

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-9840

(P2018-9840A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.

G 0 1 R 29/10 (2006.01)

F I

G 0 1 R 29/10

B

G 0 1 R 29/10

D

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-137757 (P2016-137757)
(22) 出願日 平成28年7月12日 (2016.7.12)

(71) 出願人 000000572
アンリツ株式会社
神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
(74) 代理人 100072604
弁理士 有我 軍一郎
(72) 発明者 野田 華子
神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アン
リツ株式会社内

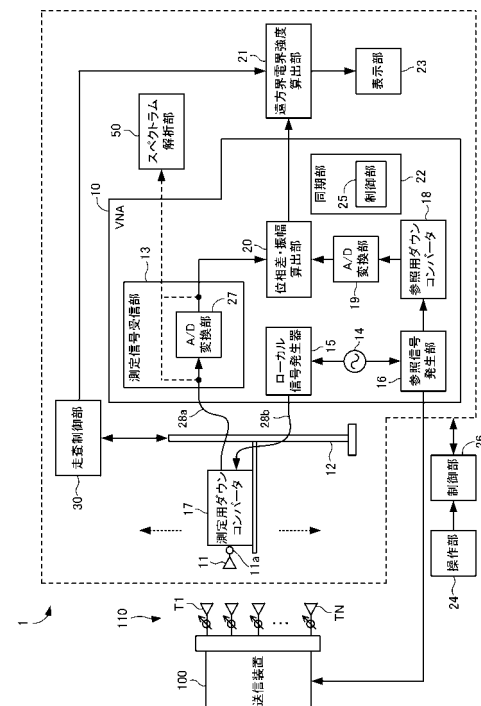
(54) 【発明の名称】 電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法

(57) 【要約】

【課題】測定用アンテナから受信部までの間を接続する配線のねじれや撓み等の影響を低減して、遠方界の電界強度分布を算出することができる電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法を提供する。

【解決手段】無変調波の参照信号を被測定アンテナ110に出力することにより、参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を被測定アンテナ110から送信させる参照信号発生部16と、測定用アンテナ11のコネクタ11aに近接して接続される測定用ダウンコンバータ17と、複数の測定位置において、被測定アンテナ110から送信される無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナ11と、測定信号と参照信号の位相差、及び、測定信号の振幅を測定位置ごとに算出する位相差・振幅算出部20と、算出された位相差及び振幅の情報を用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部21とを有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のアンテナ素子 (T 1 ~ T N) を含む被測定アンテナ (1 1 0) から送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置 (1) であって、

所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナ (1 1) と、

前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置 (1 2) と、

基準信号を出力する発振器 (1 4) と、

前記基準信号が入力されローカル信号を発生させるローカル信号発生器 (1 5) と、

前記測定用アンテナにより受信された測定信号を前記ローカル信号と混合することにより周波数変換する測定用周波数変換手段 (1 7) と、

前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用 A / D 変換部 (2 7) と、

前記基準信号が入力され参照信号を発生させる参照信号発生部 (1 6) と、

各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の振幅を算出し、それとともに、前記測定用デジタル信号の位相と前記参照信号がデジタイズされた参照用デジタル信号の位相との位相差を算出する位相差・振幅算出部 (2 0) と、

前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部 (2 1) と、を有し、

前記参照信号発生部は、前記参照信号を前記被測定アンテナに出力することにより、前記参照信号の周波数と等しい周波数の前記無線信号を前記被測定アンテナから送信させ、

前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタ (1 1 a) に近接して接続される測定用ダウンコンバータ (1 7) を含むことを特徴とする電界強度分布測定装置。

【請求項 2】

送信装置 (1 0 0) に備えられた複数のアンテナ素子 (T 1 ~ T N) を含む被測定アンテナ (1 1 0) から送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置 (1) であって、

所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナ (1 1) と、

前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置 (1 2) と、

基準信号を出力する発振器 (1 4) と、

前記基準信号が入力されローカル信号を発生させるローカル信号発生器 (1 5) と、

前記測定用アンテナにより受信された測定信号を前記ローカル信号と混合することにより周波数変換する測定用周波数変換手段 (1 7) と、

前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用 A / D 変換部 (2 7) と、

各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の振幅を算出し、それとともに、前記測定用デジタル信号の位相と前記発振器より出力された基準信号の位相との位相差を算出する位相差・振幅算出部 (2 0) と、

前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部 (2 1) と、を有し、

前記送信装置に備えられた参照信号発生部 (4 2 , 4 3) から発生される参照信号を前記被測定アンテナに出力することにより、前記参照信号の周波数と等しい周波数の前記無線信号を前記被測定アンテナから送信させ、

前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタ (1 1 a) に近接して接続される測定用ダウンコンバータ (1 7) を含むことを特徴とする電界強度分布測定装置。

【請求項 3】

前記参照信号を周波数変換する参照用周波数変換手段(18)と、

前記参照用周波数変換手段により周波数変換された参照信号をデジタイズして前記参照用デジタル信号を生成する参照用A/D変換部(19)と、を更に備え、

前記参照信号発生部は、前記発振器から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させることを特徴とする請求項1に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項4】

前記参照信号発生部は、前記発振器から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させることを特徴とする請求項2に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項5】

前記参照信号発生部は、前記送信装置内の中間周波数の信号を前記ローカル信号発生器で発生されたローカル信号にて周波数変換させて前記参照信号を発生させることを特徴とする請求項2に記載の電界強度分布測定装置。

10

【請求項6】

前記ローカル信号発生器、前記測定用A/D変換部、前記参照信号発生部、前記参照用周波数変換手段、前記参照用A/D変換部、及び前記位相差・振幅算出部が、いずれもベクトルネットワークアナライザ(10)で構成されることを特徴とする請求項3に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項7】

前記測定用ダウンコンバータは、

前記ローカル信号発生器により発生された前記ローカル信号を周波数通倍する通倍器(17a)と、

20

前記測定用アンテナにより受信された測定信号を、前記通倍器により周波数通倍されたローカル信号と混合するミキサ(17b)と、

前記ミキサの出力信号から不要な周波数成分を除去するフィルタ(17c)と、を有することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項8】

前記測定用ダウンコンバータは、

前記ローカル信号発生器により発生された前記ローカル信号の通倍の周波数成分により、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を周波数変換するハーモニックミキサ(17d)と、

30

前記ハーモニックミキサの出力信号から不要な周波数成分を除去するフィルタ(17c)と、を有することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項9】

複数のアンテナ素子(T1~TN)を含む被測定アンテナ(110)から送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置(2,3)であって、

所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナ(11)と、

40

前記無線信号を参照信号として受信する参照用アンテナ(31)と、

前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置(12)と、

前記測定用アンテナにより受信された測定信号を周波数変換する測定用周波数変換手段(17)と、

前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用A/D変換部(27)と、

前記参照用アンテナにより受信された参照信号を周波数変換する参照用周波数変換手段(32,41)と、

前記参照用周波数変換手段により周波数変換された参照信号をデジタイズして参照用デジタル信号を生成する参照用A/D変換部(37)と、

50

各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の位相と、前記参照用デジタル信号の位相との位相差を算出するとともに、前記測定用デジタル信号の振幅を算出する位相差・振幅算出部(20)と、

前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部(21)と、を有し、

前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタ(11a)に近接して接続される測定用ダウンコンバータ(17)を含むことを特徴とする電界強度分布測定装置。

【請求項10】

前記参照用周波数変換手段は、前記参照用アンテナのコネクタ(11b)に近接して接続される参照用ダウンコンバータ(32)を含むことを特徴とする請求項9に記載の電界強度分布測定装置。

10

【請求項11】

前記測定用周波数変換手段と前記参照用周波数変換手段との間で周波数同期を取る周波数同期手段(38a)と、

前記測定用デジタル信号と前記参照用デジタル信号の前記位相差・振幅算出部へのデータ取り込みの開始のタイミングを同期する位相差・振幅算出処理タイミング同期手段(36a, 36b, 38b)と、

