

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年8月12日(12.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/090173 A1

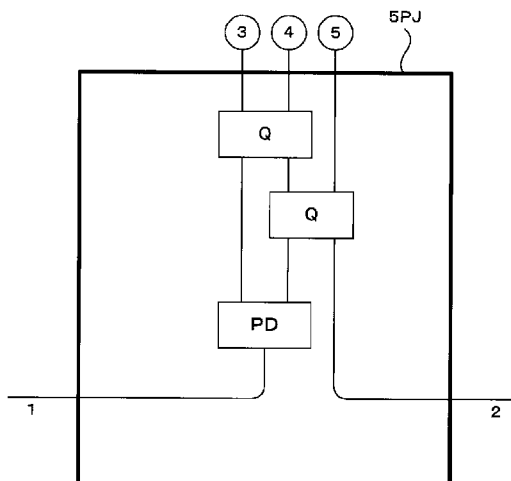
- (51) 国際特許分類:
G01R 27/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/051394
- (22) 国際出願日: 2010年2月2日(02.02.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-023816 2009年2月4日(04.02.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人電気通信大学(THE UNIVERSITY OF ELECTRO-COMMUNICATIONS) [JP/JP]; 〒1828585 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 Tokyo (JP). 株式会社キャンパスクリエイト(CAMPUS CREATE Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1580083 東京都世田谷区奥沢1丁目48番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 近藤 肇(KONDO, Hajime) [JP/JP]; 〒1920046 東京都八王子市元本郷町1丁目9番9号 中央電子株式会社内 Tokyo (JP). 矢加部 利幸(YAKABE, Toshiyu-ki) [JP/JP]; 〒1828585 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 Tokyo (JP). 矢部 初男(YABE, Hatsu) [JP/JP]; 〒1580083 東京都世田谷区奥沢1丁目48番14号 株式会社キャンパスクリエイト内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 成瀬 重雄(NARUSE, Shigeo); 〒1020093 東京都千代田区平河町2丁目3番11号 花菱イマス平河町ビル4階 成瀬・稲葉・井波特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MEASURING SYSTEM PARAMETER OF LINEAR MULTI-PORT AND MEASURING METHOD USING VECTOR NETWORK ANALYZER

(54) 発明の名称: 線形マルチポートのシステムパラメータの測定方法及びベクトルネットワークアナライザを用いた測定方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a novel method for measuring a system parameter of five-port junction used for a VNA (Vector Network Analyzer). The VNA is a device for measuring the incident wave and reflected wave of a DUT (Device Under Test), or the amplitude ratio of the incident wave to the transparent wave and the phase difference (S parameter: scattering matrix element) between the incident wave and the transparent wave thereof. As new findings, it has been found out that the S parameter can be represented by linear coupling using an H and a power difference ratio ($\{P(S)/P(0)\}-1$) in the five-port junction. The parameter (H) can be easily derived by calculation using at least three pieces of known standards, making it possible to reduce the amount of the calculation more than ever before.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/090173 A1



NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、VNA (Vector Network Analyzer : ベクトルネットワークアナライザ) に使用される 5 ポート接合のシステムパラメータの新規な測定方法を提供するものである。VNA は、DUT (Device Under Test : 被測定デバイス) の入射波と反射波、または入射波と透過波の振幅比と位相差 (S パラメータ : 散乱行列要素) を測定するための装置である。新しい知見として、5 ポート接合においては、S パラメータを H と電力差分率 ($\{P(S)/P(O)\} - 1$) とを使った線形結合で表せることを見いだした。既知の標準器最低 3 個を使ってパラメータ H を計算で簡単に導出でき、従来よりも計算量を削減できる。

明 細 書

発明の名称：

線形マルチポートのシステムパラメータの測定方法及びベクトルネットワークアナライザを用いた測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、高周波領域（特に、マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯）や光領域（赤外線、可視光線、紫外線）において、信号の振幅比と位相差を測定する技術に関する。

背景技術

[0002] 高周波領域で動作するデバイス、回路や機器の研究及び開発にとって、当該デバイス、回路や機器の入出力信号間の位相差を測定することは不可欠なことである。従来からVNA（Vector Network Analyzer：ベクトルネットワークアナライザ）がその役割を果たしてきた。VNAは、DUT（Device Under Test：被測定デバイス）の入射波と反射波、または入射波と透過波の振幅比と位相差（Sパラメータ：散乱行列要素）を測定するための装置である。

このようなVNAとしては、従来から、ヘテロダイン方式が用いられている。ヘテロダイン方式では、局部発信器及びミキサを用いて、入力信号の周波数を中間周波数に落とすことによって、信号の測定を行っている。

しかしながら、ヘテロダイン方式では、高い部品精度が要求され、装置が高価になりがちである。また、入力信号の周波数が高くなると、中間周波数の生成が難しくなるという問題もある。

このような問題を解決できる手段として、ホモダイン方式が提案されている（下記特許文献1参照）。この文献には、6ポート型リフレクトメータ（Six-Port Reflectometer）が開示されている。これは、校正により得られるシステム固有のハードウェア情報（校正パラメータ）と、複数の電力測定値（スカラー量）から、2つの波の振幅比と位相差（ベクトル量）を導出するも

のである。この装置及びこれを用いた測定方法によれば、従来方式では周波数が高くなるに従って高精度な測定が困難となる位相差を、電磁波計測において基本測定量であり、かつ、計測精度が周波数に殆ど依存しない、電力値というスカラー量の計測を基に求めることができる。この技術によれば、従来の高精度なハードウェアの要請から開放され、4つの電力測定と、ハードウェアの不完全さを校正と呼ばれるソフトウェア（システムパラメータ）で補正することができる。なお、リフレクトメータとは、ひとつの波（信号）に関して、その入射波と出射波を比較するための装置である。

さらに、本願発明者は、この文献の技術を発展させて、コリレータを構成する技術を提案している（下記特許文献2～7）。コリレータ（Wave-Correlator）とは、独立した2つの波（周波数は同じ）についてこれらを比較すること、すなわち複素振幅比を計測する装置である。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：米国特許第4104583号公報
- 特許文献2：特開2003-215183号公報
- 特許文献3：特開2005-221375号公報
- 特許文献4：特開2005-326308号公報
- 特許文献5：特開2006-112893号公報
- 特許文献6：特開2008-164418号公報
- 特許文献7：特開2009-68932号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0004] ところで、前記したホモダイン方式のVNAにおいては、パラメータTと呼ばれるシステムパラメータを事前に取得し、このシステムパラメータを用いて、DUTのSパラメータを求めている。なお、従来から慣用的に、リフレクトメータのシステムパラメータをパラメータK、コリレータのシステム

パラメータをパラメータTと名付けているが、この明細書では、ホモダイナミック方式のVNAのシステムパラメータを、統合的に、パラメータTと呼ぶことがある。このパラメータTを求めるためには、各ポートでの出力を用いて、複素平面上における三つの円の交点を演算する必要がある（例えば前記特許文献7の図21参照）。このため、この方式では、計算量が多くなる傾向がある。また、必ずしも三つの円の交点が求まらない場合があるという問題もあった。

本発明は、DUTのSパラメータを、システムパラメータHと電力差分率を使った線形結合で表わせるという新規な知見に基づいてなされたものである。ここで、システムパラメータHとは、本発明者らが設定した新たなパラメータである。

