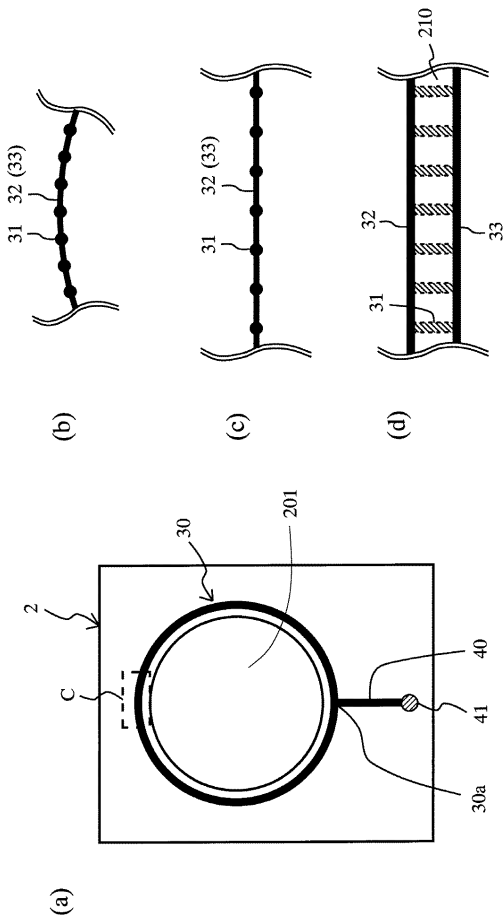
【 図 7 】



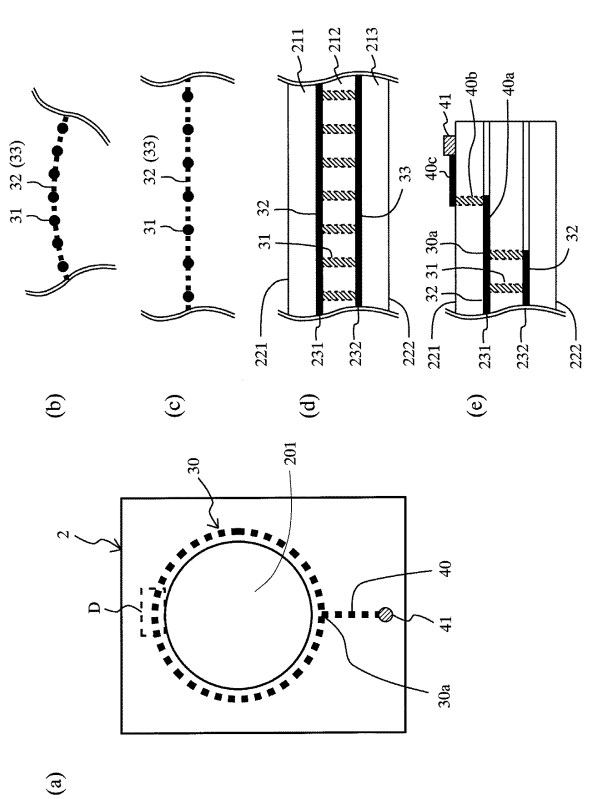
【 図 8 】



【 図 9 】

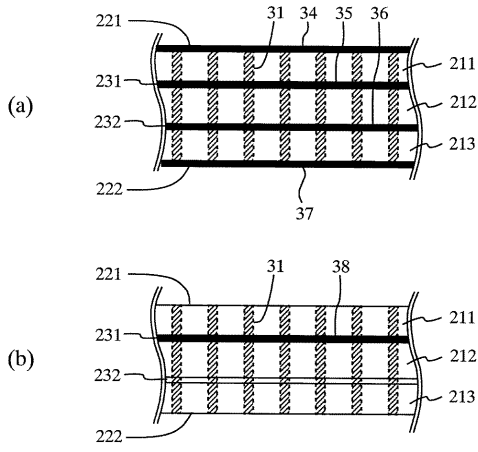


【 図 10 】

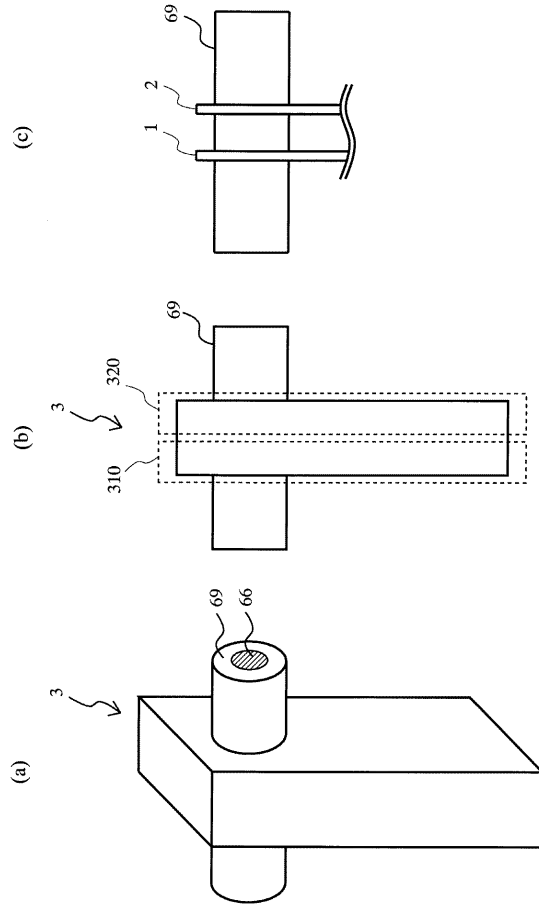




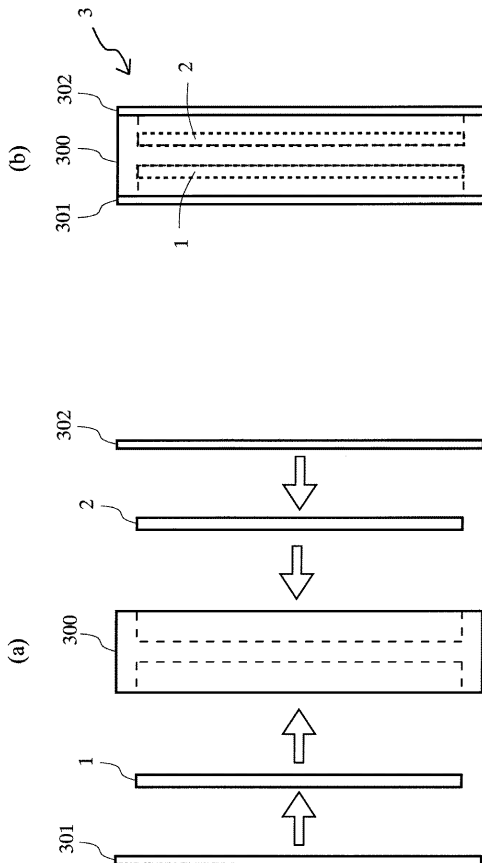
【 図 1 1 】