前記測定用A/D変換部及び前記参照用A/D変換部のサンプリングクロックを同期するA/D変換クロック同期手段(38c)と、を更に有することを特徴とする請求項9又は請求項10に記載の電界強度分布測定装置。

20

【請求項12】

前記測定用アンテナにより受信された測定信号のスペクトラムを解析するスペクトラム解析部(50)を更に備えることを特徴とする請求項1から請求項11のいずれか1項に記載の電界強度分布測定装置。

【請求項13】

請求項3もしくは請求項6から請求項8のいずれか1項に記載の電界強度分布測定装置を用いる電界強度分布測定方法であって、

前記被測定アンテナに無変調波の参照信号を出力する参照信号出力ステップ(S1)と、

30

前記被測定アンテナから前記参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を送信する無線信号送信ステップ(S2)と、

前記測定用ダウンコンバータと一体化した測定用アンテナを測定位置に移動させる移動ステップ(S3)と、

所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として前記測定用アンテナにより受信する信号受信ステップ(S4)と、

前記信号受信ステップで受信された測定信号を前記測定用周波数変換手段により周波数変換するとともに、前記参照信号発生部で発生された参照信号を前記参照用周波数変換手段により周波数変換する周波数変換ステップ(S5)と、

前記周波数変換ステップで周波数変換された測定信号及び参照信号を、前記測定用A/D変換部及び前記参照用A/D変換部によりデジタイズして測定用デジタル信号及び参照用デジタル信号を生成するA/D変換ステップ(S6)と、

40

各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の位相と、前記参照用デジタル信号の位相との位相差を算出するとともに、前記測定用デジタル信号の振幅を算出する位相差・振幅算出ステップ(S7)と、

前記位相差・振幅算出ステップで算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出ステップ(S9)と、を含むことを特徴とする電界強度分布測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法に関し、特に、アンテナの電界強度分布を近傍界領域で測定する電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

近年、移動体通信などの無線通信においては、数GHz以上の高周波帯でかつ数10MHz以上の広帯域な変調波が無線信号として用いられている。さらに、今後は、ミリ波帯のより広帯域な信号を使用するIEEE802.11adや5Gセルラ等に対応した、より広帯域な無線信号を送信する送信装置が求められている。さらに、このような送信装置に搭載されるアンテナの電界強度分布や指向性を解析したいという要求が想定される。

10

【 0 0 0 3 】

アンテナの電界強度分布や指向性を近傍界で測定する方法としては、ベクトルネットワークアナライザ(VNA)を用いた方法が従来より提案されている(例えば、特許文献1参照)。図11に示すように、VNA200には、送信装置210のポートから取り外し可能な測定対象の被測定アンテナ220と、移動可能な測定用アンテナ230とが接続されている。

【 0 0 0 4 】

VNA200は、テスト用の無線信号を参照信号として被測定アンテナ220に供給して、被測定アンテナ220からテスト用の無線信号を送信させる。測定用アンテナ230は、所定の走査範囲で移動されながら被測定アンテナ220から送信された無線信号を受信する。VNA200は、受信した被測定アンテナ220からの無線信号と参照信号とを比較して位相差情報を抽出する。ここで、参照信号は単一周波数の信号である。さらに、VNA200は、被測定アンテナ220により発生する電界の振幅を位相と同時に測定できるようにになっている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献1 】 特公平6-16058号公報

【 発明の概要 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来のVNAにおいてはダウンコンバータがVNA内の受信部にあり、受信プローブとしての測定用アンテナから受信部までの間を接続する同軸ケーブルなどの配線を高周波帯の無線信号が伝播する。このため、この配線のねじれや撓み等の影響により、伝播損等が発生するという問題があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、このような従来の課題を解決するためになされたものであって、測定用アンテナから受信部までの間を接続する配線のねじれや撓み等の影響を低減して、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法を提供することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明の請求項1の電界強度分布測定装置は、複数のアンテナ素子を含む被測定アンテナから送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置であって、所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナと、前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置と、基準信号を出力する発振器と、前記基準信号が入力されローカル信号を発生させるローカル信号発生器と、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を前記ローカル信号と混合することにより周波数変換

50

する測定用周波数変換手段と、前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用 A / D 変換部と、前記基準信号が入力され参照信号を発生させる参照信号発生部と、各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の振幅を算出し、それとともに、前記測定用デジタル信号の位相と前記参照信号がデジタイズされた参照用デジタル信号の位相との位相差を算出する位相差・振幅算出部と、前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部と、を有し、前記参照信号発生部は、前記参照信号を前記被測定アンテナに出力することにより、前記参照信号の周波数と等しい周波数の前記無線信号を前記被測定アンテナから送信させ、前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタに近接して接続される測定用ダウンコンバータを含む構成である。

10

【 0 0 0 9 】

ミリ波など高周波での測定時には、測定用アンテナを走査させることにより、測定用 A / D 変換部を含む受信部と測定用アンテナ間を接続する同軸ケーブルなどの配線の曲げ半径が変動したり、ねじれが発生したりする。これにより、配線内を伝播する無線信号の位相が変動し、測定結果に影響を与えることとなる。これに対して、ダウンコンバータを測定用アンテナと一体化することで、測定用アンテナと一体化したダウンコンバータから受信部までの間を接続する配線を伝播する無線信号の周波数を低くして、この配線のねじれや撓み等の影響を低減することができる。これにより、近傍界での位相誤差を減らせるため遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

20

【 0 0 1 0 】

また、本発明の請求項 2 の電界強度分布測定装置は、送信装置に備えられた複数のアンテナ素子を含む被測定アンテナから送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置であって、所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナと、前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置と、基準信号を出力する発振器と、前記基準信号が入力されローカル信号を発生させるローカル信号発生器と、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を前記ローカル信号と混合することにより周波数変換する測定用周波数変換手段と、前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用 A / D 変換部と、各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の振幅を算出し、それとともに、前記測定用デジタル信号の位相と前記発振器より出力された基準信号の位相との位相差を算出する位相差・振幅算出部と、前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部と、を有し、前記送信装置に備えられた参照信号発生部から発生される参照信号を前記被測定アンテナに出力することにより、前記参照信号の周波数と等しい周波数の前記無線信号を前記被測定アンテナから送信させ、前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタ (1 1 a) に近接して接続される測定用ダウンコンバータを含む構成である。

30

【 0 0 1 1 】

また、本発明の請求項 3 の電界強度分布測定装置は、前記参照信号を周波数変換する参照用周波数変換手段と、前記参照用周波数変換手段により周波数変換された参照信号をデジタイズして前記参照用デジタル信号を生成する参照用 A / D 変換部と、を更に備え、前記参照信号発生部は、前記発振器から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させる構成であってもよい。

40

【 0 0 1 2 】

また、本発明の請求項 4 の電界強度分布測定装置においては、前記参照信号発生部は、前記発振器から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させる構成であってもよい。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の請求項 5 の電界強度分布測定装置においては、前記参照信号発生部は、

50

前記送信装置内の中間周波数の信号を前記ローカル信号発生器で発生されたローカル信号にて周波数変換させて前記参照信号を発生させる構成であってもよい。

【0014】

また、本発明の請求項6の電界強度分布測定装置においては、前記ローカル信号発生器、前記測定用A/D変換部、前記参照信号発生部、前記参照用周波数変換手段、前記参照用A/D変換部、及び前記位相差・振幅算出部が、いずれもベクトルネットワークアナライザ(10)で構成されていてもよい。

【0015】

また、本発明の請求項7の電界強度分布測定装置においては、前記測定用ダウンコンバータは、前記ローカル信号発生器により発生された前記ローカル信号を周波数通倍する通倍器と、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を、前記通倍器により周波数通倍されたローカル信号と混合するミキサと、前記ミキサの出力信号から不要な周波数成分を除去するフィルタと、を有する構成であってもよい。

10

【0016】

この構成により、ローカル信号発生器から出力されたローカル信号と、測定用アンテナにより受信された測定信号を、周波数が低い状態で配線を伝送させることができるため、測定系での位相の変化を抑制して、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