すなわち、本発明は、前記した問題を解決するために、上記先行技術文献記載の方法とは異なる方法により、ベクトルネットワークアナライザを用いて高周波領域の信号の振幅比と位相差を測定する技術を提供することを目的とする。さらに、本発明は、新規なシステムパラメータの測定方法及びこれを使用したベクトルネットワークアナライザを用いた測定方法並びにプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] この発明は、第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含む線形マルチポートについて、その固有の値であるシステムパラメータ H_{3_11} , H_{4_11} , H_{5_11} を測定する方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波（具体例を挙げれば、図4、図9などにおける電力分配器PDの出力端の一方（符号R）から出る波）を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$, $P_4(0)$, $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第 2 入力ポートの前記整合終端を外し、前記第 2 入力ポートにショート
の標準器（標準器はその通過特性及び反射特性が既知であるとする。以下
同じ）を接続し、前記ショート標準器に他の所定の波（具体例を挙げれば
、図 4、図 9 などにおける電力分配器 PD の出力端の他方（符号 M）から出
る波）を入れ、その反射波を前記第 2 入力ポートに入れた状態で、前記第 3
出力ポート、前記第 4 出力ポート及び前記第 5 出力ポートの電力を測定し、
それらを P3(S11_s[1]), P4(S11_s[1]), P5(S11_s[1]) とする電力測定ステップ
と、

前記第 2 入力ポートの前記ショート標準器の前にライン 1 の標準器を挿
入し、前記ライン 1 の標準器と前記ショート標準器に前記他の所定の波を
入れ、その反射波を前記第 2 入力ポートに入れた状態で、前記第 3 出力ポ
ート、前記第 4 出力ポート及び前記第 5 出力ポートの電力を測定し、それら
を P3(S11_s[2]), P4(S11_s[2]), P5(S11_s[2]) とする電力測定ステップと、

前記第 2 入力ポートの前記ライン 1 の標準器に代えてライン 2 の標準器を
挿入し、前記ライン 2 の標準器と前記ショート標準器に前記他の所定の波
を入れ、その反射波を前記第 2 入力ポートに入れた状態で、前記第 3 出力
ポート、前記第 4 出力ポート及び前記第 5 出力ポートの電力を測定し、それ
らを P3(S11_s[3]), P4(S11_s[3]), P5(S11_s[3]) とする電力測定ステップと、

下記式によりシステムパラメータ H3_11, H4_11, H5_11 を計算するものである

。

[数 1]

$$\begin{bmatrix} H_{3,11} \\ H_{4,11} \\ H_{5,11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,s}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) s_{11,s}[l] \\ \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,s}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) s_{11,s}[l] \\ \sum_{l=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11,s}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) s_{11,s}[l] \end{bmatrix}$$

[0006] この発明は、第 1 入力ポート及び第 2 入力ポートと、前記第 1 入力ポート
からの入力波と第 2 入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ

表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含む線形マルチポートについて、その固有の値であるシステムパラメータH3_12, H4_12, H5_12を測定する方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(0), P4(0), P5(0)とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記整合終端を外し、前記第2入力ポートに他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[1]), P4(S12_s[1]), P5(S12_s[1])とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートにライン1の標準器を接続し、前記ライン1の標準器を介して前記他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[2]), P4(S12_s[2]), P5(S12_s[2])とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記ライン1の標準器に代えてライン2の標準器を接続し、前記ライン2の標準器を介して前記他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[3]), P4(S12_s[3]), P5(S12_s[3])とする電力測定ステップと、

下記式によりシステムパラメータH3_12, H4_12, H5_12を計算するものである。

[数2]

$$\begin{bmatrix} H_{3,12} \\ H_{4,12} \\ H_{5,12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \end{bmatrix}$$

[0007] この発明は、マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯や赤外線、可視光線、紫外線などの高周波信号を発生する電源からの波を2つに分け、一方を、2つの入力ポートと3つ以上の出力ポートを備える線形マルチポートの第1入力ポートに、他方を被測定デバイスに入力するとともに、前記被測定デバイスを通じた波又は前記被測定デバイスで反射された波を前記線形マルチポートの第2入力ポートに入れ、この状態で前記線形マルチポートの3つ以上の電力計測用の出力ポートそれぞれの検波出力を測定し、その結果に基づき前記被測定デバイスに関するベクトル量を測定するベクトルネットワークアナライザであって、前記線形マルチポートは、第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含むものを用いた測定方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートに前記被測定デバイスで反射された波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{11})$ 、 $P_4(S_{11})$ 、 $P_5(S_{11})$ とする電力測定ステップと、

前記 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ 、前記 $P_3(S_{11})$ 、 $P_4(S_{11})$ 、 $P_5(S_{11})$ 、予め求められたシステムパラメータ H_{3_11} 、 H_{4_11} 、 H_{5_11} 及び下記式に基づき、前記被測定デバイスの反射特性 S_{11} を計算するものである。

[数3]

$$S_{11} = H_{3_11} \left(\frac{P_3(S_{11})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_11} \left(\frac{P_4(S_{11})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_11} \left(\frac{P_5(S_{11})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

[0008] この発明は、マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯や赤外線、可視光線、紫外線などの高周波信号を発生する電源からの波を2つに分け、一方を、2つの入力ポートと3つ以上の出力ポートを備える線形マルチポートの第1

入力ポートに、他方を被測定デバイスに入力するとともに、前記被測定デバイスを通じた波又は前記被測定デバイスで反射された波を前記線形マルチポートの第2入力ポートに入れ、この状態で前記線形マルチポートの3つ以上の電力計測用の出力ポートそれぞれの検波出力を測定し、その結果に基づき前記被測定デバイスに関するベクトル量を測定するベクトルネットワークアナライザであって、前記線形マルチポートは、第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含むものを用いた測定方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートに前記被測定デバイスを通じた波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{12})$ 、 $P_4(S_{12})$ 、 $P_5(S_{12})$ とする電力測定ステップと、

前記 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ 、前記 $P_3(S_{12})$ 、 $P_4(S_{12})$ 、 $P_5(S_{12})$ 、予め求められたシステムパラメータ H_{3_12} 、 H_{4_12} 、 H_{5_12} 及び下記式に基づき、前記被測定デバイスの通過特性 S_{12} を計算するものである。

[数4]

$$S_{12} = H_{3_12} \left(\frac{P_3(S_{12})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_12} \left(\frac{P_4(S_{12})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_12} \left(\frac{P_5(S_{12})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

[0009] この発明に適用されるベクトルネットワークアナライザは、例えば、マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯や赤外線、可視光線、紫外線などの高周波信号を発生する電源と、前記電源の出力を少なくとも2つに分配する電力分配器と、前記電力分配器で分配された波をそれぞれ受ける2つの入力ポートP1とP2及び3個の電力計測用の出力ポートP3乃至P5を含む5ポ

ト接合と、前記5ポート接合の前記出力ポートP3乃至P5から出る波をそれぞれ検波する検波器と、前記電力分配器と前記5ポート接合の前記入力ポートP2の間に設けられた切換機構とを備え、

