

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3689578号
(P3689578)

(45) 発行日 平成17年8月31日(2005.8.31)

(24) 登録日 平成17年6月17日(2005.6.17)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 R 29/08

GO 1 R 29/08

D

GO 1 R 33/02

GO 1 R 33/02

A

請求項の数 7 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-16243 (22) 出願日 平成11年1月25日(1999.1.25) (65) 公開番号 特開2000-214198(P2000-214198A) (43) 公開日 平成12年8月4日(2000.8.4) 審査請求日 平成15年7月25日(2003.7.25)</p>	<p>(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 (74) 代理人 100084032 弁理士 三品 岩男 (72) 発明者 新保 健一 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 (72) 発明者 上坂 晃一 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 (72) 発明者 須賀 卓 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁界プローブ校正機能を有する近傍磁界測定装置および電磁波発生源探査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

x 軸及び該 x 軸に直交する y 軸からなる x y 平面に被測定対象を搭載する台座と、前記 x 軸及び前記 y 軸に直交する z 軸に沿って前記台座に対向するように磁界プローブを保持する保持部と、前記磁界プローブを被測定対象の近傍にて前記 x 軸、前記 y 軸、並びに前記 z 軸沿いに移動させるための移動部と、前記磁界プローブの出力から磁界強度を検出する磁界検出部と、前記磁界プローブの指向性が最大となる方向を検出すべき磁界の方向に合わせるための校正をおこなう校正部とを有し、

前記校正部は、前記台座に対する前記磁界プローブの向きを変化させるために、前記保持部を変位させるプローブ変位部と、予め定めた方向に校正用磁界を発生する校正用磁界発生部と、前記プローブ変位部の動作を制御する制御部とを備え、

前記プローブ変位部は、前記保持部を軸に前記磁界プローブを回転させ、該磁界プローブを該保持部とともに前記 x y 平面内で回転させ、又は該保持部を前記 z 軸に対して傾斜させて、該磁界プローブの前記台座に対する向きを変え、

前記制御部は、前記プローブ変位部により前記校正用磁界内における前記磁界プローブの向きを変化させ、そのときに該磁界プローブから前記磁界検出部を通して検出される磁界強度から前記磁界プローブの指向性の向きを検出する

ことを特徴とする近傍磁界測定装置。

【請求項2】

請求項1に記載の近傍磁界測定装置において、

10

20

前記制御部は、前記磁界検出部からの前記磁界強度の出力が最小になるときの前記磁界プローブの向きを検出することにより、前記磁界プローブの指向性が最小の方向を前記校正用磁界の方向に一致させ、

このときの前記磁界プローブの前記保持部を軸とした回転、前記x y平面内での回転、及び前記z軸に対する傾斜のいずれかの角度に拠る前記台座に対する向きを基準にして、予め定めた該角度だけ前記磁界プローブを変位させることにより前記校正を行うことを特徴とする近傍磁界測定装置。

【請求項3】

請求項2において、

前記プローブ変位部は、前記磁界プローブを、その前記保持部を軸とした回転、その前記x y平面内での回転、及びその前記z軸に対する傾斜の少なくとも2つの角度について前記磁界プローブを変位させる機能を有し、

前記制御部は、前記2つの角度を基準にして、前記x軸、前記y軸、及び前記z軸沿いに磁界を検出して前記校正を行う

ことを特徴とする近傍磁界測定装置。

【請求項4】

請求項2において、

前記校正用磁界発生部は、前記x y平面に形成された第1アンテナと該y軸と前記z軸からなるy z平面に形成された第2アンテナを備え且つ該第1アンテナと該第2アンテナとにより互いに直交する2方向の校正用磁界を発生させ、

前記制御部は、前記2方向の校正用磁界を用いて前記プローブ変位部による前記磁界プローブの前記保持部を軸とした回転、前記x y平面内での回転、及び前記z軸に対する傾斜の2つにおける、各々での前記磁界検出部の出力が最小になる角度を求め、これらの角度を前記基準とする

ことを特徴とする近傍磁界発生装置。

【請求項5】

請求項1に記載の近傍磁界測定装置において、

前記保持部は、前記磁界プローブを付け替えるための2つのプローブ取り付け部を有する

ことを特徴とする近傍磁界測定装置。

【請求項6】

測定対象が発生する電磁波の発生源を探查する装置であって、

x軸及び該x軸に直交するy軸からなるx y平面に搭載された前記測定対象の近傍磁界の空間分布を測定する測定部と、測定された近傍磁界分布から逆算して前記電磁波の発生源を求める演算部とを備え、

前記測定部は、前記x軸及び前記y軸に直交するz軸に沿って前記測定対象に対向するように磁界プローブを保持する保持部と、前記磁界プローブを前記測定対象の近傍にて前記x軸、前記y軸、並びに前記z軸沿いに移動させるための移動部と、前記磁界プローブの出力から磁界強度を検出する磁界検出部と、前記磁界プローブの指向性が最大となる方向を検出すべき磁界の方向に合わせるための校正をおこなう校正部とを有し、

前記校正部は、前記測定対象に対する前記磁界プローブの向きを変化させるために、前記保持部を変位させるプローブ変位部と、予め定めた方向に校正用磁界を発生する校正用磁界発生部と、前記プローブ変位部の動作を制御する制御部とを備え、

前記プローブ変位部は、前記保持部を軸に前記磁界プローブを回転させ、該磁界プローブを該保持部とともに前記x y平面内で回転させ、又は該保持部を前記z軸に対して傾斜させて、該磁界プローブの前記台座に対する向きを変え、

前記制御部は、前記プローブ変位部により前記校正用磁界内における前記磁界プローブの向きを変化させ、そのときに前記磁界プローブから前記磁界検出部を通して検出される磁界強度から前記磁界プローブの指向性の向きを検出するものである

ことを特徴とする電磁波発生源探查装置。

10

20

30

40

50

【請求項7】

請求項6において、

前記演算部は、

前記測定対象内の互いに異なる複数の位置に電磁波発生源が存在すると仮定し、該仮定した各位置毎に予め定めた強度と位相の電磁波発生源が存在した場合に、前記測定部が近傍磁界を測定した測定点の各々に発生すると推定される近傍磁界の分布をそれぞれ算出する近傍磁界算出手段と、

前記近傍磁界算出手段が算出した複数の近傍磁界分布の各々と、測定された近傍磁界分布との相関をそれぞれ求めることで、探查すべき発生源の位置、強度および位相を特定する発生源探查手段と

を備えることを特徴とする電磁波発生源探查装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子機器等から放射される磁界を電子機器等の近傍で測定する近傍磁界測定装置ならびに電子機器等から放射される電磁波の発生源を特定するための電磁波発生源探查装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

電子機器から放射される不要電磁波の測定には、電波暗室等においてその電子機器の遠方電磁界を測定する方法が主に用いられている。しかしながら、遠方電磁界の情報だけでは、電磁波の発生源がその電子機器のどこであるのかを特定することができないため、不要電磁波を減少させる対策をたてようとする、多大な時間と費用を要する。そこで近年、電子機器近傍の電磁界を測定することによって電磁波の発生源を特定するような電磁波発生源探查装置への要求が高まってきている。

【0003】

電子機器近傍の電磁界を測定するための近傍電磁界測定装置としては、カナダのノーザンテレコム社製のEMSCANや、ノイズ研究所のEPS-M1などが知られている。

【0004】

ノーザンテレコム社製のEMSCANは、被測定装置を搭載した測定盤の下に、 x, y 方向の磁界を同時に検出する2次元磁界プローブをアレイ状に並べ、被測定装置近傍の磁界強度分布を短時間で測定することのできる装置である。

【0005】

また、ノイズ研究所のEPS-M1は、1本のアンテナプローブを走査することによって、被測定装置近傍の磁界強度分布および電界強度分布を測定する装置である。アンテナプローブには、 x 方向(y 方向と兼用)と z 方向の2種類の1次元磁界プローブと1種類の電界プローブが用意されており、自由に付け替えが可能である。また、この測定装置は、測定装置自体が被測定装置に近づくことによる磁界の攪乱を防止するため、アンテナプローブのみを被測定装置に近づける構造を採っている。

【0006】

また、特開平7-225251号公報、特開平8-68837号公報、特開平10-185974号公報等にアンテナプローブを x, y 方向や、 x, y, z 方向に移動させて近傍磁界を測定する装置が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

発明者らは、被測定装置近傍の電磁界を直交座標系 x, y, z 方向の三次元成分に分離して測定した測定結果を用い、被測定装置の電流分布を逆算し、電磁波の発生源を特定する方法を見いだした。この方法では、電磁波の発生源の特定精度は、直交座標系 x, y, z 方向の電磁界の測定精度に依存する。そのため、高い精度で電磁波の発生源を特定するためには、近傍電磁界を直交座標系 x, y, z 方向の三次元成分に分離して、それぞれ精度よく測