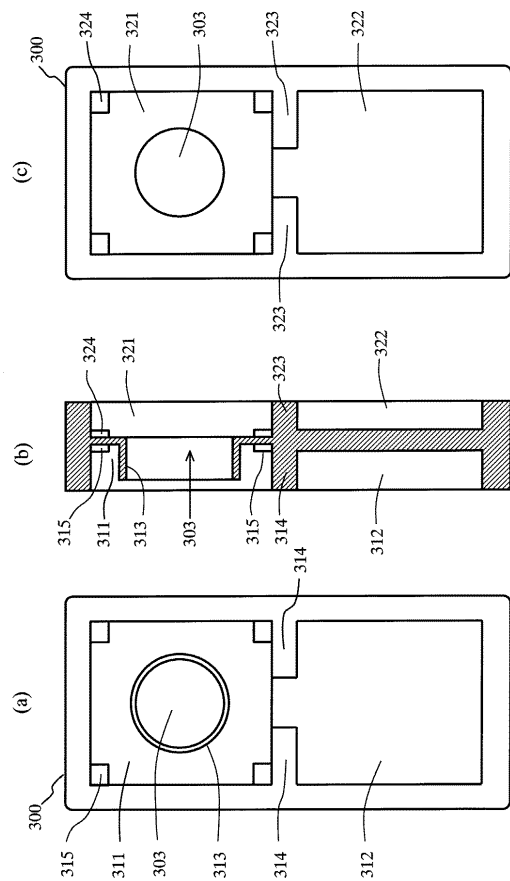
【 図 1 2 】



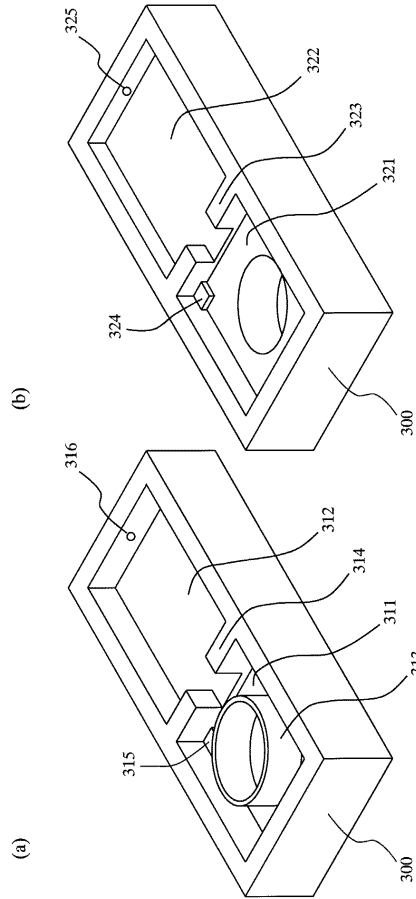
【 図 1 3 】



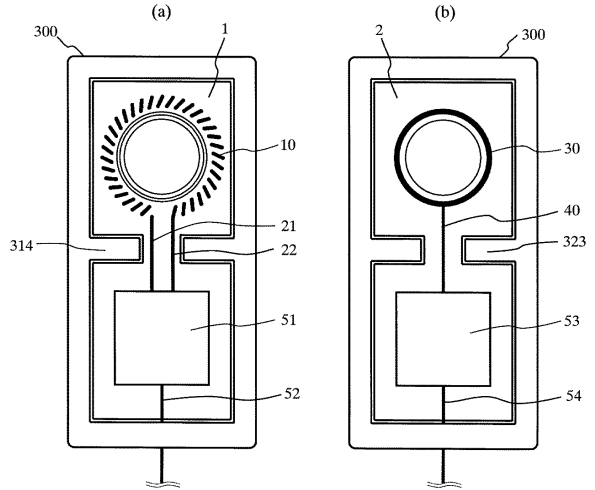
【 図 1 4 】



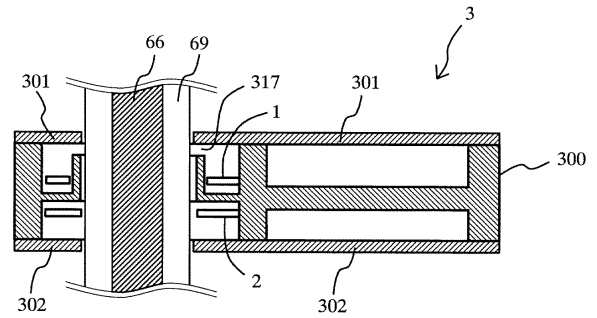
【 図 15 】



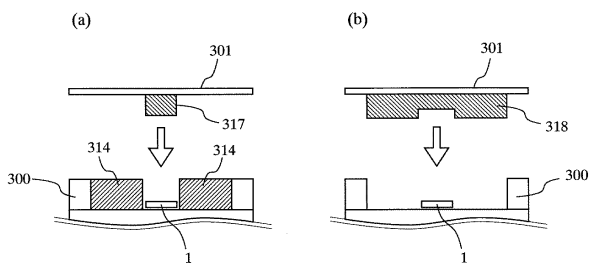
【 図 16 】



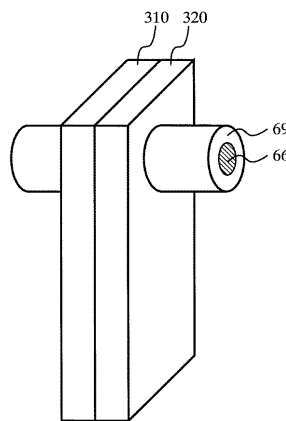