前記切換機構は、被測定デバイスの一方のポートに前記電力分配器で分配された波を入れるとともに当該ポートから出る波を前記入力ポートP2へ入れる第1接続、前記被測定デバイスの他方のポートに前記電力分配器で分配された波を入れるとともに前記一方のポートから出る波を前記入力ポートP2へ入れる第2接続、前記被測定デバイスの前記一方のポートに前記電力分配器で分配された波を入れるとともに前記他方のポートから出る波を前記入力ポートP2へ入れる第3接続、及び、前記被測定デバイスの前記他方のポートに前記電力分配器で分配された波を入れるとともに当該ポートから出る波を前記入力ポートP2へ入れる第4接続、のいずれかを選択するものである。

[0010] 例えば、図4のSW1、SW2は切換機構を構成する。

[0011] 請求項1及び請求項3は、例えば、前記第1接続又は前記第4接続で適用され、請求項2及び請求項4は、例えば、前記第2接続又は前記第3接続で適用されうる。

[0012] SパラメータのS22は、本発明のS11の手順を同様に適用することができる。つまり、ポート番号をどのように割り振るかは任意であるから、ポート番号を適宜に割り振ることにより、S11用の手順をS22用の手順として利用できる。同様に、SパラメータのS21については、本発明のS12の手順を同様に適用することができる。以上から理解できるように、システムパラメータH3_22、H4_22、H5_22及びH3_21、H4_21、H5_21についても同様である。

さらに、本発明は、前記した測定方法を実現するためのシステム又はコンピュータプログラムに関するものである。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] 5ポート接合の内部ブロック図である。

[図2] 5ポート接合の説明図である。

[図3] 5ポート接合の説明図（ポート2を整合終端）である。

[図4] DUT用の測定回路（VNA）のブロック図である。

[図5] H3_11, H4_11, H5_11の測定手順を示すフローチャートである。

[図6] H3_12, H4_12, H5_12の測定手順を示すフローチャートである。

[図7] H3_21, H4_21, H5_21の測定手順を示すフローチャートである。

[図8] H3_22, H4_22, H5_22の測定手順を示すフローチャートである。

[図9] H3_11, H4_11, H5_11測定の回路接続を示す図である（「ロード」接続）

。

[図10] H3_11, H4_11, H5_11測定の回路接続を示す図である（「ライン1/2」+「ロード」接続）。

[図11] H3_12, H4_12, H5_12測定の回路接続を示す図である（「ライン1/2」接続）。

[図12] H3_12, H4_12, H5_12測定の回路接続を示す図である（直結）。

[図13] DUTのS11, S12, S21, S22の測定手順を示すフローチャートである。

[図14] 5. 1ポート接合の内部ブロック図である。

[図15] パラメータH3_21, H4_21, H5_21の計算式を示す図である。

[図16] パラメータH3_21, H4_21, H5_21の計算式を示す図である。

[図17] 本実施形態における測定手順を実行するためのシステムの一例を示すブロック図である

発明を実施するための形態

[0014] 発明の実施の形態 1.

5ポート接合の一例を、図1に示す。図中、5PJは5ポート接合を示す。Qは公知の90°ハイブリッド、PDは公知の電力分配器である。ポート1及びポート2は入力ポートである。3～5は電力計測用のポートである。90°ハイブリッドとは、一方の側のひとつのポートに高周波信号を入力すると、その高周波信号の半分の振幅の高周波信号が反対側の対向するポートに出力され、残りの半分の振幅の高周波信号が反対側の他方のポートに出力され、前記対向するポートと前記他方のポートとの高周波信号の位相差が90°となるというも

のである。

[0015] 5ポート接合5PJの動作は次のようなものである。

5ポートコリレータ (Five-port correlator)は、2つのポートに入る正弦波の大きさと位相の相互関係を、残りの3つのポートから出る電力値から測定する線形回路システムである。

図2の線形5ポート接合において、入力ポート1、2から入る波の複素振幅を a_1 、 a_2 とすると、サイドアームポート3、4、5から出てくる波の電力は次のように書ける。

[0016] [数5]

$$P_h = \alpha_h |A_h a_2 + B_h a_1|^2 \quad (h=3,4,5) \quad (1)$$

[0017] ここで、 A_h 、 B_h は5ポート接合固有の複素定数、 α_h は変換係数である。

コリレータでは、ポート1から入る波 a_1 を基準波 (Reference wave)、ポート2から入る波 a_2 を測定波 (Measurement wave)とし、基準波に対する測定波の複素振幅比 W を測定する。

そこで、図3のように、ポート2を整合終端して $a_2=0$ とし、基準波入力のみサイドアームポート電力を、基準ポート電力 P_{hr} と定義し、式(1)を次のように書き換えることができる。

[0018] [数6]

$$\overline{P}_h \equiv \frac{P_h}{P_{hr}} = |1 + k_h W|^2 \quad : \text{正規化ポート電力} \quad (2)$$

(Normalized port power)

$$W = \frac{a_2}{a_1} \quad : \text{入力複素振幅比} \quad (3)$$

(Input complex amplitude ratio)

$$k_h \equiv \frac{A_h}{B_h} \quad : \text{システムパラメータ (System parameter)} \quad (4)$$

$$P_{hr} \equiv P_h|_{a_2=0} = \alpha_h |B_h a_1|^2 \quad : \text{基準ポート電力} \quad (5)$$

(Reference output port power)

[0019] 前記した式(4)の k_h は、従来、リフレクトメータにおいてはパラメータ K 、コリレータにおいてはパラメータ T と呼ばれていたシステムパラメータ

タである。5ポート接合5PJを備えるコリレータを用いて計測を行うには、各出力ポートの波の電力値を計測するとともに、電力値とシステムパラメータを所定の数式に代入し計算する。システムパラメータとは、5ポート接合5PJに固有の値である。この実施形態では、システムパラメータとして、パラメータHを新たに導入した。システムパラメータ（本実施形態ではパラメータH）は、以下に説明する手順に従い、測定に先立ち予め求めておく必要がある。この点については、後にさらに詳しく説明する。

[0020] 図4に、DUT用の測定回路の例を示す。DUTの測定においては、まず、この回路におけるシステムパラメータを求め、その後、そのシステムパラメータを用いてDUTのSパラメータを求める。

図4において、VSは、所定の周波数の信号を供給する電源（信号源）である。PDは、電源VSからの波を2つに分配する電力分配器である。図4における電力分配器PDは、図1における電力分配器PDとは別のものである。なお、図示しないが、図4の装置は、出力ポートの電力を測定するための検波器、検波器の出力を増幅する増幅器、増幅器の出力を受け、その出力（すなわち5ポート接合5PJの3個の出力ポートP3～P5の検波出力）に基づきシステムパラメータを計算するパソコン（コンピュータ）を備えていてもよい。

[0021] DC1及びDC2は方向性結合器である。方向性結合器DC1の一方の側の2つの端は第1スイッチSW1及び第2スイッチSW2に接続され、他方の側の1つの端は2ポートの供試デバイス（Device Under Test：以下「DUT」と記す）の一方の端に接続され、残りの一端は終端されている。方向性結合器DC2も同様である。SW1は、電力分配器PDからの波を2つの方向性結合器DC1又はDC2のいずれかに入れるスイッチである。SW2は、2つの方向性結合器DC1又はDC2のいずれかを選択し、選択された方からの波を5ポート接合5PJのポート2へ送るスイッチである。