10

20

30

40

50

定する必要がある。

【0008】

従来の電磁波発生源探査装置や近傍電磁界測定装置等で用いられる電磁界プローブの指向性にはばらつきがあるため、直交座標系 x, y, z 方向の電磁界を精度よく測定するためには、電磁界プローブの向きを指向性の高い方向に完全に一致させる必要がある。ここでいう電磁界プローブの指向性とは、プローブ（アンテナ）が検出できる電界および磁界の方向特性を意味し、例えばプローブがループアンテナ1である場合には、図1の円グラフのように指向性は8の字を描く。すなわち、ループアンテナ1を一様磁界2の中で回転させた場合、検出磁界強度は、ループで作られる面の法線方向で最大となり、ループ面に水平な方向で最小となる。なお、図1の円グラフは、真上から見たループアンテナ1を中心として示したものである。したがって、ループアンテナ1の場合には、 x, y, z 方向の磁界を測定する場合には、ループで作られる面の法線方向をそれぞれ x, y, z 方向に一致させる必要がある。測定したい電磁界方向とプローブの最大検出方向がずれていると、各方向の合成値を測定してしまうため、三次元方向に分離した電磁界測定が行えない。

10

【0009】

しかしながら、電磁界プローブは、製造工程における形状ばらつきにより、その指向性にばらつきを生じてしまうという問題がある。また、電磁界プローブを装置に取り付ける際には、姿勢のばらつきが生じやすい。そのため、指向性が最大の方向を、 x, y, z 方向のうちの測定を所望する方向に、完全に一致させるのは非常に難しい。また、高周波帯域における電磁界測定になると波長が短くなるため、数mm程度のプローブ方向のズレが測定結果に大きな影響を及ぼす。特に、電磁波発生源を探査する場合、発生源の探査の精度を高くするために、電磁界プローブの指向性ばらつきを最小限に抑えなければならない。

20

【0010】

しかしながら、上述の従来の近傍電磁界測定装置は、いずれも直交座標系 x, y, z 方向とプローブの最大指向性の方向とのずれ精度については問題としていない。例えばノーザンテレコム社製のEMSCANは、 x, y の2次元磁界測定用プローブを測定盤の下にアレイ状に並べたものであり、あくまで被測定装置近傍の磁界強度を測定し、その分布を可視化する装置である。このため、磁界ベクトルに関する情報は得られず、特に、 z 方向についての磁界情報は得られない。また、複数のプローブを配置したプローブアレイを用いるため、各々のプローブの指向性やプローブの姿勢を完全に一致させることは困難と思われるが、それを問題としていないため、これを是正するための機能は備えていない。また、電流分布を逆算して電磁波の発生源位置を探査することもできない。ノイズ研究所のEPS-M1も x, y 方向測定用プローブの姿勢はプローブ取り付け時に決まり、これを是正するための機能は備えていない。

30

【0011】

また、特開平7-225251号公報、特開平8-68837号公報、特開平10-185974号公報に記載されている装置もプローブの姿勢を是正する機能は備えていない。

【0012】

このように、従来の測定装置では、被測定装置の近傍磁界を x, y, z 方向に分離してそれぞれ高精度に測定することはできない。したがって、 x, y, z 方向についてそれぞれ測定した磁界情報に基づいて、高精度に磁界発生源を特定することもできない。

40

【0013】

本発明は、被測定装置の近傍磁界を予め定めた方向について高精度に測定することのできる近傍磁界測定装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によれば以下の近傍磁界測定装置が提供される。

【0015】

すなわち、磁界プローブを保持する保持部と、前記磁界プローブを被測定対象の近傍で移動させるための移動部と、前記磁界プローブの出力から磁界強度を検出する磁界検出部と

50

、前記磁界プローブの指向性が最大の方向を検出すべき磁界の方向に向けるための校正をおこなう校正部とを有し、

前記校正部は、前記磁界プローブの向きを変化させるために、前記保持部を変位させるプローブ変位部と、前記予め定めた方向の校正用磁界を発生する校正用磁界発生部と、前記プローブ変位部の動作を制御する制御部とを備え、

前記制御部は、前記プローブ変位部を動作させて前記校正用磁界内で前記磁界プローブの向きを変化させ、そのときの前記磁界検出部の出力から前記磁界プローブの指向性の向きを検出することを特徴とする近傍磁界測定装置である。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態について説明する。

【0017】

本実施の形態の近傍磁界測定装置は、プローブの最大検出方向をx、y、z方向に一致させるための校正機能を有し、校正後の磁界プローブによって近傍磁界をx y z方向についてそれぞれ測定することができる。

【0018】

(実施の形態1)

まず、第1の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置について説明する。この三次元近傍磁界測定装置は、プローブ付け替え作業以外のプローブの校正から磁界測定までの全ての動作を全自動で行うことのできる装置である。

【0019】

本実施の形態の三次元近傍磁界測定装置は、図2のように磁界プローブ4をx y z方向に移動させるためのx y zスキャナ3と、x y zスキャナ3に接続された電磁界検出器6と、制御用コンピュータ7とを有している。制御用コンピュータ7には、表示装置9と入力装置10が接続されている。

【0020】

磁界プローブ4は、図4、図5のようにループアンテナ1とプローブ軸25aと雌ねじ部25bとからなる。ループアンテナ1の内部には、図14のように導体線がループ状に配置されており、この導体線の両端はプローブ軸25aの内部を通過して、雌ねじ部25bに近い位置でプローブ軸25aの外周面に引き出され、この外周面に設けられた端子に接続されている。

【0021】

x y zスキャナ3は、図3のように上面が長方形の台座23を備え、この台座23の上面に、被測定装置である電子回路基板22が搭載される。台座23の上面の向かい合う二辺には、それぞれ、y方向プローブ移動機構20が固定されている。y方向プローブ移動機構20は、x方向プローブ移動機構19の端部をそれぞれ支持している。y方向プローブ移動機構20には、y方向に沿って溝20aが設けられ、この溝20aに沿ってx方向プローブ移動機構19を移動させるための不図示の駆動部が配置されている。また、x方向プローブ移動機構19には、z方向プローブ移動機構21が搭載されている。x方向プローブ移動機構19には、x方向に沿って溝19aが設けられ、この溝19aに沿ってz方向

【0022】

z方向プローブ移動機構21は、プローブ支持機構18が搭載されている。z方向プローブ移動機構21には、z方向に沿って溝21aが設けられ、この溝21aに沿ってプローブ支持機構18をz方向に移動させる不図示の駆動部が配置されている。

【0023】

プローブ支持機構18には、図5のように、x y方向の磁界を測定する際に、磁界プローブ4のプローブ軸25aをz軸に平行な方向に支持するためのコネクタ29aと、z方向の磁界を測定する際に、プローブ軸25aをy方向に平行な方向に支持するためのコネクタ29bとが備えられている。コネクタ29a、29bはいずれも雄ねじ形状であり、磁

10

20

30

40

50

界プローブ4の雌ねじ部25bがねじ込まれる。プローブ4は、測定する磁界の方向に応じてコネクタ29a、29bのいずれか一方に取り付けられる。プローブ4の取り付け、付け替えは、手動で行われる。

【0024】

また、コネクタ29a、29bには、磁界プローブ4を、 x 、 y 、 z の3方向に変位させるために、 x 、 y 方向測定用プローブ方向変位機構27、 z 方向測定用プローブ方向変位機構28がそれぞれ取り付けられている。本実施の形態では、プローブ方向変位機構27、28を用いて、磁界プローブ4の向きを校正を行う。

【0025】

x 、 y 、 z 方向プローブ移動機構19、20、21は、可動範囲内の任意の x 、 y 、 z 座標に磁界プローブ4のループアンテナ1を移動させることができる。 x 、 y 、 z 方向プローブ移動機構19、20、21は、制御用コンピュータ7に接続され、その動作を制御される。