【0017】

また、本発明の請求項8の電界強度分布測定装置においては、前記測定用ダウンコンバータは、前記ローカル信号発生器により発生された前記ローカル信号の通倍の周波数成分により、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を周波数変換するハーモニックミキサと、前記ハーモニックミキサの出力信号から不要な周波数成分を除去するフィルタと、を有する構成であってもよい。

20

【0018】

また、本発明の請求項9の電界強度分布測定装置は、複数のアンテナ素子を含む被測定アンテナから送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出する電界強度分布測定装置であって、所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として受信する測定用アンテナと、前記無線信号を参照信号として受信する参照用アンテナと、前記複数の測定位置に前記測定用アンテナを移動させる移動装置と、前記測定用アンテナにより受信された測定信号を周波数変換する測定用周波数変換手段と、前記測定用周波数変換手段により周波数変換された測定信号をデジタイズして測定用デジタル信号を生成する測定用A/D変換部と、前記参照用アンテナにより受信された参照信号を周波数変換する参照用周波数変換手段と、前記参照用周波数変換手段により周波数変換された参照信号をデジタイズして参照用デジタル信号を生成する参照用A/D変換部と、各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の位相と、前記参照用デジタル信号の位相との位相差を算出するとともに、前記測定用デジタル信号の振幅を算出する位相差・振幅算出部と、前記位相差・振幅算出部により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出部と、を有し、前記測定用周波数変換手段は、前記測定用アンテナのコネクタに近接して接続される測定用ダウンコンバータを含む構成である。

30

40

【0019】

この構成により、測定用アンテナで受信された無線信号の周波数を早い段階で低下させることにより、測定系での位相の変化を抑制して、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

【0020】

また、本発明の請求項10の電界強度分布測定装置においては、前記参照用周波数変換手段は、前記参照用アンテナのコネクタに近接して接続される参照用ダウンコンバータを含む構成であってもよい。

【0021】

50

この構成により、参照用アンテナで受信された無線信号の周波数を早い段階で低下させることにより、測定系での位相の変化を抑制して、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

【0022】

また、本発明の請求項11の電界強度分布測定装置は、前記測定用周波数変換手段と前記参照用周波数変換手段との間で周波数同期を取る周波数同期手段と、前記測定用デジタル信号と前記参照用デジタル信号の前記位相差・振幅算出部へのデータ取り込みの開始のタイミングを同期する位相差・振幅算出処理タイミング同期手段と、前記測定用A/D変換部及び前記参照用A/D変換部のサンプリングクロックを同期するA/D変換クロック同期手段と、を更に有する構成であってもよい。

10

【0023】

また、本発明の請求項12の電界強度分布測定装置は、前記測定用アンテナにより受信された測定信号のスペクトラムを解析するスペクトラム解析部を更に備える構成であってもよい。

【0024】

この構成により、1台の送信装置に対して、電界強度分布の測定と、無線信号の品質を評価するための測定とを行いたい場合に、測定のたびに被測定アンテナと測定システムのつなぎ替えを行う必要を無くすることができる。よって、電界強度分布の測定と、周波数、占有帯域幅、隣接チャネル漏洩電力、スプリアス放射等の無線信号の品質を評価するための測定とを、1台の送信装置に対して順次実行することができる。

20

【0025】

また、本発明の請求項13の電界強度分布測定方法は、上記のいずれかの電界強度分布測定装置を用いる電界強度分布測定方法であって、前記被測定アンテナに無変調波の参照信号を出力する参照信号出力ステップと、前記被測定アンテナから前記参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を送信する無線信号送信ステップと、前記測定用ダウンコンバータと一体化した測定用アンテナを測定位置に移動させる移動ステップと、所定の走査範囲に含まれる複数の測定位置において、前記無線信号を測定信号として前記測定用アンテナにより受信する信号受信ステップと、前記信号受信ステップで受信された測定信号を前記測定用周波数変換手段により周波数変換するとともに、前記参照信号発生部で発生された参照信号を前記参照用周波数変換手段により周波数変換する周波数変換ステップと、前記周波数変換ステップで周波数変換された測定信号及び参照信号を、前記測定用A/D変換部及び前記参照用A/D変換部によりデジタイズして測定用デジタル信号及び参照用デジタル信号を生成するA/D変換ステップと、各前記測定位置について、前記測定用デジタル信号の位相と、前記参照用デジタル信号の位相との位相差を算出するとともに、前記測定用デジタル信号の振幅を算出する位相差・振幅算出ステップと、前記位相差・振幅算出ステップで算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出する遠方界電界強度分布算出ステップと、を含む構成である。

30

【0026】

この構成により、ダウンコンバータを測定用アンテナと一体化することで、測定用アンテナと一体化したダウンコンバータから受信部までの間を接続する配線を伝播する無線信号の周波数を低くして、この配線のねじれや撓み等の影響を低減することができる。これにより、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

40

【発明の効果】

【0027】

本発明は、測定用アンテナから受信部までの間を接続する配線のねじれや撓み等の影響を低減して、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1の実施形態に係る電界強度分布測定装置の構成を示すブロック図である。

50

【図 2】第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の測定用アンテナと被測定アンテナとの位置関係を示す斜視図である。

【図 3】第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の測定用ダウンコンバータの構成を示すブロック図である。

【図 4】第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の他の構成を示すブロック図である。

【図 5】第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の更に他の構成を示すブロック図である。

【図 6】第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置による電界強度分布測定方法の処理を示すフローチャートである。

【図 7】第 2 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】第 2 の実施形態に係る電界強度分布測定装置による位相差・振幅算出処理を説明するためのグラフである。

【図 9】第 3 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 10】第 3 の実施形態に係る電界強度分布測定装置の他の構成を示すブロック図である。

【図 11】従来の電界強度分布測定装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明に係る電界強度分布測定装置及び電界強度分布測定方法の実施形態について、図面を用いて説明する。

【0030】

(第 1 の実施形態)

図 1 に示すように、本発明の第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置 1 は、送信装置 100 が備える複数のアンテナ素子 T1 ~ TN を含む被測定アンテナ 110 から送信される無線信号を近傍界で測定し、遠方界での電界強度分布を算出するものである。被測定アンテナ 110 は、例えば Massive-MIMO アンテナを含むアレーアンテナなどである。被測定アンテナ 110 は、送信装置 100 と一体化したものであっても、送信装置 100 から取り外し可能なものであってもよい。

【0031】

電界強度分布測定装置 1 は、測定用アンテナ 11、移動装置 12、測定用受信機としての測定信号受信部 13、発振器 14、ローカル信号発生器 15、参照信号発生部 16、測定用ダウンコンバータ 17、参照用ダウンコンバータ 18、A/D 変換部 19、位相差・振幅算出部 20、遠方界電界強度分布算出部 21、同期部 22、表示部 23、操作部 24、及び制御部 25、26 を主に備える。

【0032】

これらのうち、測定信号受信部 13、発振器 14、ローカル信号発生器 15、参照信号発生部 16、参照用ダウンコンバータ 18、A/D 変換部 19、位相差・振幅算出部 20、及び同期部 22 は、いずれも VNA 10 で構成することが可能である。

【0033】

測定用アンテナ 11 は、送信装置 100 の複数のアンテナ素子 T1 ~ TN を含む被測定アンテナ 110 から放射された電波を近傍界において受信するアンテナであり、例えば、所定周波数範囲の電磁波を伝播させる導波路を有し、先端が開放された導波管で構成される。測定用アンテナ 11 は、近傍界領域の所定の走査範囲に含まれる複数の走査点（以下、「測定位置」ともいう）において、送信装置 100 の被測定アンテナ 110 から送信される無線信号を測定信号として受信するようになっている。これらの測定位置は、例えば平面上に設定される。

【0034】

図 2 に示すように、移動装置 12 は、所定の走査範囲 P に含まれる複数の測定位置に、測定用ダウンコンバータ 17 と一体化した測定用アンテナ 11 を移動させるものである。