[0022] 第1スイッチSW1及び第2スイッチSW2は、DUTの4つのSパラメータ（S11、S12、S21、S22）をそれぞれ計測するための接続を

実現する切換機構を構成する。

[0023] なお、以下の説明で、第1スイッチSW1、第2スイッチSW2などを、単にSW1、SW2と略記することがある。

図4のSW1、SW2は切換機構を構成する。切換機構は、電力分配器PDと5ポート接合5PJの入力ポートP2の間に設けられ、被測定デバイス(DUT)の一方のポートに電力分配器PDで分配された波を入れるとともに当該ポートから出る波を入力ポートP2へ入れる第1接続、DUTの他方のポートに電力分配器PDで分配された波を入れるとともに前記一方のポートから出る波を入力ポートP2へ入れる第2接続、DUTの前記一方のポートに電力分配器PDで分配された波を入れるとともに前記他方のポートから出る波を入力ポートP2へ入れる第3接続、及び、DUTの前記他方のポートに電力分配器PDで分配された波を入れるとともに当該ポートから出る波を入力ポートP2へ入れる第4接続、のいずれかを選択するものである。

以下に説明する図5乃至図8のフローチャートは、それぞれ、第1接続～第4接続に対応している。

[0024] 図5乃至図8は、5ポート接合5PJを用いたコリレータのシステムパラメータ(本実施形態でのパラメータH)の測定方法のフローチャートである。システムパラメータH3_11、・・・については、後に詳しく説明する。なお、以下の説明にある、「ロード」「ショート」「ライン1」「ライン2」などは標準器であり、その特性は既知であるとする。

[0025] (1) H3_11, H4_11, H5_11の測定手順(図5参照)

STEP1: SW1を左側、SW2を左側に設定する(DC1を選択する)。そして、PAに「ロード」を接続し(整合終端)、PBに「ロード」を接続する(図9参照)。

STEP2: 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3(0)、P4(0)、P5(0)とする。

STEP3: PAの「ロード」を「ショート」(短絡)に変更する。PBの「ロード」は変更しない。

STEP4 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S11_s[1])、P4 (S11_s[1])、P5 (S11_s[1]) とする。

STEP5 : PAの「ショート」を「ライン1 (アダプタ等)」+「ショート」に変更する (図10参照)。PBの「ロード」は変更しない。

STEP6 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S11_s[2])、P4 (S11_s[2])、P5 (S11_s[2]) とする。

STEP7 : PAの「ライン1 (アダプタ等)」+「ショート」を「ライン2 (ライン1とは別の長さのアダプタ等)」+「ショート」に変更する。

STEP8 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S11_s[3])、P4 (S11_s[3])、P5 (S11_s[3]) とする。

STEP9 : 上記ステップで得られた、P3(0)、P4(0)、P5(0)、(S11_s[1])、P4 (S11_s[1])、P5 (S11_s[1])、P3 (S11_s[2])、P4 (S11_s[2])、P5 (S11_s[2])、P3 (S11_s[3])、P4 (S11_s[3])、P5 (S11_s[3]) を図16の式に代入することにより、H3_11, H4_11, H5_11を求めることができる。

[0026] なお、図16の式の右辺はS21となっているが、S11, S12, S22についても同様に成立する。図16の式の右辺のS21_s[i]をS11_s[i]に読み替えて、上記値を代入する (以下、同様)。これにより得られるパラメータはH3_11, H4_11, H5_11である。

[0027] (2) H3_12, H4_12, H5_12の測定手順 (図6参照)

STEP11 : SW1を右側 (DC2を選択)、SW2を左側に設定する (DC1を選択する)。そして、PAに「ロード」を接続し (整合終端)、PBに「ロード」を接続する。

STEP12 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3(0)、P4(0)、P5(0)とする。

STEP13 : PAとPBを直結する (図12参照)。

STEP14 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S12_s[1])、P4 (S12_s[1])、P5 (S12_s[1]) とする。

STEP15 : PAとPBの間に「ライン1」を接続する (図11参照)。

STEP16 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S12__s[2])、P4 (S12__s[2])、P5 (S12__s[2]) とする。

STEP17 : PAとPBの間の「ライン1」を「ライン2」に変更する(図11参照)。

STEP18 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S12__s[3])、P4 (S12__s[3])、P5 (S12__s[3]) とする。

STEP19 : 上記ステップで得られた、P3(0)、P4(0)、P5(0)、P3 (S12__s[1])、P4 (S12__s[1])、P5 (S12__s[1])、P3 (S12__s[2])、P4 (S12__s[2])、P5 (S12__s[2])、P3 (S12__s[3])、P4 (S12__s[3])、P5 (S12__s[3]) を図16の式に代入することにより、H3_12, H4_12, H5_12を求めることができる。

[0028] 図16の式の右辺のS21__s[i]をS12__s[i]に読み替えて、上記値を代入する。

[0029] (3) H3_21, H4_21, H5_21の測定手順(図7参照)

STEP21 : SW1を左側(DC1を選択)、SW2を右側に設定する(DC2を選択する)。そして、PAに「ロード」を接続し(整合終端)、PBに「ロード」を接続する。

STEP22 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3(0)、P4(0)、P5(0)とする。

STEP23 : PAとPBを直結する。

STEP24 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S21__s[1])、P4 (S21__s[1])、P5 (S21__s[1]) とする。

STEP25 : PAとPBの間に「ライン1」を接続する。

STEP26 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S21__s[2])、P4 (S21__s[2])、P5 (S21__s[2]) とする。

STEP27 : PAとPBの間の「ライン1」を「ライン2」に変更する。

STEP28 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値をP3 (S21__s[3])、P4 (S21__s[3])、P5 (S21__s[3]) とする。

STEP29 : 上記ステップで得られた、 $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ 、 $(S21_s[1])$ 、 $P4(S21_s[1])$ 、 $P5(S21_s[1])$ 、 $P3(S21_s[2])$ 、 $P4(S21_s[2])$ 、 $P5(S21_s[2])$ 、 $P3(S21_s[3])$ 、 $P4(S21_s[3])$ 、 $P5(S21_s[3])$ を図16の式に代入することにより、 $H3_21$ 、 $H4_21$ 、 $H5_21$ を求めることができる。

[0030] (4) $H3_22$ 、 $H4_22$ 、 $H5_22$ の測定手順 (図8参照)

STEP31 : SW1を右側、SW2を右側に設定する (DC2を選択する)。そして、PAに「ロード」を接続し (整合終端)、PBに「ロード」を接続する。

STEP32 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値を $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ とする。

STEP33 : PBの「ロード」を「ショート」 (短絡) に変更する。PAの「ロード」は変更しない。

STEP34 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値を $P3(S22_s[1])$ 、 $P4(S22_s[1])$ 、 $P5(S22_s[1])$ とする。

STEP35 : PBの「ショート」を「ライン1」+「ショート」に変更する。PAの「ロード」は変更しない。

STEP36 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値を $P3(S22_s[2])$ 、 $P4(S22_s[2])$ 、 $P5(S22_s[2])$ とする。

STEP37 : PBの「ライン1」+「ショート」を「ライン2」+「ショート」に変更する。

STEP38 : 5ポート接合5PJのP3、P4、P5から電力の値を取得する。これら電力値を $P3(S22_s[3])$ 、 $P4(S22_s[3])$ 、 $P5(S22_s[3])$ とする。