【0026】

次に、プローブ支持機構18のプローブ方向変位機構27、28の構成について図4を用いてさらに説明する。

【0027】

プローブ方向変位機構27、28は、磁界プローブ4の向きを図4の x 、 y 、 z の3方向について変位させるための機構である。ここでは、 x 、 y 方向測定用のプローブ変位機構27について説明するが、図4のように z 方向測定用のプローブ変位機構28の構成も同じ構成である。雄ねじ形状のコネクタ29aの端部には、回転駆動源26aの回転軸がコネクタ29aの軸方向と一致するように取り付けられている。回転駆動源26aは、軸400に固定されている。軸400の端部は、軸400を z 方向に対して傾斜させるための回転駆動源26bの回転軸に取り付けられている。回転駆動源26bは、軸401に固定されている。軸401は、軸401を z 方向を中心に回転させる回転駆動源26cの回転軸に取り付けられている。回転駆動源26cは、プローブ支持機構18に固定されている。よって、回転駆動源26bを駆動することにより、コネクタ29aの軸方向を z 方向から任意の角度だけ傾けることができる。その状態で回転駆動源26cを駆動すると、コネクタ29aが傾いた状態のままコネクタ29aを z 軸を中心に任意の角度だけ回転させることができる。そして回転駆動源26aを駆動すると、コネクタ29aを自身の軸を中心に回転させることができる。本実施の形態では、 x 方向および y 方向の回転角は最大 360° 、 z 方向は、 z 方向を中心に最大 $\pm 180^\circ$ 回転させることができる構成とした。

【0028】

プローブ方向変位機構27、28の回転駆動源26a、26b、26cは、制御用コンピュータ7に接続され、回転駆動を制御される。

【0029】

一方、台座23の上面の隅には、被測定装置の磁界測定の妨げにならないような位置に校正用磁界発生装置5が配置されている。この校正用磁界発生装置5は、磁界プローブ4の向きを校正に用いる校正用磁界を発生させる装置である。

【0030】

校正用磁界発生装置5の構造は、図7に示すように、それぞれ駆動用の電源33を備えた水平方向基準アンテナ31と垂直方向基準アンテナ32の2つの基準アンテナとを有している。これらは、それぞれ x 、 y 平面に平行な x 、 y 基板701および y 、 z 平面に平行な y 、 z 基板702上に形成されている。垂直方向基準アンテナ32は、 x 、 z 平面に平行な x 、 z 基板上に形成する構成にすることもできる。ここでは基準アンテナ32、33として、図8のように、マイクロストリップライン35を用いており、一端には周波数可変の交流電源33が、他端には終端抵抗34が接続されている。電源33からこのマイクロストリップライン35に電流を流すことによって、マイクロストリップライン25の回りに電流の流れる方向に対し時計周りの磁界が発生させる。磁界プローブ4の向きを校正は、この磁界を用いて行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

基準アンテナ 3 1、3 2 の電源 3 3 は、制御用コンピュータ 7 に接続されており、オンオフ動作および周波数を制御用コンピュータ 7 により制御される。

【 0 0 3 2 】

また、磁界プローブ 4 の外周面の端子は、プローブ支持機構 1 8 の内部を通る信号ケーブル 2 4 の端子と接続され、この信号ケーブル 2 4 を介して電磁界検出器 6 に接続されている。ループアンテナ 1 内の導体線には、磁界プローブ 4 の主平面を横切る方向の交番磁界 H により、電圧 E

$$E = \mu \cdot S \cdot H$$

が励起される。ただし、 μ は透磁率である。 S は、交番磁界の周波数を f によって、 $S = 2 \pi f$ と表される。電磁界検出器 6 は、ループアンテナ 1 内の導体線に励起された電圧 E を検出する。電磁界検出器 6 の検出結果 1 5 は、逐次、制御用コンピュータ 7 に受け渡され、メモリ 8 に格納される。

10

【 0 0 3 3 】

ここで、磁界プローブ 4 の校正原理について説明する。

【 0 0 3 4 】

図 1 3 のように x 方向に一樣に発生している磁界の中で、垂直に立てた磁界プローブ 4 (ループアンテナ 1) を回転させると、理論的には図 1 4 のような磁界強度分布が得られ、ループ面の鉛直方向ベクトルが x 方向と直交する角度 (0°) で磁界強度が最小 (null 点) になり、ループ面の鉛直方向ベクトルが x 方向と平行になる角度 ($\pm 90^\circ$) で磁界強度が最大になる。しかしながら、実際には、ループアンテナ 1 自体にゆがみが存在していたり、雄ねじのコネクタ 2 9 a に磁界プローブ 4 の雌ねじ部 2 5 a をねじ込む際に姿勢がばらつきが生じることなどにより、null 点や最大点を検出できる角度がちょうど 0° や 90° になるとは限らないが、この最大点や null 点を利用して磁界プローブ 4 の向き (、) を校正することができる。

20

【 0 0 3 5 】

特に、図 1 4 の曲線からもわかるように、磁界強度が最小となる null 点はその左右で磁界強度の変化が大きいため、null 点を用いて校正することで、精度良く校正を行うことができる。校正後のプローブ 4 の向きで、被測定装置の磁界の測定を行うことによって、一方向の磁界成分を精度良く分離して検出することができる。

30

【 0 0 3 6 】

つぎに、本実施の形態の三次元近傍磁界測定装置の動作について、図 1 5 ~ 図 1 7 に示すフローチャートを用いて説明する。制御用コンピュータ 7 のメモリ 8 には、図 1 5 ~ 図 1 7 のフローチャートに示した内容のプログラムが予め格納されている。制御用コンピュータ 7 の CPU は、メモリ 8 からこのプログラムを読み込んで実行することにより、各部を動作させる。

【 0 0 3 7 】

ユーザ (オペレータ) が、三次元近傍磁界測定装置を立ち上げると、まず制御用コンピュータ 7 は、0 点座標の情報を x y z スキャナ 3 のプローブ移動機構 1 9、2 0、2 1 に出力する (ステップ 1 5 0 0)。これにより、プローブ移動機構 1 9、2 0、2 1 は、受け取った 0 点の座標に磁界プローブ 4 を移動させる。

40

【 0 0 3 8 】

次にユーザが、入力装置 1 0 より近磁界測定開始の命令を入力すると、制御用コンピュータは、まず初期値を入力するようにユーザに促す表示を表示装置 9 に表示させ、ユーザからの初期値の入力を待つ。そして、表示装置 9 に表示された指示に従い、ユーザが近傍磁界の測定範囲 (電子回路基板 2 2 のサイズ) やプローブ 4 の走査ピッチ、電子回路基板 2 2 の駆動周波数などの初期値情報を入力装置 1 0 から入力すると、制御用コンピュータ 7 はこれをメモリ 8 に格納する (ステップ 1 5 0 1)。

【 0 0 3 9 】

次に制御用コンピュータ 7 は、被測定装置である電子回路基板 2 2 を台座 2 3 上に搭載す

50

るようユーザに促す表示を表示装置 9 に表示させる (ステップ 1502)。この表示を受けてユーザは、電子回路基板 22 を台座 23 に搭載する。さらに、磁界プローブ 4 を x y 方向の磁界測定用のコネクタ 29 a に取り付けようユーザに促す表示を表示装置 9 に表示させ (ステップ 1503)、準備完了の命令がユーザから入力装置 10 に入力されるのを待つ (ステップ 1504)。ユーザは、表示に従い、磁界プローブ 4 の雌ねじ部 25 b を雄ねじ形状のコネクタ 29 a にねじ込んで取り付け、信号ケーブル 24 の端子を磁界プローブ 4 の端子に接続する。取り付けが終了したならば、ユーザは表示に従い、準備完了を示す命令を入力装置 10 から入力する。

【0040】

準備完了を受付けると、制御用コンピュータ 7 は、x 方向の磁界測定および y 方向の磁界測定のために磁界プローブ 4 の向きの校正を行う (ステップ 1505)。

【0041】

以下、このステップ 1505 について、図 16 のフローチャートを用いて詳しく説明する。

【0042】

まず、制御用コンピュータ 7 は、プローブ校正装置内の水平磁界発生基準アンテナ 31 の電源 33 を動作させ、ユーザからの初期値として入力された周波数の交流電流を出力させる。これにより、基準アンテナ 31 のマイクロストリップライン 35 から校正用磁界を発生させる (ステップ 1602)。次に、制御用コンピュータ 7 は、水平磁界発生基準アンテナ 31 の直上の座標情報を x y z スキャナ 3 のプローブ移動機構 19、20、21 に送信する (ステップ 1603)。これを受けて、プローブ移動機構 19、20、21 は、図 13 のように磁界プローブ 4 を水平磁界発生基準アンテナ 31 の直上の座標 (校正位置) まで移動する。校正位置における基準アンテナ 31 の校正磁界の方向は、x 方向に平行である。

【0043】

次に制御用コンピュータ 7 は、電磁界検出器 6 に指示を出し、その校正位置での磁界プローブ 4 の磁界強度を、磁界プローブ 4 の現状の向きのまま測定させる。測定結果は、制御用コンピュータ 7 が受け取り、メモリ 8 に格納する。次に制御用コンピュータ 7 は、プローブ方向変位機構 27 の回転駆動源 26 c に指示を出し、磁界プローブ 4 のプローブ回転角 を指示した方向に 1° ずつ 180° まで回転させ、 1° ごとに電磁界検出器 6 に磁界強度を測定させる。この測定で得られたデータは、すべて制御用コンピュータのメモリ 8 に格納する。次に制御用コンピュータ 7 は、メモリ 8 に格納したデータから、磁界強度が最小 (null) となるときの回転角 を検出する (ステップ 1604)。磁界強度が最小 (null) となるときの回転角 は、校正用の磁界が x 方向に平行であるため、ループアンテナ 1 の主平面を x 方向に平行になる向き (法線方向が y 方向と平行になる向き) となる。