【 図 17 】



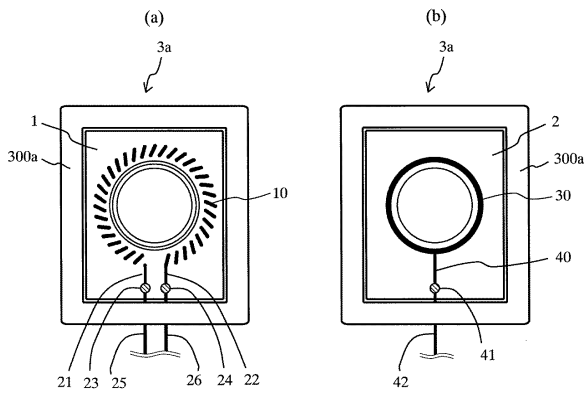
【 図 18 】



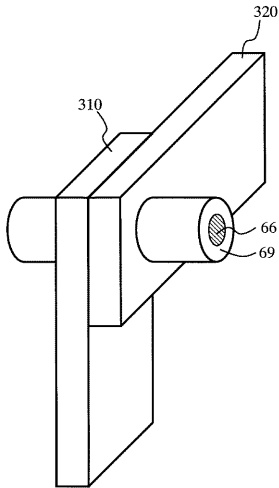
【 図 20 】



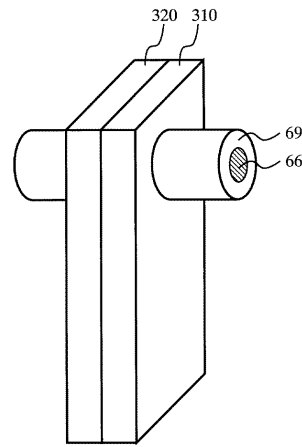
【 図 19 】



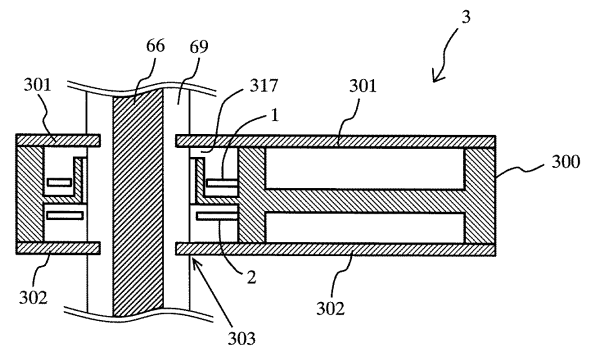
【図 2 1】



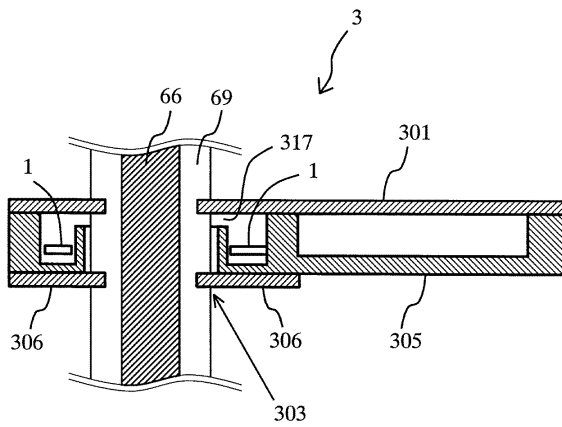
【図 2 2】