STEP39 : 上記ステップで得られた、 $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ 、 $(S22_s[1])$ 、 $P4(S22_s[1])$ 、 $P5(S22_s[1])$ 、 $P3(S22_s[2])$ 、 $P4(S22_s[2])$ 、 $P5(S22_s[2])$ 、 $P3(S22_s[3])$ 、 $P4(S22_s[3])$ 、 $P5(S22_s[3])$ を図16の式に代入することにより、 $H3_22$ 、 $H4_22$ 、 $H5_22$ を求めることができる。

[0031] 図16の式の右辺の $S21_s[i]$ を $S22_s[i]$ に読み替えて、上記値を代入す

る。

[0032] ここで使用している「ショート」「ロード」「ライン1」「ライン2」は、すべてその特性が分かっているものを使用する。

[0033] なお、上記測定方法は、後述の5. 1ポートに関しても、同様に適用することができる。

[0034] 図13は、5ポート接合5PJを用いたDUTのSパラメータの測定方法のフローチャートである。同図で使用する式は次のものである。

[0035] [数7]

$$S_{11} = H_{3_11} \left(\frac{P_3(S_{11})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_11} \left(\frac{P_4(S_{11})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_11} \left(\frac{P_5(S_{11})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{12} = H_{3_12} \left(\frac{P_3(S_{12})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_12} \left(\frac{P_4(S_{12})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_12} \left(\frac{P_5(S_{12})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{21} = H_{3_21} \left(\frac{P_3(S_{21})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_21} \left(\frac{P_4(S_{21})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_21} \left(\frac{P_5(S_{21})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{22} = H_{3_22} \left(\frac{P_3(S_{22})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_22} \left(\frac{P_4(S_{22})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_22} \left(\frac{P_5(S_{22})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

[0036] 図13を参照して測定手順を説明する。

STEP41: 図4のようにDUTを接続する(PA+DUT+PB)。

STEP42: SW1及びSW2でDC1を選択する(SW1を左側、SW2を左側にする)

。

STEP43: 5ポート接合のP3、P4、P5から電力の値を取得する。これらをP3(S11)、P4(S11)、P5(S11)とする。上記のS11の式に、これらと既に求めていたP3(0)、P4(0)、P5(0)(図5及びその説明参照)及びH3_11、H4_11、H5_11を代入して、S11を求める。

STEP44: SW1でDC2を選択し、SW2でDC1を選択する。

STEP45: 5ポート接合のP3、P4、P5から電力の値を取得する。これらをP3(S12)、P4(S12)、P5(S12)とする。上記のS12の式に、これらと既に求

めていた $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ （図6及びその説明参照）及び $H3_{12}$ 、 $H4_{12}$ 、 $H5_{12}$ を代入して、 $S12$ を求める。

STEP46：SW1でDC1を選択し、SW2でDC2を選択する。

STEP47：5ポート接合の $P3$ 、 $P4$ 、 $P5$ から電力の値を取得する。これらを $P3(S21)$ 、 $P4(S21)$ 、 $P5(S21)$ とする。上記の $S21$ の式に、これらと既に求めていた $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ （図7及びその説明参照）及び $H3_{21}$ 、 $H4_{21}$ 、 $H5_{21}$ を代入して、 $S21$ を求める。

STEP48：SW1及びSW2でDC2を選択する。

STEP49：5ポート接合の $P3$ 、 $P4$ 、 $P5$ から電力の値を取得する。これらを $P3(S22)$ 、 $P4(S22)$ 、 $P5(S22)$ とする。上記の $S22$ の式に、これらと既に求めていた $P3(0)$ 、 $P4(0)$ 、 $P5(0)$ （図8及びその説明参照）及び $H3_{22}$ 、 $H4_{22}$ 、 $H5_{22}$ を代入して、 $S22$ を求める。

[0037] 前記した従来のホモダイン法においては、システムパラメータ（パラメータ H 又はパラメータ K ）を求めるために三つの円の交点を計算していた。したがって、前記したように、円の交点を求めるための計算が複雑であるとともに、交点を正確に求めることが困難であるという問題があった。

[0038] 本発明者らによる新しい知見として、5ポートにおいては、 S パラメータを新たなパラメータ H と電力差分率（ $\{P(S)/P(O)\} - 1$ ）とを使った線形結合で表せることを見いだした。この知見によりパラメータ H を直接計算することができるようになった。本発明の実施の形態によれば、既知の標準器最低3個を使ってパラメータ H を計算で簡単に導出でき、計算量を削減できる。

[0039] 以下、式の導出について説明を加える。

[0040] A. 最小二乗法を用いた5ポートシステムのシステムパラメータの求め方

まず、5ポートシステムの基本式について説明する。

ポート1からの入力波を a_1 、ポート2からの入力波を a_2 とおくと、出力ポート i の電力は A_i 、 B_i を複素定数として

[0041]

[数8]

$$P_i = \alpha |A_i a_1 + B_i a_2|^2 = \alpha |A_i a_1|^2 \left| 1 + \frac{B_i a_2}{A_i a_1} \right|^2$$

と表わされる。ここで、 $B_i/A_i = k_i$ 、 $a_2/a_1 = W$ 、また、 P_i は W の関数なので $P_i \equiv P_i(W)$ とすると

[0042] [数9]

$$P_i(W) = \alpha |A_i a_1|^2 |1 + k_i W|^2$$

となる。また、 $P_i(0) = \alpha |A_i a_1|^2 |1 + k_i \cdot 0|^2 = |A_i a_1|^2$ なので、上記式(数9)は

[0043] [数10]

$$P_i(W) = P_i(0) |1 + k_i W|^2$$

と書くことができる。5ポートVNAの場合、DUTの透過係数を S_{21} とすると

[0044] [数11]

$$P_i(S_{21}) = P_i(0) |1 + k_i S_{21}|^2$$

と表わされる。

上記式(数11)をポート i ($i=3, 4, 5$)に適用して整理し、 S_{21} を求める式を導出すると H_{3_21} , H_{4_21} , H_{5_21} をシステム定数として

[0045] [数12]

$$S_{21} = H_{3_21} \left(\frac{P_3(S_{21})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_21} \left(\frac{P_4(S_{21})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_21} \left(\frac{P_5(S_{21})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

となる。なお、 S_{11} , S_{12} , S_{22} に関しても同様の式が成立する。

[0046] S_{11} , S_{12} , S_{22} に関しても同様にシステムパラメータを求めることができる。

[0047] 最小二乗法によるシステムパラメータの決定方法

既知の標準器を i ($i=3, 4, 5, \dots$)個用意し、 $S_{21_s}[i]$ それぞれの標準器を接続したときの式(数12)との差の二乗

[0048] [数13]

$$I = \left| H_{3,21} \left(\frac{P_3(S_{21_s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4,21} \left(\frac{P_4(S_{21_s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5,21} \left(\frac{P_5(S_{21_s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) - S_{21_s}[i] \right|^2$$

を求め、その偏微分を0とおいた式

[0049] [数14]

$$\frac{\partial I}{\partial H_{3,21}} = 0, \frac{\partial I}{\partial H_{4,21}} = 0, \frac{\partial I}{\partial H_{5,21}} = 0$$