【0044】

つぎに、制御用コンピュータ 7 は、検出した回転角 の角度情報を 回転駆動源 26 c に指示し、磁界強度が最小 (null) となるときの回転角 に磁界プローブ 4 を向かせる。また、制御用コンピュータ 7 は、水平方向基準アンテナ 31 の電源 33 に電源供給の停止を指示する (ステップ 1606)。

【0045】

以上で磁界プローブ 4 の回転角 の校正が終了する。この校正により、ループアンテナ 1 の主平面の法線方向が y 方向に平行に向き、y 方向の磁界のみを最大に検出できる方向を向く。ここで磁界プローブ 4 のプローブ軸 25 a が精度良く z 軸に平行にコネクタ 29 a に取り付けられているならば、プローブ軸回転角 を 90° 回転させることにより、ループアンテナ 1 の主平面の法線方向を x 方向に平行に向けることができ、x、y 方向の磁界をそれぞれ測定できるため、校正は終了である。しかしながら、実際にはループアンテナ 1 自体のゆがみや、コネクタ 29 a への取り付け時の姿勢のばらつきなどがあるため、プローブ軸 25 a は z 軸に対して傾いており、前記状態からプローブ軸回転角 を 90° 回

転させてもループアンテナ1の主平面の法線方向をx方向に平行に向けることはできない。そこで、プローブ軸25aとz軸との間の角度を校正してやる必要がある。なお、ここでは、プローブ軸25aの傾きのばらつきは、プローブ4およびコネクタ29aの製造時のスペックにより $\pm 10^\circ$ 以内に抑えられているとして校正を行う。

【0046】

制御用コンピュータ7は、まず磁界プローブ4のループアンテナ1の主平面の法線方向がy方向に平行な状態(ステップ1605の状態)でプローブ軸傾き角を校正する。そのために、垂直磁界発生基準アンテナ32の電源33を動作させ、マイクロストリップライン35に交流電流を供給し、校正用磁界を発生させる(ステップ1608)。次に制御用コンピュータ7は、垂直磁界発生基準アンテナ32のマイクロストリップライン35の真横の座標情報をプローブ移動機構19、20、21に出力し、磁界プローブ4を垂直磁界発生基準アンテナ32の直横の校正位置に移動させる(ステップ1609)。この校正位置における基準アンテナ32の磁界はz方向に平行である。

10

【0047】

次に制御用コンピュータ7は、電磁界検出器6に指示を出し、その校正位置での磁界プローブ4の磁界強度を測定させ、その測定結果を取り込んで、メモリ8に格納する(ステップ1609)。さらに、制御用コンピュータ7は、プローブ方向変位機構27の回転駆動源26cに指示を出し、磁界プローブ4の軸方向とz軸とのなす角を 1° ずつ $\pm 10^\circ$ まで変化させ、 1° ごとに磁界プローブ4の磁界強度を電磁界検出器6により測定させる。得られたデータはすべてメモリ8に格納する。制御用コンピュータ7は、得られた磁界強度と傾きとの関係から磁界強度が最小(null)となるときのプローブ軸傾き角を検出する(ステップ1610)。

20

【0048】

制御用コンピュータ7は、ステップ1610で検出した傾き角の情報をプローブ方向変位機構27の回転駆動源26cに出力し、傾き角を磁界強度が最小(null)となる角度に設定する(ステップ1611)。これにより、ループアンテナ1の主平面がy方向向き(主平面の法線方向がx方向に平行)の状態、磁界プローブ4のプローブ軸傾き角を最小にすることができる。

【0049】

つぎに、磁界プローブ4のループアンテナ1の主平面をx方向向き(主平面の法線方向がy方向に平行)の状態、傾き角をさらに校正する。

30

【0050】

ステップ1611のループアンテナ1の向きは、y方向向き(主平面の法線方向がx方向に平行)であるため、制御用コンピュータ7は、プローブ方向変位機構27の回転駆動機構26aに 90° の回転を指示し、ループアンテナ1をx方向向きにさせる(ステップ1613)

次に制御用コンピュータ7は、電磁界検出器6に指示を出し、その位置での磁界プローブ4の磁界強度を測定させ、その測定結果を取り込んで、メモリ8に格納する。さらに、制御用コンピュータ7は、プローブ方向変位機構27の回転駆動源26cに指示を出し、磁界プローブ4の軸方向とz軸とのなす角を 1° ずつ $\pm 10^\circ$ まで変化させ、 1° ごとに磁界プローブ4の磁界強度を電磁界検出器6により測定させる。得られたデータはすべてメモリ8に格納する。制御用コンピュータ7は、得られた磁界強度と傾きとの関係から磁界強度が最小(null)となるときのプローブ軸傾き角を検出する(ステップ1614)。

40

【0051】

制御用コンピュータ7は、ステップ1614で検出した傾き角の情報をプローブ方向変位機構27の回転駆動源26cに出力し、傾き角を磁界強度が最小(null)となる角度に設定する(ステップ1615)。これにより、ループアンテナ1の主平面がx方向向き(主平面の法線方向がy方向に平行)の状態、磁界プローブ4のプローブ軸傾き角を最小にすることができる。

50

【 0 0 5 2 】

以上で、磁界プローブ4の向きの校正は終了であるが、ステップ1615の磁界プローブ4の姿勢は、ループアンテナ1の主平面がy方向に向いたy方向磁界の測定のための向きであるため、制御用コンピュータ7は、回転駆動源26aに90°回転の指示を出し、磁界プローブ4を主平面がx方向に向いた状態に戻す(ステップ1616)。さらに、この後の被測定装置の磁界測定に影響を与えないように垂直磁界発生基準アンテナ32の電源33に電源供給の停止を指示する。

【 0 0 5 3 】

以上のステップ1602~1617により、x、y方向の磁界の測定のための磁界プローブ4の向きの校正は終了し、図15のステップ1506に進み、被測定装置である電気回路基板22の磁界をx、yの2方向に分離して測定する。

10

【 0 0 5 4 】

まず、制御用コンピュータ7は、被測定装置である電子回路基板22を動作させるようにユーザに促す表示を表示装置9に表示させ、ユーザが電子回路基板22の電源を投入し、準備完了の命令を入力装置10に入力するのを待つ(ステップ1506)。

【 0 0 5 5 】

準備完了の命令が入力されたならば、制御用コンピュータ7は、まずx方向の磁界測定を開始する。具体的には、ステップ1501で入力された初期値(測定範囲、測定ピッチ等)に従って、プローブ移動機構19、20、21に動作を指示し、電子回路基板22の近傍の指定された測定平面上で磁界プローブ4を走査させる。この走査中に、電磁界検出器6により、前記測定平面上のx方向磁界の強度を測定させる。このとき測定データはすべてメモリ8に格納する(ステップ1507)。このとき磁界プローブ4はx方向向きであるため、電子回路基板22の近傍磁界のx方向の磁界分布データを得ることができる。

20

【 0 0 5 6 】

つぎに、y方向の磁界を測定するために、回転駆動源26aに90°の回転を指示し、磁界プローブ4のループアンテナ1の主平面の方向にy方向向きに変更する。ステップ1507と同様に上記測定平面上におけるy方向の磁界測定を行う(ステップ1509)。これにより、電位回路基板22の近傍磁界のy方向の磁界分布データを得ることができる。

【 0 0 5 7 】

上述のステップによりx、y方向の近傍磁界測定が終わると、z方向の磁界測定のために、制御用コンピュータ7は、磁界プローブ4をコネクタ29aから取り外し、z方向測定用プローブ方向変位機構28のコネクタ29bに付け替えるようにユーザに促す表示、ならびに、電子回路基板22の動作を止めるように促す表示を表示装置9に表示させる。そして、準備完了の命令がユーザから入力されるのを待つ(ステップ1510、1511)。ユーザは、この表示に従って、x、y方向測定用のプローブ方向変位機構27のコネクタ29aに付いていた磁界プローブ4を、z方向測定用のプローブ方向変位機構28のコネクタ29bに付け替える。磁界プローブ4は、図5のようにコネクタ29bにプローブ4の軸方向がy方向にほぼ平行になるように取り付けられる。また、電子回路基板22を非動作状態にして、準備完了の命令を入力する。