10

20

30

40

50

移動装置 12 は、測定用アンテナ 11 と測定用ダウンコンバータ 17 とを被測定アンテナ 110 の電磁波放射面 110a に対向する近傍の走査範囲 P 内で X, Y 方向に移動させる。

【0035】

図 1 に示すように、測定信号受信部 13 は、測定用 A/D 変換部としての A/D 変換部 27 を含む。A/D 変換部 27 は、測定用ダウンコンバータ 17 により周波数変換された測定信号をデジタイズするようになっている。具体的には、A/D 変換部 27 は、周波数変換後の測定信号を所定のサンプリングクロックでサンプリングして、時系列のデジタルデータとしての測定用デジタル信号を生成する。

【0036】

発振器 14 はローカル信号、後述する参照信号及び参照用デジタル信号の基準信号源としての機能を有する。発振器 14 は、例えば基準信号として 10 MHz の無変調波の信号もしくはクロック信号を発生させ、発生させた基準信号をローカル信号発生器 15 と参照信号発生部 16 に出力するようになっている。

【0037】

ローカル信号発生器 15 は、例えば PLL 回路を含み、発振器 14 から入力される基準信号の位相に同期したローカル信号を、例えば 5 GHz ~ 10 GHz の範囲で周波数可変に発生させるようになっている。

【0038】

参照信号発生部 16 は、例えば PLL 回路を含み、発振器 14 から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させ、発生させた参照信号を送信装置 100 の被測定アンテナ 110 と、VNA 10 の参照用ダウンコンバータ 18 に出力するようになっている。参照信号の周波数は例えば 2.5 GHz ~ 14.5 GHz である。参照信号発生部 16 は、参照信号を被測定アンテナ 110 に出力することにより、参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を被測定アンテナ 110 から送信させる。

【0039】

本実施形態では、測定用アンテナ 11 を測定用ダウンコンバータ 17 に直結させ、測定信号がケーブルを伝送される前に測定信号の周波数を低下させる構成としている。つまり、図 1 に示すように、測定用アンテナ 11 のコネクタ 11a には、同軸ケーブルなどの配線を介さずに、測定用周波数変換手段としての測定用ダウンコンバータ 17 が近接して接続される。

【0040】

測定用ダウンコンバータ 17 は、ケーブル 28a によって後段の測定信号受信部 13 に接続されるとともに、ケーブル 28b によってローカル信号発生器 15 に接続される。ケーブル 28a, 28b は、例えば同軸ケーブルからなる。測定用ダウンコンバータ 17 は、測定用アンテナ 11 により受信された測定信号をローカル信号と混合することにより中間周波数信号に周波数変換（ダウンコンバート）して、測定信号受信部 13 に出力するようになっている。

【0041】

測定用アンテナ 11 の走査時には、ケーブル 28a, 28b が撓んだり向きが変わったりするため、ミリ波帯などの高周波信号がケーブル 28a, 28b を伝送される場合には、その位相が変化してしまう場合がある。そこで、本実施形態では、ケーブル 28a, 28b にミリ波帯の高周波信号を伝送させないように、測定用ダウンコンバータ 17 の構成を図 3(a) に示すようなものとした。

【0042】

すなわち、測定用ダウンコンバータ 17 は、ローカル信号発生器 15 により発生されたローカル信号を周波数通倍する通倍器 17a と、測定用アンテナ 11 により受信された測定信号を、通倍器 17a により周波数通倍されたローカル信号と混合するミキサ 17b と、ミキサ 17b の後段に設けられたフィルタ 17c と、を有する。フィルタ 17c は、ミキサ 17b の出力信号から不要な周波数成分を除去するために設けられており、バンドパ

10

20

30

40

50

スフィルタでもローパスフィルタでもよい。

【0043】

つまり、測定用ダウンコンバータ17は、ローカル信号を通倍器17aにより高周波信号に変換して、測定用アンテナ11により受信された測定信号と混合する。これにより、例えば25GHz~145GHzの測定信号に対して、ケーブル28bを伝播するローカル信号の周波数を5GHz~10GHzに抑えつつ、ケーブル28aを伝播する中間周波数信号の周波数を10GHz程度にすることができる。

【0044】

なお、図3(b)のように、測定用ダウンコンバータ17は、ハーモニックミキサ17dと、ハーモニックミキサ17dの後段に設けられたフィルタ17cと、を有する構成でもよい。ハーモニックミキサ17dは、ローカル信号発生器15により発生されたローカル信号の通倍の周波数成分により、測定用アンテナ11により受信された測定信号を周波数変換することができる。ここでは、フィルタ17cは、ハーモニックミキサ17dの出力信号から不要な周波数成分を除去するために設けられており、バンドパスフィルタでもローパスフィルタでもよい。

【0045】

制御部25は、中間周波数信号の周波数が一定になるようにローカル信号の周波数や通倍器17aにおける通倍率を変化させる制御を、参照信号の周波数に応じてローカル信号発生器15と測定用ダウンコンバータ17に対して行う。

【0046】

参照用周波数変換手段としての参照用ダウンコンバータ18は、参照信号発生部16により発生された参照信号を周波数変換するようになっている。

【0047】

参照用A/D変換部としてのA/D変換部19は、参照用ダウンコンバータ18により周波数変換された参照信号をデジタイズするようになっている。具体的には、A/D変換部19は、周波数変換後の参照信号を所定のサンプリングクロックでサンプリングして、時系列のデジタルデータとしての参照用デジタル信号を生成する。

【0048】

位相差・振幅算出部20は、測定用アンテナ11の走査範囲内の各測定位置について、測定用デジタル信号の位相と参照用デジタル信号の位相を高速フーリエ変換(FFT)等の手法を用いて算出する処理を行うようになっている。さらに、位相差・振幅算出部20は、測定用デジタル信号の位相と、参照用デジタル信号の位相との位相差を算出するとともに、測定用デジタル信号の振幅を算出する処理を行うようになっている。

【0049】

送信装置100の被測定アンテナ110から送信される無線信号は無変調波であるため、例えば位相差・振幅算出部20において相互相関関数を利用するなど処理量を抑えた位相差の検出も可能である。

【0050】

さらに、位相差・振幅算出部20は、算出した位相差、振幅の情報(以下、「位相差情報」、「振幅情報」ともいう)を遠方界電界強度分布算出部21に出力するようになっている。なお、各測定位置における位相差情報は、走査範囲内の特定の測定位置での位相差を基準(位相ゼロ)とした値に変換されたものであってもよい。

【0051】

遠方界電界強度分布算出部21は、後述する走査制御部30から出力された測定用アンテナ11の位置情報と、位相差・振幅算出部20により算出された位相差及び振幅の情報をを用いて、遠方界の電界強度分布を算出するようになっている。ここでは、公知の近傍界/遠方界変換法の数値計算を行うことにより遠方界の電界強度分布を推定して、送信装置100の被測定アンテナ110の指向性を求めることができる。

【0052】

同期部22は、測定用ダウンコンバータ17と参照用ダウンコンバータ18との間で周

10

20

30

40

50

波数同期を取り、これらのダウンコンバータによる周波数変換量を同一とする。また、同期部 22 は、A/D 変換部 27 及び A/D 変換部 19 のサンプリングクロックを同期する。さらに、同期部 22 は、位相差・振幅算出部 20 による位相差及び振幅の算出処理の開始及び終了のタイミングを同期する。

【0053】

このようにして、測定用デジタル信号と参照用デジタル信号が A/D 変換部 27, 19 によるサンプリングクロックの同期が取れたものとなり、かつ位相差・振幅算出部 20 の演算開始と終了のタイミング同期が取れる。このようにして、測定用プローブとしての測定用アンテナ 11 が存在する測定位置における位相差（又は位相差の相対値）を高精度に算出することができ、この位相差及び振幅を用いて遠方界での電界強度分布を得ることができる。