を行列で表現すると、図15に示す式となる。したがって、図16に示す式で求めることができる。

[0050] 前記した数12の式に、例えば、図7の測定値 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ 、 $P_3(S_{21_s}[1])$ 、 $P_4(S_{21_s}[1])$ 、 $P_5(S_{21_s}[1])$ 、 $P_3(S_{21_s}[2])$ 、 $P_4(S_{21_s}[2])$ 、 $P_5(S_{21_s}[2])$ 、 $P_3(S_{21_s}[3])$ 、 $P_4(S_{21_s}[3])$ 、 $P_5(S_{21_s}[3])$ を代入したものは、3元連立一次方程式である。これを解いてシステムパラメータ $H_{3,21}$ 、 $H_{4,21}$ 、 $H_{5,21}$ を求めることもできる。つまり、前記した最小二乗法を使うことは必須ではない。

[0051] 5ポートシステムにおける、計算式の導出

上述した5ポートシステムの基本式(数10)をポート i ($i=3, 4, 5$)に適用して整理し、 W を求める式を導出すると

[0052] [数15]

$$\begin{aligned} |k_3 W|^2 + k_3 W + k_3^* W^* &= \frac{P_3(W)}{P_3(0)} - 1 \\ |k_4 W|^2 + k_4 W + k_4^* W^* &= \frac{P_4(W)}{P_4(0)} - 1 \end{aligned}$$

[数16]

$$|k_5 W|^2 + k_5 W + k_5^* W^* = \frac{P_5(W)}{P_5(0)} - 1$$

より、行列で表現して

[0053]

[数17]

$$\begin{bmatrix} |k_3|^2 & k_3 & k_3^* \\ |k_4|^2 & k_4 & k_4^* \\ |k_5|^2 & k_5 & k_5^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^2 \\ W \\ W^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{P_3(W)}{P_3(0)} - 1 \\ \frac{P_4(W)}{P_4(0)} - 1 \\ \frac{P_5(W)}{P_5(0)} - 1 \end{bmatrix}$$

よって、

[0054] [数18]

$$W = \frac{\begin{vmatrix} |k_3|^2 & \frac{P_3(W)}{P_3(0)} - 1 & k_3^* \\ |k_4|^2 & \frac{P_4(W)}{P_4(0)} - 1 & k_4^* \\ |k_5|^2 & \frac{P_5(W)}{P_5(0)} - 1 & k_5^* \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} |k_3|^2 & k_3 & k_3^* \\ |k_4|^2 & k_4 & k_4^* \\ |k_5|^2 & k_5 & k_5^* \end{vmatrix}}$$

となる。式（数18）を展開すると、

[0055] [数19]

$$\begin{aligned} W = & \frac{k_4^* k_5^* (k_5 - k_4)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)} \left(\frac{P_3(W)}{P_3(0)} - 1 \right) \\ & + \frac{k_5^* k_3^* (k_3 - k_5)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)} \left(\frac{P_4(W)}{P_4(0)} - 1 \right) \\ & + \frac{k_3^* k_4^* (k_4 - k_3)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)} \left(\frac{P_5(W)}{P_5(0)} - 1 \right) \end{aligned}$$

式（数19）において

[0056]

[数20]

$$H_3 = \frac{k_4^* k_5^* (k_5 - k_4)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)}$$

$$H_4 = \frac{k_5^* k_3^* (k_3 - k_5)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)}$$

$$H_5 = \frac{k_3^* k_4^* (k_4 - k_3)}{|k_3|^2 (k_4 k_5^* - k_4^* k_5) + |k_4|^2 (k_5 k_3^* - k_5^* k_3) + |k_5|^2 (k_3 k_4^* - k_3^* k_4)}$$

とおくと、これは定数となり、これにより式（数19）は

[0057] [数21]

$$W = H_3 \left(\frac{P_3(W)}{P_3(0)} - 1 \right) + H_4 \left(\frac{P_4(W)}{P_4(0)} - 1 \right) + H_5 \left(\frac{P_5(W)}{P_5(0)} - 1 \right)$$

という、線形結合で表すことができる。5ポートVNAの場合には測定したい特性によって

上記式（数19）のWをそれぞれ、S11, S12, S21, S22と書き換え、それぞれ

[0058] [数22]

$$S_{11} = H_{3_11} \left(\frac{P_3(S_{11})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_11} \left(\frac{P_4(S_{11})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_11} \left(\frac{P_5(S_{11})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{12} = H_{3_12} \left(\frac{P_3(S_{12})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_12} \left(\frac{P_4(S_{12})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_12} \left(\frac{P_5(S_{12})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{21} = H_{3_21} \left(\frac{P_3(S_{21})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_21} \left(\frac{P_4(S_{21})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_21} \left(\frac{P_5(S_{21})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

$$S_{22} = H_{3_22} \left(\frac{P_3(S_{22})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_22} \left(\frac{P_4(S_{22})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_22} \left(\frac{P_5(S_{22})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

と表すことができる。なお、数19のWをS11, S12, S21, S22と書き換え可能なのは、これらがいずれも入出力の関係を示しているからである。また、以上により、例えば数12の式を導出できることを示せた。

[0059] 発明の実施の形態2.

5ポート接合において、パラメータHを取得できれば、ポート3, 4, 5のパワーからDUTのSパラメータを計算できることを示した。上記方法を適用可能なものは、物理的なポート数が5であることではなく、5ポート接合として機能する構造である。

[0060] その一例として、図14に示すように、5ポート接合に電力分配器PDをひとつ付加した装置について説明を加える。同図の装置を便宜上5. 1ポートと記すことにする。

[0061] 5. 1ポートシステムにおける、計算式の導出

ポート1からの入力波を a_1 、ポート2からの入力波を a_2 とおくと、出力ポート i の電力は A_i , B_i を複素定数として

[0062] [数23]

$$P_i = \alpha |A_i a_1 + B_i a_2|^2$$

と表わされる。ここで、出力ポートが a_2 に依存しないポート、つまり $a_2=0$ のポート（図14におけるポート0）

[0063] [数24]

$$P_h = \alpha |A_h a_1 + B_h a_2|^2 = \alpha |A_h a_1 + B_h (0)|^2 = \alpha |A_h a_1|^2$$

を用意し、このポートとの比をとると

[0064] [数25]

$$\frac{P_i}{P_h} = \frac{\alpha |A_i a_1 + B_i a_2|^2}{\alpha |A_h a_1|^2} = \left| \frac{A_i a_1 + B_i a_2}{A_h a_1} \right|^2 = \left| \frac{A_i}{A_h} \right|^2 \left| 1 + \frac{B_i a_2}{A_h a_1} \right|^2$$

ここで、 $P_i/P_h = hP_i$, $A_i/A_h = hA_i$, $B_i/A_h = hB_i$, $a_2/a_1 = W$, また、 hP_i は W の関数なので $hP_i \equiv hP_i(W)$ とすると

[0065] [数26]

$$hP_i(W) = |hA_i|^2 |1 + hB_i W|^2$$

となる。また、 $hP_i(0) = |hA_i|^2 |1 + hB_i(0)|^2 = |hA_i|^2$ なので、式(数26)