30

40

【 0 0 5 8 】

このように、本実施の形態では、予め2本の磁界プローブをコネクタ29a、29aに固定しておくのではなく、1本の磁界プローブ4を付け替えてx、y、zの測定を行う校正にしている。その理由は、複数の磁界プローブ4を用いることでプローブ間の形状誤差に起因する測定誤差が生じるのを防止し、x、y、z方向の磁界測定を高精度に行うためである。

【 0 0 5 9 】

ユーザから準備完了の命令が入力されたならば、制御用コンピュータ7は、ステップ1512に進み、z方向の磁界測定のためにプローブの姿勢の校正を行う。ステップ1512の詳細について図17を用いて説明する。図17のz方向の磁界測定のための磁界プロー

50

ブ4の姿勢校正のステップは、図16で説明したものとほぼ同様であるのでここでは簡単に説明する。図17の校正のステップで図16と異なるのは、最初に垂直方向基準アンテナ32から発生されるz方向の磁界を用いて磁界プローブ4の回転角を校正し、その後、水平方向基準アンテナ31を用いてを校正するという点である。

【0060】

まず、図17のステップ1702～1706により、プローブ回転角の校正を行う。まず、垂直方向基準アンテナ32から校正用磁界を発生させ、磁界プローブ4を基準アンテナ32の真横の校正位置に移動させる。この校正位置では、校正磁界はz軸に平行である。そして、磁界プローブ4を回転駆動源26cにより方向に回転させながら磁界を測定し、測定磁界強度が最小になる磁界プローブ4の向き(回転角)を検出し、その向きに磁界プローブ4を向ける。これにより、ループアンテナ1の主平面は、法線方向がy方向と平行になる。

10

【0061】

つぎに、このループアンテナ1の向きで、プローブ軸傾き角の校正をステップ1708～1711によって行う。この校正には、水平方向基準アンテナ31の発生するx軸方向に平行な校正磁界を用いる。磁界プローブ4を水平基準アンテナ31の真上に移動させ、回転駆動源26bにより $\pm 10^\circ$ の範囲で傾き角を変化させながら磁界強度を測定する。そして、磁界強度が最小となる傾き角を検出し、この傾き角に磁界プローブ4を傾斜させる。これにより、ループアンテナ1の主平面がy方向向きのときの傾き角を最小にすることができる。

20

【0062】

つぎに、ループアンテナ1の主平面がz方向向きのときの傾き角を最小にする校正をステップ1713～1716によって行う。まず、回転駆動源26aによりプローブ軸回転角を 90° 回転させ、ループアンテナ1の主平面をz方向向き(主平面の法線方向をz軸に平行)にする。そして、水平方向基準アンテナ31の発生するx軸方向に平行な校正磁界を用い、水平基準アンテナ31の真上で、磁界プローブ4を回転駆動源26bにより $\pm 10^\circ$ の範囲で傾き角を変化させながら磁界強度を測定する。そして、磁界強度が最小となる傾き角を検出し、この傾き角に磁界プローブ4を傾斜させる。これにより、ループアンテナ1の主平面がz方向向きのときの傾き角を最小にすることができる。

30

【0063】

これにより、磁界プローブ4のプローブ軸25aの軸方向をy方向に平行に校正できるとともに、ループアンテナの主平面方向をz方向の磁界を最も強く検出できる向きに向けることができる。これにより、図15のステップ1512のz方向の磁界測定のための磁界プローブ4の向きの校正が終了する。

【0064】

校正が終了した磁界プローブによって、電子回路基板22の近傍磁界のz方向磁界を測定するために、制御用コンピュータ7は、ステップ1513で電子回路基板22の電源を投入するようにユーザに促す表示を表示装置9の表示させ、準備完了の命令が入力装置10に入力されたならば、ステップ1514に進む。ステップ1514では、制御用コンピュータ7は、ステップ1501で入力された初期値(測定範囲、測定ピッチ等)に従って、xyzスキャナ3のプローブ移動機構19、20、21を動作させ、磁界プローブ4を電子回路基板22の近傍の前記測定平面上で走査させながら、磁界検出器6により、測定平面上におけるz方向磁界を電子回路基板22の近傍磁界のz方向磁界を測定させる。このとき測定データはすべてメモリ8に格納される。

40

【0065】

制御用コンピュータ7は、ステップ1507、1509、1514でそれぞれ取り込んだx方向磁界、y方向磁界、z方向磁界の磁界強度分布をそれぞれ表示装置9に表示する(ステップ1515)。

【0066】

50

本実施の形態の三次元近傍磁界測定装置は、磁界プローブ4の向きを図4の、の各方向に独立に回転させることのできる機構を備え、この機構を用いて磁界プローブ4のループアンテナ1の主平面を、x方向磁界、y方向磁界、z方向磁界がそれぞれ最大の強度で検出できる向きに向かせる校正を行うことができる。このように校正を行った上で、磁界測定を行うため、x方向磁界、y方向磁界、z方向磁界それぞれ分離して高精度に測定できる。また、上記校正は、実際に磁界強度を検出しながら行うため、磁界プローブ4の形状にねじれ等が存在しループアンテナ1の主平面がねじれている場合であっても、ループアンテナ1の指向性が最大の方向を測定すべき磁界の方向に正確に向けることができる。

【0067】

したがって、第1の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置は、被測定装置の近傍磁界を3方向に分離してそれぞれ精度よく測定できる。これにより、3方向の磁界それぞれの磁界強度分布を精度よく得ることができる。また、この3方向の磁界を用いることにより、被測定装置の磁界発生源の特定を高精度に行うことを可能にする。

【0068】

また、第1の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置は、1本の磁界プローブ4の先端のループアンテナ1のみが電子回路基板22の近傍に達し、プローブ支持機構18やプローブ移動機構19、20、21は電子回路基板22の近傍には位置しない。したがって、電子回路基板22の近傍磁界が、本装置によって攪乱されるのを最小限に防止することができるという利点もある。

【0069】

(実施の形態2)

次に、第2の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置について説明する。

【0070】

上述の第1の実施の形態で説明した三次元近傍磁界測定装置は、x、y方向の磁界測定からz方向の磁界測定へ移る際に、制御用コンピュータ7による自動制御を一時中断し、人の手で磁界プローブ4を付け替える必要があった。また、プローブ4の付け替え後は、プローブ4の向きをもう一度やり直す必要があった。そこで本実施の形態では、図6に示すようにプローブ支持機構18の先端を、プローブ方向変位機構27ごと折り返すヒンジ機構30を設け、プローブ4を付け替えることなくプローブ4の軸方向をz方向からy方向に切り替える構成とした。これにより、同一のプローブ4を付け替える動作なしに、x、y、zの磁界測定に使用でき、しかも磁界プローブ4の向きを1回で済むため、測定にかかる時間を大幅に短縮できる。以下、具体的に説明する。

【0071】

図6のようにプローブ支持機構18の先端には、部材601がヒンジ機構30によりプローブ支持機構18に対して回転可能に取り付けられている。ヒンジ機構30は、回転駆動源を有し、この回転駆動源は制御用コンピュータ7によって動作を制御されている。ヒンジ機構30の回転動作により、部材601は、側面601aを、プローブ支持機構18aの先端面18aに接触させた形態と、部材601を折り返して上面601bを先端面18aに接触させた形態の2つの形態を採ることができる。部材601の内部には、プローブ方向変位機構27が図6のように配置されている。したがって、ヒンジ機構30を動作させることにより、磁界プローブ4をx、y方向磁界測定のための軸方向がz方向に平行な姿勢から、z方向磁界測定のための軸方向がy方向に平行な姿勢に変更できる。また、x、y方向磁界測定時にプローブ4の向きを校正しておけば、部材601を折り返してプローブ4をz方向の磁界測定的位置に変更した場合のプローブ4の向き精度は、プローブ支持機構18の先端面18aの面精度と、部材601の形状精度とにより決まる。これらの面精度および形状精度は、製造時の機械的な精度によって一定以上に維持できるため、部材601の折り返し後のプローブ4の向き精度を一定値以上に維持することは容易である。

【0072】

10

20

30

40

50

プローブ支持機構 18 の先端部の校正以外の他の部分の構成は、第 1 の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