10

【0054】

表示部 23 は、例えば LCD や CRT などの表示機器で構成され、制御部 26 からの制御信号に応じて各種表示内容を表示するようになっている。この表示内容には、被測定アンテナ 110 の近傍界における電界強度分布の測定結果や、遠方界における電界強度分布の算出結果などが含まれる。さらに、表示部 23 は、測定条件などを設定するためのソフトキー、プルダウンメニュー、テキストボックスなどの操作対象を表示するものであってもよい。

【0055】

操作部 24 は、ユーザによる操作入力を行うためのものであり、キーボード、タッチパネル、又はマウスのような入力デバイスを含んで構成される。あるいは前述のように、操作部 24 は、ボタン、ソフトキー、プルダウンメニュー、テキストボックスなどの操作対象が表示部 23 に表示される構成であってもよい。

20

【0056】

制御部 25 は、例えば CPU、ROM、RAM などを含むマイクロコンピュータ等で構成され、VNA 10 を構成する上記各部の動作を制御する。さらに、制御部 25 は、所定のプログラムを実行することにより、位相差・振幅算出部 20 をソフトウェア的に構成するようになっている。

【0057】

制御部 26 は、例えば CPU、ROM、RAM などを含むマイクロコンピュータ又はパーソナルコンピュータ等で構成され、電界強度分布測定装置 1 を構成する上記各部の動作を制御する。さらに、制御部 26 は、所定のプログラムを実行することにより、遠方界電界強度分布算出部 21 をソフトウェア的に構成するようになっている。

30

【0058】

走査制御部 30 は、移動装置 12 に対して、走査範囲 P 内の全ての測定位置に測定用アンテナ 11 を所定順に移動させる制御を行うようになっている。例えば、これらの測定位置は、走査範囲 P において正方格子の各格子点に対応する位置に配置されている。また、走査制御部 30 は、測定用アンテナ 11 が存在する測定位置の位置情報を遠方界電界強度分布算出部 21 に送出手にするようになっている。

【0059】

図 1 に示すように、電界強度分布測定装置 1 は、測定用アンテナ 11 により受信された測定信号のスペクトラムを解析するスペクトラムアナライザとして機能するスペクトラム解析部 50 を更に備えていてもよい。

40

【0060】

なお、図 4, 5 のように、参照信号発生部は送信装置 100 内に設けられてもよい。送信装置 100 に備えられた参照信号発生部 42, 43 は、参照信号発生部 16 と同様に、参照信号を被測定アンテナ 110 に出力することにより、参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を被測定アンテナ 110 から送信させる。

【0061】

図 4 に示した構成では、発振器 14 から出力された基準信号は、送信装置 100 内の参

50

照信号発生部 4 2 に入力され、送信装置 1 0 0 内にて参照信号を発生させる。ここで、参照信号発生部 4 2 は、参照信号発生部 1 6 と同様に、発振器 1 4 から入力される基準信号の位相に同期した無変調波の参照信号を発生させるようになっている。また、発振器 1 4 から出力された基準信号は位相差・振幅算出部 2 0 に入力され、測定用デジタル信号の位相と発振器 1 4 から出力された基準信号（参照用デジタル信号に相当）の位相との位相差と振幅が算出される。

【 0 0 6 2 】

また、図 5 に示した構成では、参照信号発生部 4 3 は、ローカル信号発生器 1 5 で発生されたローカル信号を、送信装置 1 0 0 内の中間周波数の信号 S_{IF} と周波数変換させ、送信装置 1 0 0 内にて参照信号を発生させるようになっている。図 5 の構成においても、位相差・振幅算出部 2 0 は、測定用デジタル信号の位相と、発振器 1 4 より出力された基準信号の位相との位相差を算出するようになっている。

10

【 0 0 6 3 】

図 4 と図 5 の構成では、発振器 1 4 から出力されたクロック信号を参照用デジタル信号として使用することができるため、参照用ダウンコンバータ 1 8 及び A / D 変換部 1 9 を省略した構成とすることができる。この場合は、参照用デジタル信号と測定用デジタル信号との周波数が異なるため、発振器 1 4 から出力されたクロック信号と測定用デジタル信号との遅延時間を算出することにより、位相差を求めることになる。

【 0 0 6 4 】

以下、本実施形態の電界強度分布測定装置 1 を用いる電界強度分布測定方法について、図 6 のフローチャートを参照しながら説明する。

20

【 0 0 6 5 】

まず、参照信号発生部 1 6 が、送信装置 1 0 0 の被測定アンテナ 1 1 0 と参照用ダウンコンバータ 1 8 に無変調波の参照信号を出力する（参照信号出力ステップ S 1 ）。

【 0 0 6 6 】

次に、送信装置 1 0 0 が、参照信号の周波数と等しい周波数の無線信号を被測定アンテナ 1 1 0 から送信する（無線信号送信ステップ S 2 ）。次に、走査制御部 3 0 は、移動装置 1 2 によって、測定用ダウンコンバータ 1 7 と一体化した測定用アンテナ 1 1 を走査範囲内の測定位置に移動させる（移動ステップ S 3 ）。

【 0 0 6 7 】

次に、被測定アンテナ 1 1 0 から出力された無変調波の無線信号を、測定用アンテナ 1 1 が測定信号として受信する（信号受信ステップ S 4 ）。

30

【 0 0 6 8 】

次に、測定用ダウンコンバータ 1 7 は、ステップ S 4 で受信された測定信号を周波数変換し、参照用ダウンコンバータ 1 8 は、ステップ S 1 で出力された参照信号を周波数変換する（周波数変換ステップ S 5 ）。

【 0 0 6 9 】

次に、2 つの A / D 変換部 2 7 , 1 9 は、ステップ S 5 で周波数変換された測定信号及び参照信号を同時にデジタイズして測定用デジタル信号及び参照用デジタル信号を生成する（A / D 変換ステップ S 6 ）。

40

【 0 0 7 0 】

次に、位相差・振幅算出部 2 0 は、ステップ S 6 でデジタイズされた測定信号（測定用デジタル信号）の位相と、ステップ S 6 でデジタイズされた参照信号（参照用デジタル信号）の位相との位相差、及び、測定用デジタル信号の振幅の算出を開始する（位相差・振幅算出ステップ S 7 ）。

【 0 0 7 1 】

次に、制御部 2 6 は、走査範囲内の全ての測定位置に対して、位置情報、位相差情報、及び振幅情報が得られたか否かを判断する（ステップ S 8 ）。否定判断の場合にはステップ S 3 に戻る。肯定判断の場合にはステップ S 9 に進む。

【 0 0 7 2 】

50

次に、遠方界電界強度分布算出部 21 は、全ての測定位置に関する、位置情報、位相差情報、及び振幅情報を用いて、遠方界の電界強度分布を算出する（遠方界電界強度分布算出ステップ S9）。

【0073】

以上説明したように、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 1 は、測定用ダウンコンバータ 17 を測定用アンテナ 11 と一体化することで、測定用アンテナ 11 から測定信号受信部 13 までの間を接続するケーブル 28a を伝播する無線信号の周波数を低くして、ケーブル 28a のねじれや撓み等の影響を低減することができる。これにより、遠方界の電界強度分布を精度良く算出することができる。

【0074】

また、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 1 は、ローカル信号発生器 15 により発生されたローカル信号を周波数逓倍する逓倍器 17a により、ローカル信号と、測定用アンテナ 11 により受信された測定信号が、周波数が低い状態でケーブル 28a、28b を伝播するため、測定系での位相の変化を抑制することができる。

【0075】

（第 2 の実施形態）

続いて、本発明の第 2 の実施形態に係る電界強度分布測定装置 2 について図面を参照しながら説明する。第 1 の実施形態に係る電界強度分布測定装置 1 の構成と同一の構成については、同一の符号を付して詳しい説明は省略する。

【0076】

本実施形態においては、電界強度分布測定装置 2 による電界強度分布の測定時に送信装置 100 の被測定アンテナ 110 から送信させる無線信号として、無変調波信号や広帯域信号（例えば OFDM 信号）などを用いることができる。