) は

[0066] [数27]

$${}_h P_i(W) = {}_h P_i(0) |1 + {}_h k_i W|^2$$

と書くことができる。

上記式 (数 26) をポート $h=0$, $i=3, 4, 5$ について適用し、 W を求める式を導出すると

[0067] [数28]

$$\begin{aligned} |{}_0 k_3 W|^2 + {}_0 k_3 W + {}_0 k_3^* W^* &= \frac{{}_0 P_3(W)}{{}_0 P_3(0)} - 1 \\ |{}_0 k_4 W|^2 + {}_0 k_4 W + {}_0 k_4^* W^* &= \frac{{}_0 P_4(W)}{{}_0 P_4(0)} - 1 \\ |{}_0 k_5 W|^2 + {}_0 k_5 W + {}_0 k_5^* W^* &= \frac{{}_0 P_5(W)}{{}_0 P_5(0)} - 1 \end{aligned}$$

より、行列で表現して

[0068] [数29]

$$\begin{bmatrix} |{}_0 k_3|^2 & {}_0 k_3 & {}_0 k_3^* \\ |{}_0 k_4|^2 & {}_0 k_4 & {}_0 k_4^* \\ |{}_0 k_5|^2 & {}_0 k_5 & {}_0 k_5^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^2 \\ W \\ W^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{{}_0 P_3(W)}{{}_0 P_3(0)} - 1 \\ \frac{{}_0 P_4(W)}{{}_0 P_4(0)} - 1 \\ \frac{{}_0 P_5(W)}{{}_0 P_5(0)} - 1 \end{bmatrix}$$

よって、

[0069] [数30]

$$W = \frac{\begin{bmatrix} |{}_0 k_3|^2 & \frac{{}_0 P_3(W)}{{}_0 P_3(0)} - 1 & {}_0 k_3^* \\ |{}_0 k_4|^2 & \frac{{}_0 P_4(W)}{{}_0 P_4(0)} - 1 & {}_0 k_4^* \\ |{}_0 k_5|^2 & \frac{{}_0 P_5(W)}{{}_0 P_5(0)} - 1 & {}_0 k_5^* \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} |{}_0 k_3|^2 & {}_0 k_3 & {}_0 k_3^* \\ |{}_0 k_4|^2 & {}_0 k_4 & {}_0 k_4^* \\ |{}_0 k_5|^2 & {}_0 k_5 & {}_0 k_5^* \end{bmatrix}}$$

となる。式（数30）を展開すると、

[0070] [数31]

$$\begin{aligned}
 W = & \frac{{}_0k_4^* {}_0k_5^* ({}_0k_5 - {}_0k_4)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)} \left(\frac{{}_0P_3(W)}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) \\
 + & \frac{{}_0k_5^* {}_0k_3^* ({}_0k_3 - {}_0k_5)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)} \left(\frac{{}_0P_4(W)}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) \\
 + & \frac{{}_0k_3^* {}_0k_4^* ({}_0k_4 - {}_0k_3)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)} \left(\frac{{}_0P_5(W)}{{}_0P_5(0)} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

上記式（数31）において

[0071] [数32]

$$\begin{aligned}
 {}_0H_3 &= \frac{{}_0k_4^* {}_0k_5^* ({}_0k_5 - {}_0k_4)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)} \\
 {}_0H_4 &= \frac{{}_0k_5^* {}_0k_3^* ({}_0k_3 - {}_0k_5)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)} \\
 {}_0H_5 &= \frac{{}_0k_3^* {}_0k_4^* ({}_0k_4 - {}_0k_3)}{|{}_0k_3|^2 ({}_0k_4 {}_0k_5^* - {}_0k_4^* {}_0k_5) + |{}_0k_4|^2 ({}_0k_5 {}_0k_3^* - {}_0k_5^* {}_0k_3) + |{}_0k_5|^2 ({}_0k_3 {}_0k_4^* - {}_0k_3^* {}_0k_4)}
 \end{aligned}$$

とおくと、これは定数となり、これにより上記式（数31）は

[0072] [数33]

$$W = {}_0H_3 \left(\frac{{}_0P_3(W)}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) + {}_0H_4 \left(\frac{{}_0P_4(W)}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) + {}_0H_5 \left(\frac{{}_0P_5(W)}{{}_0P_5(0)} - 1 \right)$$

という、線形結合で表すことができる。5. 1ポートVNAの場合には測定したい特性によって式（数33）のWをそれぞれ、S11, S12, S21, S22と書き換え、それぞれ

[0073]

[数34]

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= {}_0H_{3_11} \left(\frac{{}_0P_3(S_{11})}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) + {}_0H_{4_11} \left(\frac{{}_0P_4(S_{11})}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) + {}_0H_{5_11} \left(\frac{{}_0P_5(S_{11})}{{}_0P_5(0)} - 1 \right) \\
 S_{12} &= {}_0H_{3_12} \left(\frac{{}_0P_3(S_{12})}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) + {}_0H_{4_12} \left(\frac{{}_0P_4(S_{12})}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) + {}_0H_{5_12} \left(\frac{{}_0P_5(S_{12})}{{}_0P_5(0)} - 1 \right) \\
 S_{21} &= {}_0H_{3_21} \left(\frac{{}_0P_3(S_{21})}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) + {}_0H_{4_21} \left(\frac{{}_0P_4(S_{21})}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) + {}_0H_{5_21} \left(\frac{{}_0P_5(S_{21})}{{}_0P_5(0)} - 1 \right) \\
 S_{22} &= {}_0H_{3_22} \left(\frac{{}_0P_3(S_{22})}{{}_0P_3(0)} - 1 \right) + {}_0H_{4_22} \left(\frac{{}_0P_4(S_{22})}{{}_0P_4(0)} - 1 \right) + {}_0H_{5_22} \left(\frac{{}_0P_5(S_{22})}{{}_0P_5(0)} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

と表すことができる。

したがって、5. 1ポートに関しても、図13の順にしたがってDUTのSパラメータを測定することができる。

[0074] また、図17に、前記した本実施形態の測定方法を実現するためのシステムの一例を示す。このシステムは、システムパラメータH3_11, H4_11, H5_11を測定するためのシステムである。

基準電力測定部101は、ポート1に所定の波を入れ、ポート2を整合終端した状態で、ポート3、ポート4及びポート5での出力電力を測定することで得られた測定値P3(0), P4(0), P5(0)の入力を受け付ける。

第1電力測定部102は、ポート2の整合終端を外し、ポート2にショート標準器を接続し、ショート標準器に他の所定の波を入れ、その反射波をポート2に入れた状態で、ポート3、ポート4及びポート5での出力電力を測定することで得られた測定値P3(S11_s[1]), P4(S11_s[1]), P5(S11_s[1])の入力を受け付ける。

第2電力測定部103は、ポート2のショート標準器の前にライン1の標準器を挿入し、ライン1の標準器とショート標準器に他の所定の波を入れ、その反射波をポート2に入れた状態で、ポート3、ポート4及びポート5での出力電力を測定することで得られた測定値P3(S11_s[2]), P4(S11_s[2]), P5(S11_s[2])の入力を受け付ける。

第3電力測定部104は、ポート2のライン1の標準器に代えてライン2の標準器を挿入し、ライン2の標準器とショート標準器に他の所定の波を入れ、その反射波をポート2に入れた状態で、ポート3、ポート4及びポート5での出力電力を測定することで得られた測定値P3(S11_s[3]), P4(S11_s[3]), P5(S11_s[3])の入力を受け付ける。