【0073】

つぎに、本実施の形態の三次元近傍磁界測定装置の動作について図 18 を用いて説明する。

【0074】

図 18 のステップのうちステップ 1500 ~ 1509 は、第 1 の実施の形態の図 15 のステップ 1500 ~ 1509 と同じであるので説明を省略する。これらのステップによって、x、y 方向測定用の磁界プローブ 4 の構成と、近傍磁界の x 方向磁界および y 方向磁界の測定が終了する。このあと、第 1 の実施の形態であれば磁界プローブ 4 をユーザの手によって付け替える動作が必要であるが、本実施の形態では、制御用コンピュータ 7 がヒンジ機構 30 の回転駆動源に回転動作を指示し、部材 601 をヒンジ機構 30 を中心に折り返させる。これにより、磁界プローブ 4 を、軸方向が y 方向に平行な位置、すなわち z 方向磁界測定用の位置に転換することができる。また、上述のように面 18a の面精度と部材 601 の形状精度とを高精度に形成しているため、部材 601 の折り返しによりプローブ 4 の主平面の法線方向を z 方向に精度よく向けることができる。したがって、改めてプローブの向きを校正することなくステップ 1514 に進み、第 1 の実施の形態と同様に z 方向の磁界を測定することができる。最後に、第 1 の実施の形態と同様に、ステップ 1515 において制御用コンピュータ 7 はこれまでの測定データを処理し、各方向成分の磁界強度分布を表示装置に表示する。

【0075】

なお、第 2 の実施の形態では、ステップ 1801 において部材 601 を折り返した際に、部材 601 b の形状精度によって磁界プローブ 4 の向きを保証しているが、ステップ 1801 の後でステップ 1514 の前に第 1 の実施の形態のステップ 1511、1512 をおこない z 方向測定用の磁界プローブの校正を再度行うようにすることもできる。再度校正を行うようにした場合には、校正のための時間が必要であるが、ループアンテナ 1 の指向性の最大方向を z 方向に向ける精度をさらに向上させることができるため、z 方向の磁界の測定の精度を向上させることができる。このように、z 方向の校正を再度行うようにした場合であっても、第 2 の実施の形態の装置はプローブ 4 の付けかえのためにユーザの手を煩わせないため、ステップ 1511、1506 の電位回路基板 22 への電源供給を開始および停止動作を制御用コンピュータ 7 が行うようにすることにより、図 18 のステップ 1505 以降を全自動でおこなうことが可能である。

【0076】

また、上述の第 1 および第 2 の実施の形態では、校正動作を自動で行っているが、手動でも行えるようにすることもできる。手動で校正を行えるようにするには、ステップ 1505 および 1513 の校正ステップに入るところで、手動の校正モードか自動の校正モードかをユーザが選択可能にする。手動の校正モードの場合、以降のステップごとに制御用コンピュータ 7 は、常に入力装置 10 からの入力待ち状態にし、ユーザから回転 や角度 や傾き が入力されてから、 、 、回転駆動源 26a、26b、26c に指示を出し、プローブ 4 の姿勢を変更する構成とする。また、その姿勢で検出した磁界強度情報は、逐次、表示装置 9 に表示させるようにする。これにより、ユーザはその結果を見ながら n 点を検出して校正を行うことができる。ユーザによる 、 、 の角度の入力は直接、角度の値を入力する構成の他、カーソルキーによって 1° ステップで変化させる構成にすることもできる。磁界測定に入ってから装置動作の流れは第 1 および第 2 の実施の形態と変わらないので説明を省略する。

【0077】

このように、第 2 の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置も、ループアンテナ 1 の指向性が最大の方向を測定すべき磁界の方向に正確に向けることができる。このため、被測定装置の近傍磁界を 3 方向に分離してそれぞれ精度よく測定できる。この 3 方向の磁界を用いることにより、被測定装置の磁界発生源の特定を高精度に行うことができる。

【0078】

また、第1および第2の実施の形態では、校正用磁界を発生させるアンテナとして図7、図8に示した基準アンテナ31、32を備える構成であったが、基準アンテナはこの構成に限定されるものではない。例えば、図9に示すような終端抵抗934および電源933を接続したループアンテナ936を、基板701、702に配置してそれぞれ垂直方向基準アンテナ932、水平方向基準アンテナ931にすることができる。また、図10のような電源933を接続したモノポールアンテナ937を、基板701、702に配置してそれぞれ水平方向基準アンテナ1031、垂直方向基準アンテナ1032にすることができる。さらに、図11のように電源933を接続したダイポールアンテナ938を、基板701、702に配置してそれぞれ水平方向基準アンテナ1131、垂直方向基準アンテナ1132にすることができる。なお、図8～図11の構成において、yz基板702の代わりに、y方向プローブ移動機構20の外壁を用いることもできる。

10

【0079】

さらに、図12のように、水平方向基準アンテナ31は、図8の構成と同様のマイクロストリップラインとし、この横にループアンテナ936を用いた垂直方向基準アンテナ932を配置する構成にすることができる。図12の構成は、xy基板701上に2つのアンテナを搭載できるため、校正用磁界発生装置5を立体的にする必要がなく、一平面にすることができる。

【0080】

また、上述の第1および第2の実施の形態の装置では、磁界プローブ4の、方向の回転のために、図4のようにプローブ方向変位機構27に、のそれぞれの回転機構を設け、回転駆動源26a、26b、26cにより動作を実現しているが、単体機構で3種類の動作が可能なプローブ方向変位機構18にすることも可能である。

20

【0081】

なお、第1および第2の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置は、電子回路基板22の近傍の測定平面上で測定したx方向磁界、y方向磁界、z方向磁界の強度分布をそれぞれ表示装置10に表示のみする構成であったが、制御用コンピュータ7にx方向磁界、y方向磁界、z方向磁界強度を処理させ、電子回路基板22の電磁波発生源の座標位置を特定させる機能を持たせることも可能である。具体的には、制御用コンピュータ7に、上述のように実測した近傍磁界分布から逆算して電磁波の発生源を求める演算部を配置する。演算部の機能は、制御用コンピュータ7内のCPUがメモリ8に格納されたプログラムを実行することで実現する。演算部は、被測定装置(電子回路基板22)内の互いに異なる複数の位置に、電磁波発生源が存在すると仮定し、仮定した各位置毎に予め定めた強度と位相の電磁波発生源が存在すると仮定する。そして、被測定装置の近傍の複数の測定点に、前記仮定した電磁波発生源によって生じると推定される近傍磁界の強度をそれぞれ算出する。

30

【0082】

そして、算出された推定近傍磁界強度と、その測定点で実際に磁界プローブ4によって測定した近傍磁界強度との相関をとり、この相関からその実測の近傍磁界強度と一致する磁界を発生する仮想電磁波発生源の位置、強度および位相を特定する。これにより、被測定装置の電磁波発生源を探索する。上記相関をとる方法としては、算出した推定近傍磁界強度分布ベクトルと、実測した近傍磁界強度分布ベクトルとの内積をとる方法を用いることができる。算出した推定近傍磁界強度分布ベクトルとは、算出した各測定点についての推定近傍磁界強度分布を、測定点数に相当する次元を持ったベクトル強度として設定したものである。実測した近傍磁界強度分布ベクトルとしては、実測した各測定点についての実測近傍磁界強度分布を、測定点数に相当する次元を持ったベクトル強度として設定したものである。そして、上記内積演算により、前述の仮定した各位置での被測定装置の電磁波発生源の存在確率をそれぞれ求め、該存在確率を利用して電磁波発生源の位置を求めるようにすることができる。

40

【0083】

50

このように電磁波発生源の位置を求める場合においては、例えば実測したx方向磁界およびy方向磁界のみを用い、これらと直交するz方向に被測定装置内を流れる電流の位置を上記方法によって特定するようにすることにより、計算を簡略化することができる。この場合、電磁波発生源としては、z方向の電流を仮定し、仮定した電流から発生するx方向磁界、y方向磁界を算出し、これらと実測したx方向磁界およびy方向磁界との相関を求めるようにする。同様に、実測したx方向およびz方向の磁界を用い、y方向の電流位置を特定するようにすることも可能であるし、y方向およびz方向の磁界を用い、x方向の電流位置を特定するようにすることも可能である。

【0084】

また、上述の特定方法においては、測定点は、例えば電子回路基板22等に平行なxy平面に平行な測定面上に一定の間隔をあけて位置する点にすることができる。また、電子回路基板22に仮定する電磁波発生源も、電子回路基板22内に設定したxy平面に平行な面上に流れる電流であると仮定することができる。

10

【0085】

さらに、制御用コンピュータ7は、電子回路基板22の電磁波発生源を探索する機能に加えて、探索した電磁波発生源から、電位回路基板22の遠方位置に生じる遠方電磁界強度を算出する機能をさらに備えることも可能である。

【0086】

【発明の効果】

上述してきたように、本発明によれば、被測定装置の近傍磁界をxyz方向についてそれぞれ高精度に測定することのできる近傍磁界測定装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明および従来のループアンテナの指向性を示す説明図。