【0077】

図 7 に示すように、電界強度分布測定装置 2 は、測定用アンテナ 11、移動装置 12、測定用ダウンコンバータ 17、参照用アンテナ 31、参照用ダウンコンバータ 32、測定用受信機としての測定信号受信部 33、リファレンス受信機としての参照信号受信部 34、位相差・振幅算出部 20、遠方界電界強度分布算出部 21、表示部 23、操作部 24、及び制御部 35 を主に備える。測定用ダウンコンバータ 17 は、測定用アンテナ 11 により受信された測定信号を周波数変換するようになっている。

【0078】

参照用アンテナ 31 は、送信装置 100 の複数のアンテナ素子 T1 ~ TN を含む被測定アンテナ 110 から放射された電波を近傍界において受信するアンテナであり、例えば、所定周波数範囲の電磁波を伝播させる導波路を有し、先端が開放された導波管で構成される。また、参照用アンテナ 31 は、送信装置 100 の被測定アンテナ 110 から送信される無線信号を参照信号として受信するようになっている。

【0079】

測定信号受信部 33 は、測定用 A/D 変換部としての A/D 変換部 27、及び位相差・振幅算出処理タイミング同期手段としてのスイッチ 36a を含む。

【0080】

スイッチ 36a は、後述する同期用信号源 38b から出力される同期信号に従って、測定用デジタル信号の位相差・振幅算出部 20 での位相差・振幅算出開始のタイミングを決定する。例えば、同期用信号源 38b からのゲート信号にて位相差・振幅算出部 20 の取り込みが制御される。

【0081】

本実施形態では、参照用アンテナ 31 を参照用ダウンコンバータ 32 に直結させ、参照信号がケーブルを伝送される前に参照信号の周波数を低下させる構成としている。つまり、図 7 に示すように、参照用アンテナ 31 のコネクタ 11b には、同軸ケーブルなどの配線を介さずに、参照用周波数変換手段としての参照用ダウンコンバータ 32 が近接して接続される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

参照用ダウンコンバータ 3 2 は、ケーブル 2 8 c によって後段の参照信号受信部 3 4 に接続されるとともに、ケーブル 2 8 d によって後述するローカル信号源 3 8 a に接続される。ケーブル 2 8 c , 2 8 d は、例えば同軸ケーブルからなる。参照用ダウンコンバータ 3 2 は、参照用アンテナ 3 1 により受信された参照信号を中間周波数信号に周波数変換（ダウンコンバート）して参照信号受信部 3 4 に出力するようになっている。

【 0 0 8 3 】

参照信号受信部 3 4 は、参照用 A / D 変換部としての A / D 変換部 3 7、及び位相差・振幅算出処理タイミング同期手段としてのスイッチ 3 6 b を含む。

【 0 0 8 4 】

A / D 変換部 3 7 は、参照用ダウンコンバータ 3 2 により周波数変換された参照信号をデジタイズするようになっている。具体的には、A / D 変換部 3 7 は、周波数変換後の参照信号を所定のサンプリングクロックでサンプリングして、時系列のデジタルデータとしての参照用デジタル信号を生成する。スイッチ 3 6 b は、後述する同期用信号源 3 8 b から出力される同期信号に従って、参照用デジタル信号の位相差・振幅算出部 2 0 での位相差・振幅算出開始のタイミングを決定する。例えば、同期用信号源 3 8 b からのゲート信号にて位相差・振幅算出部 2 0 の取り込みが制御される。

【 0 0 8 5 】

なお、測定用ダウンコンバータ 1 7 と一体化した測定用アンテナ 1 1 は、移動装置 1 2 によって走査範囲内で移動される。参照用ダウンコンバータ 3 2 と一体化した参照用アンテナ 3 1 は、固定されていてもよく、あるいは、移動装置 1 2 によって走査範囲内で移動されてもよい。

【 0 0 8 6 】

さらに、電界強度分布測定装置 2 は、測定信号受信部 3 3 と参照信号受信部 3 4 との間で同期を取るための構成として、ローカル信号源 3 8 a（第 1 の実施形態のローカル信号発生器 1 5 に相当）と、同期用信号源 3 8 b と、クロック信号源 3 8 c と、リファレンス信号源 3 9 とを備える。

【 0 0 8 7 】

周波数同期手段としてのローカル信号源 3 8 a は、測定用ダウンコンバータ 1 7 と参照用ダウンコンバータ 3 2 間で周波数同期を取るための同期信号を測定用ダウンコンバータ 1 7 及び参照用ダウンコンバータ 3 2 に出力するようになっている。これにより、測定用ダウンコンバータ 1 7 及び参照用ダウンコンバータ 3 2 の周波数変換量が同一となる。

【 0 0 8 8 】

仮に図 8 に示すように、位相差・振幅算出部 2 0 により測定用デジタル信号と参照用デジタル信号が時間差 Δt を持って取り込まれた場合、演算結果に大きな誤差が含まれることになってしまう。このような事態を避けるために、位相差・振幅算出処理タイミング同期手段としての同期用信号源 3 8 b は、位相差・振幅算出部 2 0 による位相差及び振幅の算出処理の開始及び終了のタイミングを同期するための同期信号をスイッチ 3 6 a , 3 6 b に出力するようになっている。具体的には、位相差及び振幅の算出処理の開始時には、同期用信号源 3 8 b は、スイッチ 3 6 a , 3 6 b を同時にオンにする同期の取れたゲート信号を出力する。これにより、測定用デジタル信号と参照用デジタル信号の位相差・振幅算出部 2 0 へのデータ取り込みの開始のタイミングが同期される。

【 0 0 8 9 】

A / D 変換クロック同期手段としてのクロック信号源 3 8 c は、A / D 変換部 2 7 及び A / D 変換部 3 7 のサンプリングクロックを同期するための同期信号を A / D 変換部 2 7 , 3 7 に出力するようになっている。

【 0 0 9 0 】

リファレンス信号源 3 9 は、ローカル信号源 3 8 a と、同期用信号源 3 8 b と、クロック信号源 3 8 c との間で同期を取るためのリファレンス信号をローカル信号源 3 8 a、同期用信号源 3 8 b、及びクロック信号源 3 8 c に出力するようになっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

このようにして、測定用デジタル信号と参照用デジタル信号が A / D 変換部 2 7 , 3 7 によるサンプリングクロックの同期が取れたものとなり、かつ位相差・振幅算出部 2 0 の演算開始と終了のタイミング同期が取れる。このようにして、測定用プローブとしての測定用アンテナ 1 1 が存在する測定位置における位相差（又は位相差の相対値）を高精度に算出することができ、この位相差及び振幅を用いて遠方界での電界強度分布を得ることができる。

【 0 0 9 2 】

制御部 3 5 は、例えば CPU、ROM、RAM などを含むマイクロコンピュータ等で構成され、電界強度分布測定装置 2 を構成する上記各部の動作を制御する。また、制御部 3 5 は同期用信号源 3 8 b を備えている。さらに、制御部 3 5 は、所定のプログラムを実行することにより、位相差・振幅算出部 2 0 及び遠方界電界強度分布算出部 2 1 をソフトウェア的に構成するようになっている。

10

【 0 0 9 3 】

以上説明したように、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 2 は、測定用アンテナ 1 1 を測定用ダウンコンバータ 1 7 に直結させることにより、後段の A / D 変換部 2 7 に無線信号がケーブル 2 8 a で伝送される際の位相の変化を抑制することができる。

【 0 0 9 4 】

また、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 2 は、測定用アンテナ 1 1 を参照用ダウンコンバータ 3 2 に直結させることにより、後段の A / D 変換部 3 7 に無線信号がケーブル 2 8 c で伝送される際の位相の変化を抑制することができる。

20

【 0 0 9 5 】

また、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 2 においては、送信装置 1 0 0 の被測定アンテナ 1 1 0 から送信された無線信号が OFDM 信号である場合には、サブキャリアごとに位相差と振幅が算出されることになる。OFDM 等の広帯域信号を用いることにより、広帯域の電界強度信号を一度に測定することができ、高速化に寄与することができる。