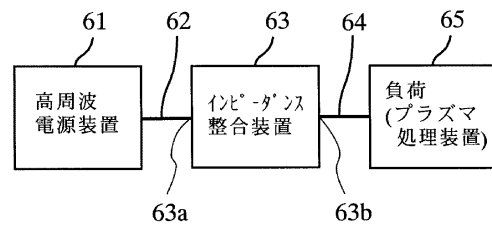
【図 2 3】



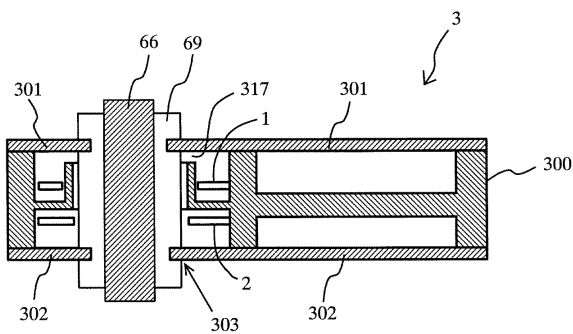
【図 2 4】



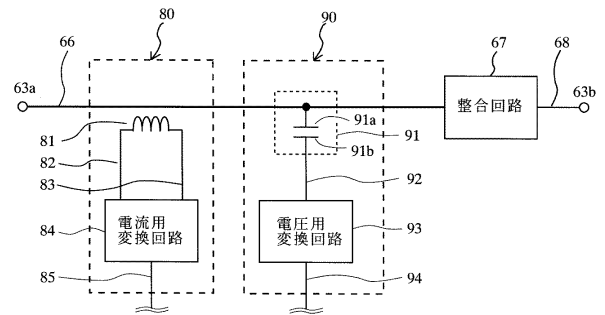
【図 2 6】



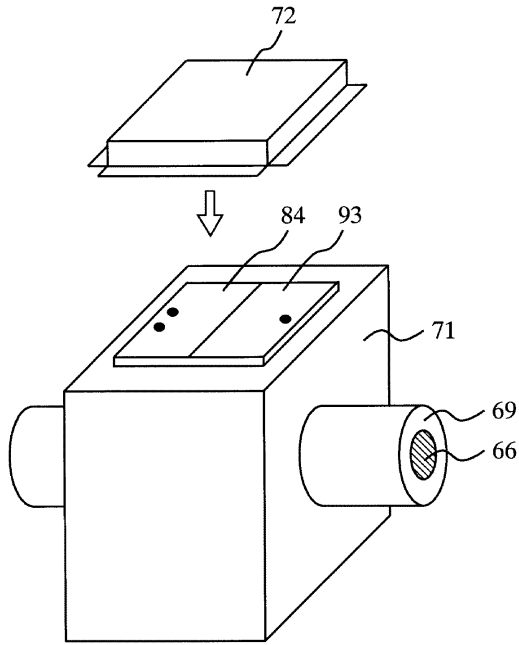
【図 2 5】



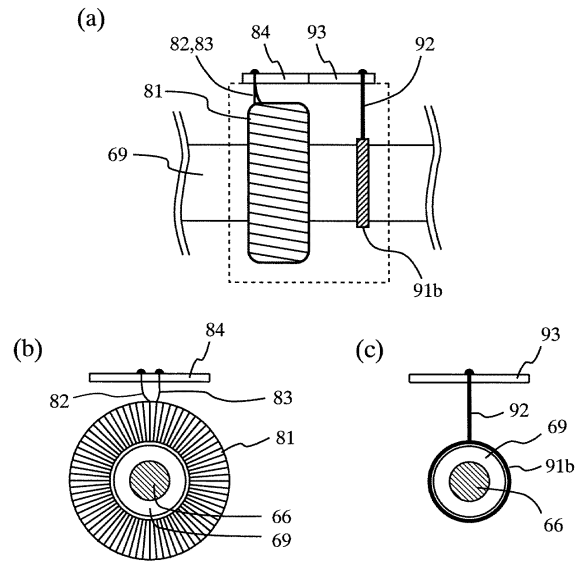
【図 2 7】



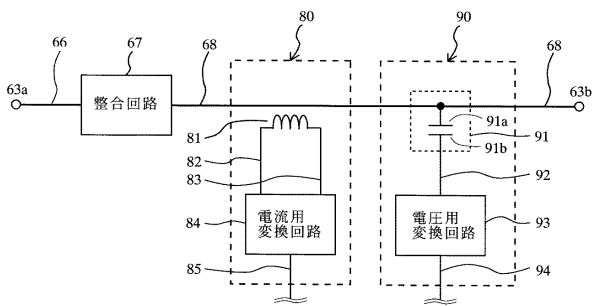
【図28】



【図29】



【図30】



---

フロントページの続き

審査官 関根 洋之

(56)参考文献 国際公開第2005/069020(WO, A1)

特表2008-541065(JP, A)

特開2004-119926(JP, A)

特開2004-014925(JP, A)

特開2003-130894(JP, A)

特開平06-176947(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 15/00 - 19/32

H01F 38/24