【図2】本発明の第1の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置の全体構成を示すブロック図。

【図3】図1の三次元近傍磁界測定装置のxyzスキャナ3の具体的な構成を示す斜視図。

【図4】図1の三次元近傍磁界測定装置のプロープ方向変位機構27、28の構成を示す説明図。

【図5】プロープ方向変位機構27、28のコネクタ26a、26bの形状および向きを示す説明図。

30

【図6】本発明の第2の実施の形態の三次元近傍磁界測定装置のプロープ支持機構18の構成を示す説明図。

【図7】図1の三次元近傍磁界測定装置の校正用磁界発生装置5の構成を示す説明図。

【図8】図8の校正用磁界発生装置5の回路構成を示す説明図。

【図9】図1の三次元近傍磁界発生装置に用いることのできる校正用磁界発生装置の別の構成例を示す説明図。

【図10】図1の三次元近傍磁界発生装置に用いることのできる校正用磁界発生装置の別の構成例を示す説明図。

【図11】図1の三次元近傍磁界発生装置に用いることのできる校正用磁界発生装置の別の構成例を示す説明図。

40

【図12】図1の三次元近傍磁界発生装置に用いることのできる校正用磁界発生装置の別の構成例を示す説明図。

【図13】図5の校正用磁界発生装置の近傍磁界内に磁界プローブ4を配置した状態を示す説明図。

【図14】図13において磁界プローブ4を方向に回転させた場合に、検出される磁界強度を示すグラフ。

【図15】本発明の第1の実施の形態の三次元近傍磁界発生装置が近傍磁界測定を行う場合の制御用コンピュータの動作を示すフローチャート。

【図16】図15のステップ1505の詳しい内容を示すフローチャート。

50

【図17】図15のステップ1513の詳しい内容を示すフローチャート。

【図18】本発明の第2の実施の形態の三次元近傍磁界発生装置が近傍磁界測定を行う場合の制御用コンピュータの動作を示すフローチャート。

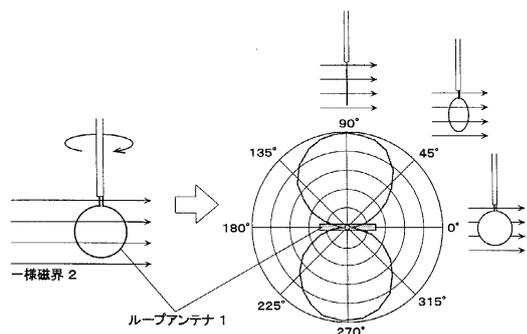
【符号の説明】

1 ... ループアンテナ、2 ... 一様磁界、3 ... x y z スキャナ、4 ... 磁界プローブ、5 ... 校正用磁界発生装置、6 ... 電磁界検出器、7 ... 制御用コンピュータ、8 ... メモリ、9 ... 表示装置、10 ... 入力装置、15 ... 磁界強度情報、18 ... プローブ支持機構、19 ... x方向プローブ移動機構、20 ... y方向プローブ移動機構、21 ... z方向プローブ移動機構、22 ... 電子回路基板、23 ... 台座、24 ... 信号ケーブル、25 a ... プローブ軸、25 b ... めねじ部、26 a ... 回転駆動源、26 b ... 回転駆動源、26 c ... 回転駆動源、27 ... x, y方向測定用プローブ方向変位機構、28 ... z方向測定用プローブ方向変位機構、29 a、29 b ... 磁界プローブ取付用コネクタ、30 ... ヒンジ機構、31 ... 水平方向基準アンテナ、32 ... 垂直方向基準アンテナ、33 ... 電源、34 ... 終端抵抗、35 ... マイクロストリップライン、400 ... 軸、401 ... 軸、701 ... x y 基板、702 ... y z 基板、936 ... ループアンテナ、937 ... モノポールアンテナ、938 ... ダイポールアンテナ。

10

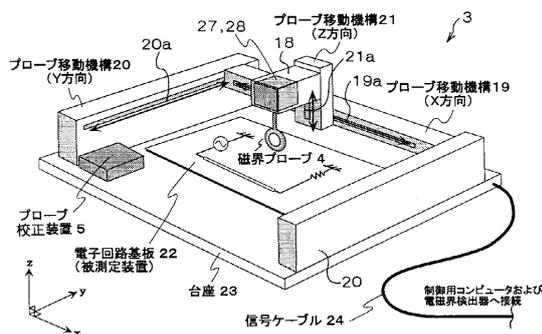
【図1】

ループアンテナの指向性(図1)



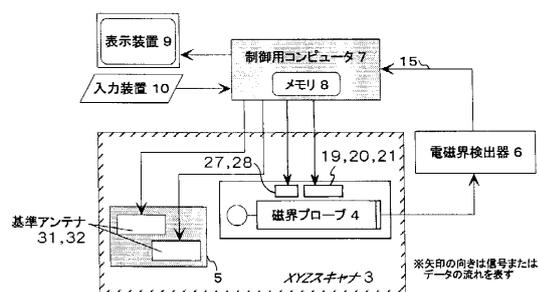
【図3】

近傍磁界測定装置(XYZスキャナ)(図3)



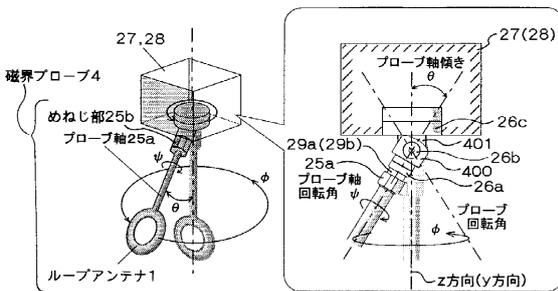
【図2】

測定系ブロック図(図2)

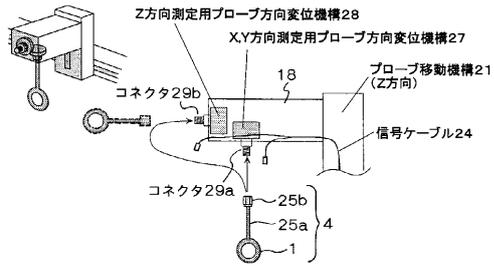


【図4】

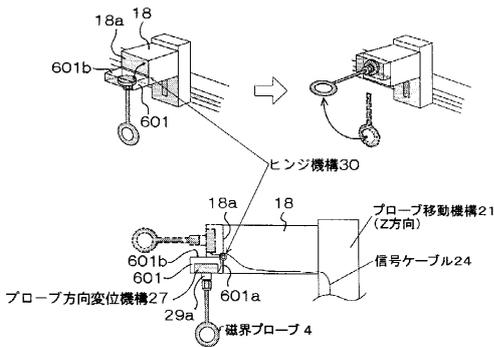
プローブ方向変位機構(図4)



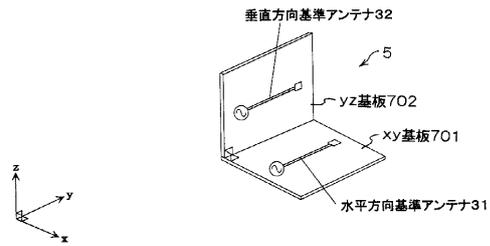
【図5】
プローブ方向変位機構(プローブ付け替えタイプ)(図5)



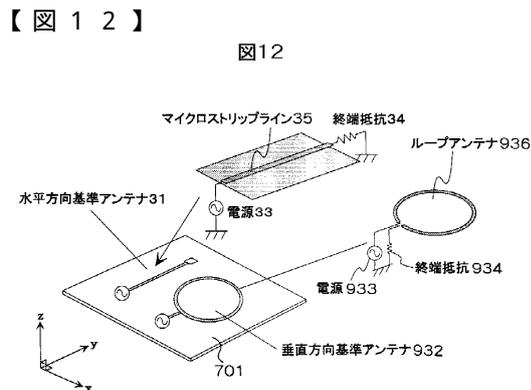
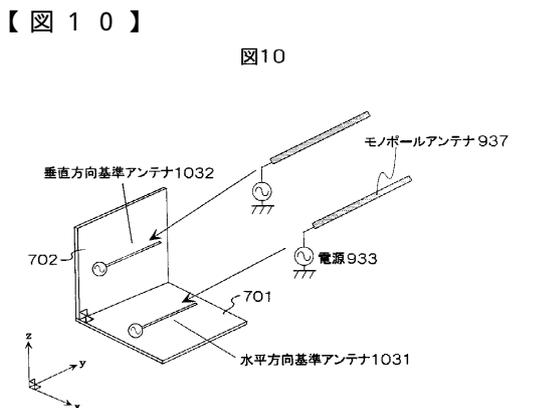
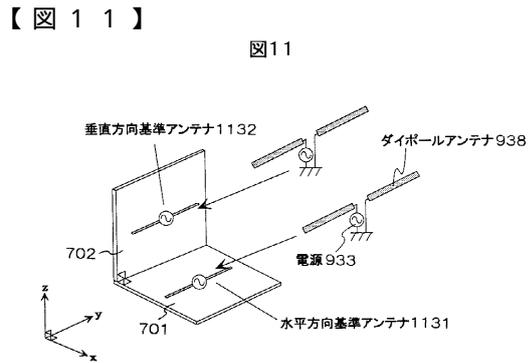
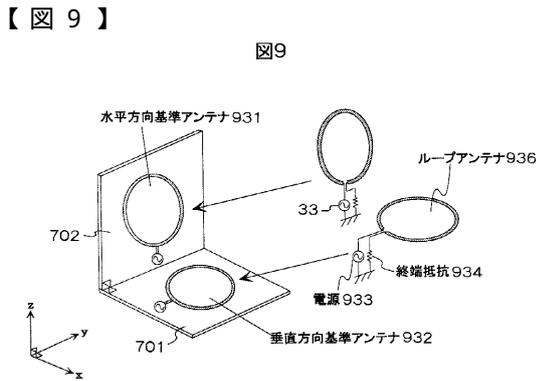
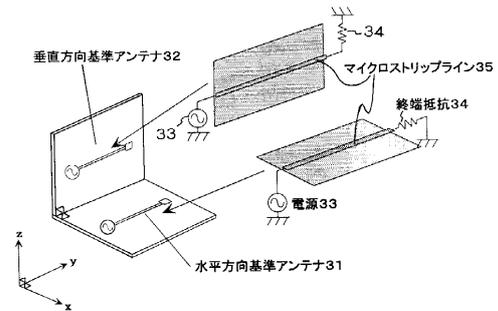
【図6】
プローブ方向変位機構(プローブ折り返しタイプ)(図6)