【 0 0 9 6 】

（第 3 の実施形態）

続いて、本発明の第 3 の実施形態に係る電界強度分布測定装置 3 について図面を参照しながら説明する。第 1 又は第 2 の実施形態に係る電界強度分布測定装置 1 , 2 の構成と同一の構成については、同一の符号を付して詳しい説明は省略する。

30

【 0 0 9 7 】

図 9 に示すように、電界強度分布測定装置 3 は、測定用アンテナ 1 1、移動装置 1 2、測定用ダウンコンバータ 1 7、参照用アンテナ 3 1、測定用受信機としての測定信号受信部 3 3、リファレンス受信機としての参照信号受信部 4 0、位相差・振幅算出部 2 0、遠方界電界強度分布算出部 2 1、表示部 2 3、操作部 2 4、制御部 3 5、及びスペクトラム解析部 5 0 を主に備える。

【 0 0 9 8 】

参照信号受信部 4 0 は、参照用周波数変換手段としてのダウンコンバータ 4 1、参照用 A / D 変換部としての A / D 変換部 3 7、及び位相差・振幅算出処理タイミング同期手段としてのスイッチ 3 6 b を含む。ダウンコンバータ 4 1 は、参照用アンテナ 3 1 により受信された参照信号を周波数変換するようになっている。

40

【 0 0 9 9 】

A / D 変換部 3 7 は、ダウンコンバータ 4 1 により周波数変換された参照信号をデジタイズするようになっている。なお、参照用アンテナ 3 1 は、自身のコネクタ 1 1 b に同軸ケーブルなどのケーブル 2 8 e が接続されることによりダウンコンバータ 4 1 に接続される。

【 0 1 0 0 】

スペクトラム解析部 5 0 は、測定用アンテナ 1 1 により受信された測定信号のスペクトラムを解析するスペクトラムアナライザとして機能するものであり、スペクトラム解析部

50

50は、ダウンコンバータ51と、周波数変換部52と、A/D変換部53と、掃引制御部54と、解析処理部55と、を備える。

【0101】

測定用アンテナ11により受信され、測定用ダウンコンバータ17によりダウンコンバートされた測定信号は、測定信号受信部33のA/D変換部27の前で分岐して、A/D変換部27と、スペクトラム解析部50のダウンコンバータ51とに入力されるようになっている。

【0102】

スペクトラム解析部50のダウンコンバータ51は、測定用ダウンコンバータ17で周波数変換された測定信号を更にダウンコンバートして、周波数変換部52に出力する。ダウンコンバータ51は、ローカル信号源38a'と接続されている。

10

【0103】

周波数変換部52は、例えば、局部発振器とミキサとバンドパスフィルタとを含み、掃引制御部54によって局部発振器の発振周波数が周波数掃引される構成となっている。周波数変換部52に入力された測定信号は、中間周波数信号に変換されて周波数変換部52から出力される。これにより、測定信号に対して、任意の測定周波数範囲で掃引測定することが可能となる。

【0104】

A/D変換部53は、周波数変換部52から出力された中間周波数信号を、所定のクロックでサンプリングして時系列のデジタルデータに変換するようになっている。

20

【0105】

解析処理部55は、A/D変換部53から出力された時系列のデジタルデータを測定周波数に対応付けて各種解析を行うようになっている。例えば、解析処理部55は、周波数、占有帯域幅、隣接チャネル漏洩電力、スプリアス放射等の解析処理を行う。

【0106】

図9に示した電界強度分布測定装置3においては、例えば、測定用ダウンコンバータ17に接続されたローカル信号源38aを数10GHzのローカル信号源とし、スペクトラム解析部50のダウンコンバータ51のローカル信号源38a'を数GHzのローカル信号源とすることができる。この構成により、本来スペクトラム解析部に設ける高周波用のダウンコンバータをスペクトラム解析部50内に設置する必要がなくなり、測定用ダウンコンバータ17を高周波用のダウンコンバータとして測定信号受信部33とスペクトラム解析部50とで共用できる。このように構成された図9の電界強度分布測定装置3は、測定用アンテナ11により受信された測定信号の周波数が比較的高い周波数（例えば60GHz程度）である場合に好適である。

30

【0107】

図10は、電界強度分布測定装置3の他の構成例を示している。図10に示すように、測定信号受信部33のA/D変換部37によりデジタイズされた測定信号は、スペクトラム解析部50の解析処理部55に直接入力されるようになっている。

【0108】

図10に示した電界強度分布測定装置3は、送信装置100側で周波数を区切って広帯域信号を発生させている場合に適用可能な構成である。この構成では、スペクトラム解析部50内では解析処理部55による演算処理のみを行えばよく、測定用ダウンコンバータ17及びA/D変換部27を共用できる。

40

【0109】

なお、図9及び図10に示した構成においても、第2の実施形態のように、参照用アンテナ31とダウンコンバータ41とを一体化してもよい。また、測定用ダウンコンバータ17と一体化した測定用アンテナ11は、移動装置12によって走査範囲内で移動される。ダウンコンバータ41と一体化した参照用アンテナ31は、固定されていてもよく、あるいは、移動装置12によって走査範囲内で移動されてもよい。

【0110】

50

以上説明したように、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 3 は、1 台の送信装置 100 に対して、電界強度分布の測定と、無線信号の品質を評価するための測定とを行いたい場合に、測定のたびに被測定アンテナ 110 と測定システムのつなぎ替えを行う必要を無くすることができる。

【0111】

よって、本実施形態に係る電界強度分布測定装置 3 は、別途スペクトラムアナライザを用意することなく、電界強度分布の測定と、周波数、占有帯域幅、帯域内周波数特性、隣接チャネル漏洩電力、スプリアス放射等の無線信号の品質を評価するための測定とを、1 台の送信装置 100 に対して順次実行することができる。

【符号の説明】

10

【0112】

1 ~ 3 電界強度分布測定装置

10 VNA (ベクトルネットワークアナライザ)

11 測定用アンテナ

11a, 11b コネクタ

12 移動装置

13, 33 測定信号受信部

14 発振器

15 ローカル信号発生器

16, 42, 43 参照信号発生部

20

17 測定用ダウンコンバータ (測定用周波数変換手段)

17a 通倍器

17b ミキサ

17c フィルタ

17d ハーモニックミキサ

18 参照用ダウンコンバータ (参照用周波数変換手段)

19 A/D変換部 (参照用 A/D変換部)

20 位相差・振幅算出部

21 遠方界電界強度分布算出部

27 A/D変換部 (測定用 A/D変換部)

30

28a ~ 28e ケーブル

30 走査制御部

31 参照用アンテナ

32 参照用ダウンコンバータ (参照用周波数変換手段)

34, 40 参照信号受信部

36a, 36b スイッチ (位相差・振幅算出処理タイミング同期手段)

37 A/D変換部 (参照用 A/D変換部)

38a ローカル信号源 (周波数同期手段, ローカル信号発生器)

38b 同期用信号源 (位相差・振幅算出処理タイミング同期手段)

38c クロック信号源 (A/D変換クロック同期手段)

40

41 ダウンコンバータ (参照用周波数変換手段)