【図7】
校正用磁界発生装置(図7)

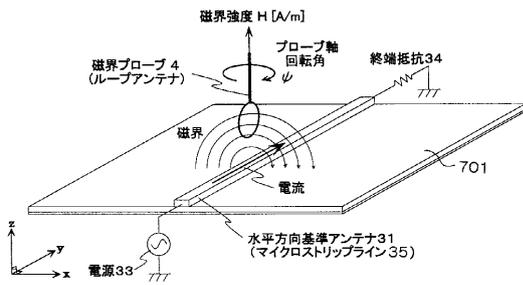


【図8】
校正用磁界発生装置(マイクロストリップラインタイプ)(図8)



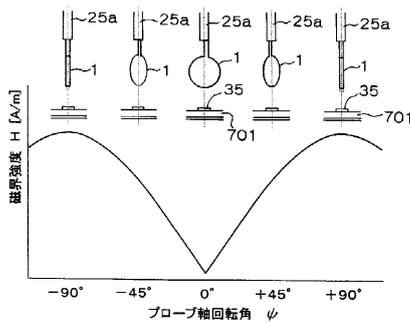
【 図 1 3 】

校正用基準アンテナにおける近傍磁界測定(図13)



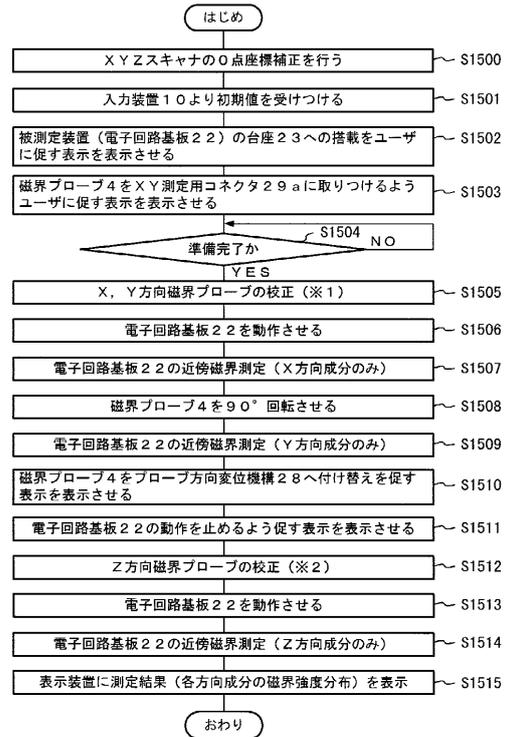
【 図 1 4 】

プローブをアンテナ直上で回転させたときの磁界強度分布(図14)



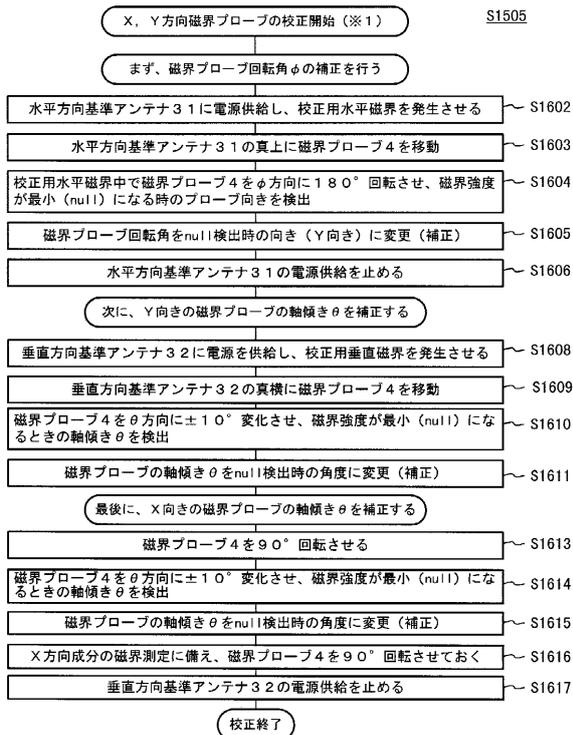
【 図 1 5 】

実施の形態 1 における磁界測定フローチャート (図 15)



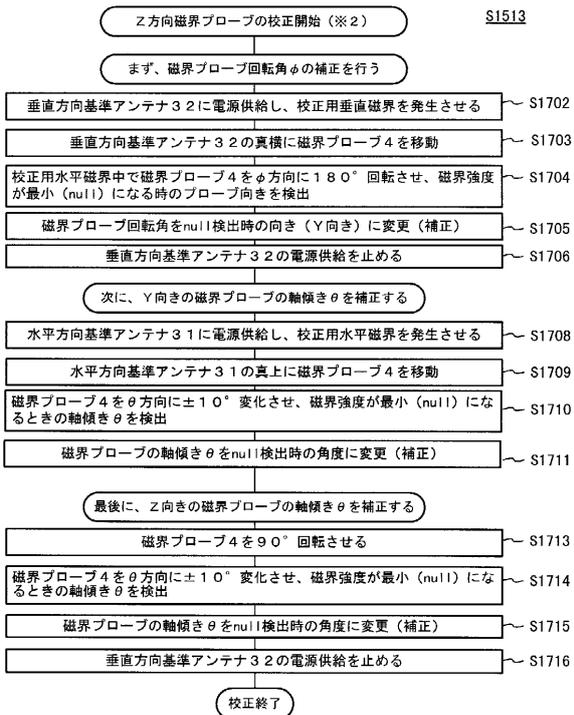
【 図 1 6 】

X, Y方向磁界プローブ校正フローチャート (図16)



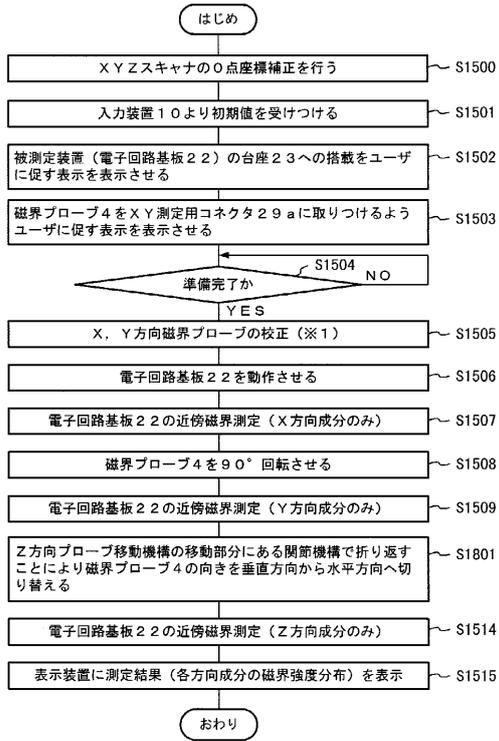
【 図 1 7 】

Z方向磁界プローブ校正フローチャート (図17)



【 図 18 】

実施の形態 2 における磁界測定フローチャート (図 18)



フロントページの続き

(72)発明者 林 良彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内

審査官 中村 直行

(56)参考文献 特開平11-223647(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01R 29/08

G01R 33/00-33/26