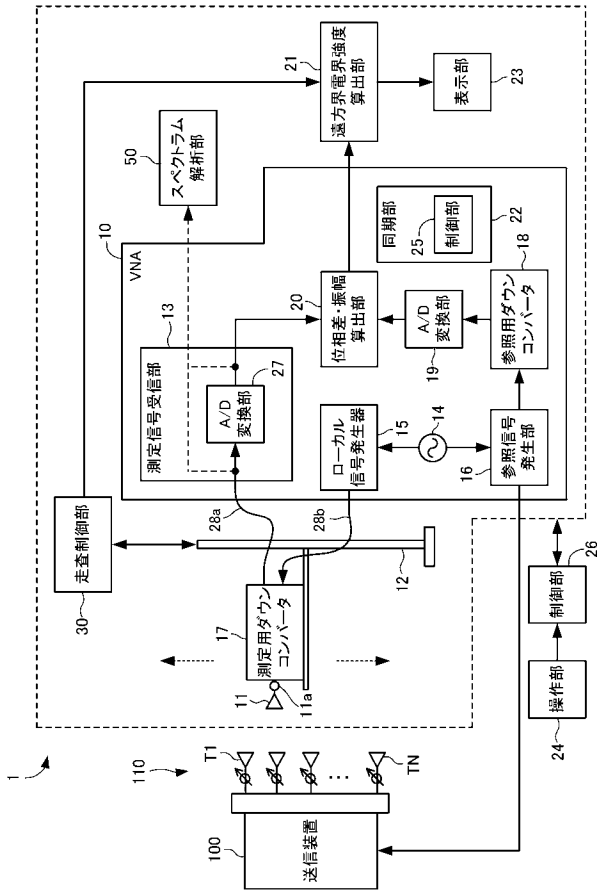
50 スペクトラム解析部

100 送信装置

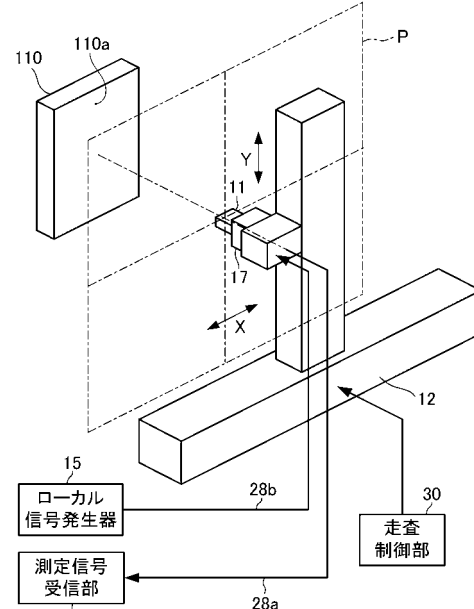
110 被測定アンテナ

T1 ~ TN アンテナ素子

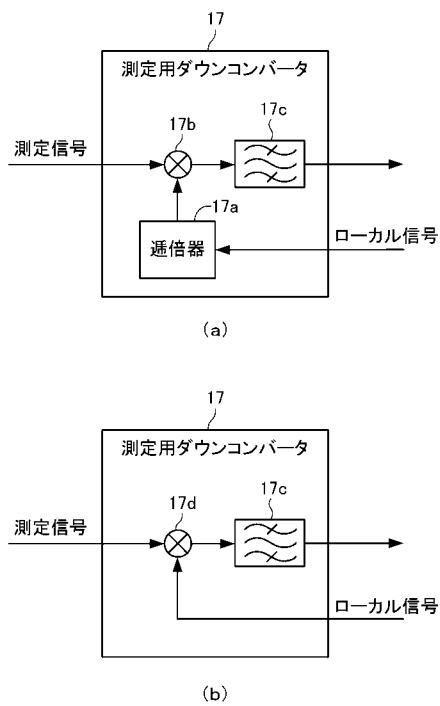
【図 1】



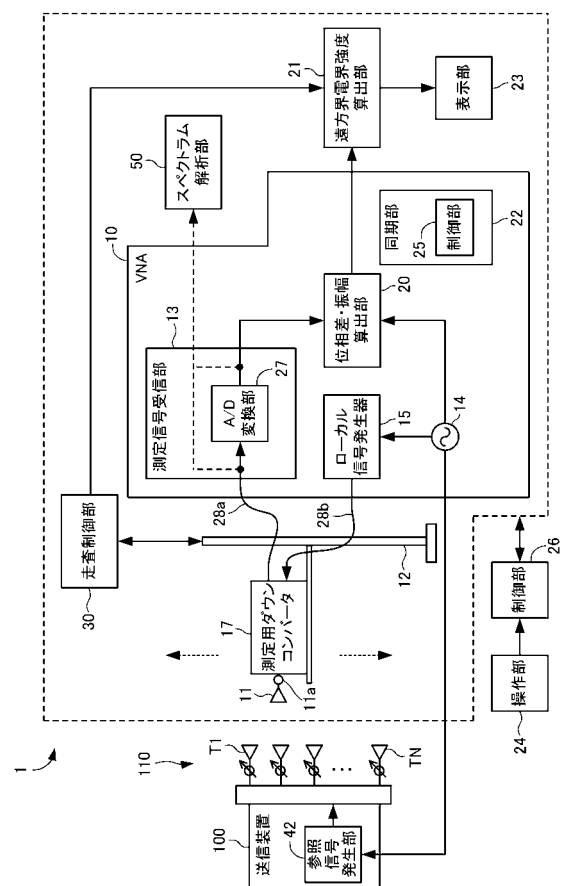
【図 2】



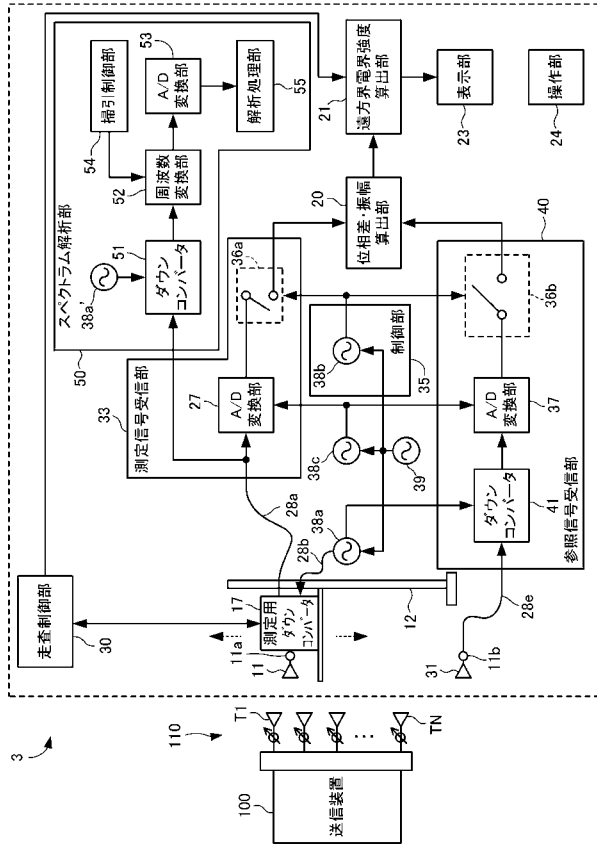
【図 3】



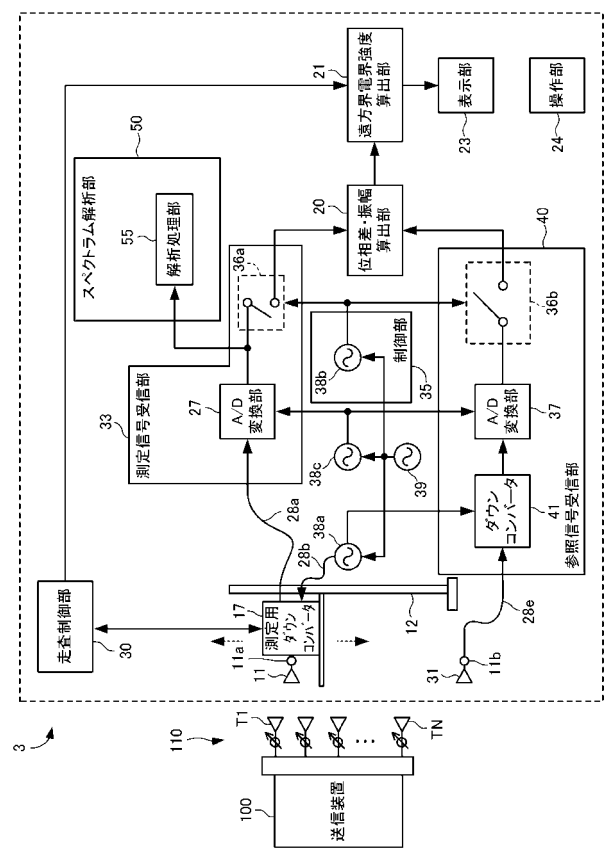
【図 4】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