算出部105は、前記したとおり、下記式によりシステムパラメータH3_11, H4_11, H5_11を計算する。算出部105は、例えば適切なコンピュータプログラムとハードウェアの組み合わせにより構成することができる。

[0075] [数35]

$$\begin{bmatrix} H_{3,11} \\ H_{4,11} \\ H_{5,11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{11,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) S_{11,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{11,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) S_{11,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{11,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) S_{11,s}[i] \end{bmatrix}$$

[0076] 前記したシステムにおける各要素は、適宜なバス線（図17参照）を介してデータをやりとりすることが可能である。

[0077] さらに、前記した測定方法は、各ポートでの測定値を処理するコンピュータプログラムにより実行可能である。すなわち、各ポートでの測定値をコンピュータに入力することにより、コンピュータは、本実施形態の方法に従って、前記した計算処理を行い、パラメータHやSパラメータを取得できる。

[0078] 本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

符号の説明

- [0079] 5PJ 5ポート接合
- DC1、DC2 方向性結合器
- DUT 被測定デバイス
- PD 電力分配器

SW 1、SW 2 高周波スイッチ

V S 電源

請求の範囲

[請求項1]

第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含む線形マルチポートについて、その固有の値であるシステムパラメータ H_{3_11} , H_{4_11} , H_{5_11} を測定する方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$, $P_4(0)$, $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記整合終端を外し、前記第2入力ポートにショート標準器（標準器はその通過特性及び反射特性が既知であるとする。以下同じ）を接続し、前記ショート標準器に他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{11_s}[1])$, $P_4(S_{11_s}[1])$, $P_5(S_{11_s}[1])$ とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記ショート標準器の前にライン1の標準器を挿入し、前記ライン1の標準器と前記ショート標準器に前記他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{11_s}[2])$, $P_4(S_{11_s}[2])$, $P_5(S_{11_s}[2])$ とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記ライン1の標準器に代えてライン2の標準器を挿入し、前記ライン2の標準器と前記ショート標準器に前記他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{11_s}[3])$, $P_4(S_{11_s}[3])$, $P_5(S_{11_s}[3])$

])とする電力測定ステップと、

下記式によりシステムパラメータH3_11, H4_11, H5_11を計算するステップとを備えることを特徴とする線形マルチポートのシステムパラメータ測定方法。

[数35]

$$\begin{bmatrix} H_{3,11} \\ H_{4,11} \\ H_{5,11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11,i}[l])}{P_3(0)} - 1 \right) s_{11,i}[l] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11,i}[l])}{P_4(0)} - 1 \right) s_{11,i}[l] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11,i}[l])}{P_5(0)} - 1 \right) s_{11,i}[l] \end{bmatrix}$$

[請求項2]

第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含む線形マルチポートについて、その固有の値であるシステムパラメータH3_12, H4_12, H5_12を測定する方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(0), P4(0), P5(0)とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記整合終端を外し、前記第2入力ポートに他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[1]), P4(S12_s[1]), P5(S12_s[1])とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートにライン1の標準器を接続し、前記ライン1の標準器を介して前記他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[2]), P4(S12_s[2]), P5(S12_s[2])とする電力測定ステップと、

前記第2入力ポートの前記ライン1の標準器に代えてライン2の標準器を接続し、前記ライン2の標準器を介して前記他の所定の波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらをP3(S12_s[3]), P4(S12_s[3]), P5(S12_s[3])とする電力測定ステップと、

下記式によりシステムパラメータH3_12, H4_12, H5_12を計算するステップとを備えることを特徴とする線形マルチポートのシステムパラメータ測定方法。

[数36]

$$\begin{bmatrix} H_{3,12} \\ H_{4,12} \\ H_{5,12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{12,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{12,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{12,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) S_{12,s}[i] \end{bmatrix}$$

[請求項3]

マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯や赤外線、可視光線、紫外線などの高周波信号を発生する電源からの波を2つに分け、一方を、2つの入力ポートと3つ以上の出力ポートを備える線形マルチポートの第1入力ポートに、他方を被測定デバイスに入力するとともに、前記被測定デバイスを通じた波又は前記被測定デバイスで反射された波を前記線形マルチポートの第2入力ポートに入れ、この状態で前記線形マルチポートの3つ以上の電力計測用の出力ポートそれぞれの検波出力を測定し、その結果に基づき前記被測定デバイスに関するベクトル量を測定するベクトルネットワークアナライザであって、前記線形マルチポートは、第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含むものを用いた測定方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合

終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートに前記被測定デバイスで反射された波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{11})$ 、 $P_4(S_{11})$ 、 $P_5(S_{11})$ とする電力測定ステップと、

前記 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ 、前記 $P_3(S_{11})$ 、 $P_4(S_{11})$ 、 $P_5(S_{11})$ 、予め求められたシステムパラメータ H_{3_11} 、 H_{4_11} 、 H_{5_11} 及び下記式に基づき、前記被測定デバイスの反射特性 S_{11} を計算するステップとを備えることを特徴とするベクトルネットワークアナライザを用いた測定方法。

[数37]

$$S_{11} = H_{3_11} \left(\frac{P_3(S_{11})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_11} \left(\frac{P_4(S_{11})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_11} \left(\frac{P_5(S_{11})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

[請求項4]

マイクロ波帯、ミリ波帯、サブミリ波帯や赤外線、可視光線、紫外線などの高周波信号を発生する電源からの波を2つに分け、一方を、2つの入力ポートと3つ以上の出力ポートを備える線形マルチポートの第1入力ポートに、他方を被測定デバイスに入力するとともに、前記被測定デバイスを通じた波又は前記被測定デバイスで反射された波を前記線形マルチポートの第2入力ポートに入れ、この状態で前記線形マルチポートの3つ以上の電力計測用の出力ポートそれぞれの検波出力を測定し、その結果に基づき前記被測定デバイスに関するベクトル量を測定するベクトルネットワークアナライザであって、前記線形マルチポートは、第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含むものを用いた測定方法であって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合

終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ とする基準電力測定ステップと、

前記第2入力ポートに前記被測定デバイスを通じた波を入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定し、それらを $P_3(S_{12})$ 、 $P_4(S_{12})$ 、 $P_5(S_{12})$ とする電力測定ステップと、

前記 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ 、前記 $P_3(S_{12})$ 、 $P_4(S_{12})$ 、 $P_5(S_{12})$ 、予め求められたシステムパラメータ H_{3_12} 、 H_{4_12} 、 H_{5_12} 及び下記式に基づき、前記被測定デバイスの通過特性 S_{12} を計算するステップとを備えることを特徴とするベクトルネットワークアナライザを用いた測定方法。

[数38]

$$S_{12} = H_{3_12} \left(\frac{P_3(S_{12})}{P_3(0)} - 1 \right) + H_{4_12} \left(\frac{P_4(S_{12})}{P_4(0)} - 1 \right) + H_{5_12} \left(\frac{P_5(S_{12})}{P_5(0)} - 1 \right)$$

[請求項5]

第1入力ポート及び第2入力ポートと、前記第1入力ポートからの入力波と第2入力ポートからの入力波の線形結合で出力波がそれぞれ表される第3出力ポート、第4出力ポート及び第5出力ポートを含む線形マルチポートについて、その固有の値であるシステムパラメータ H_{3_11} 、 H_{4_11} 、 H_{5_11} を測定するためのシステムであって、

前記第1入力ポートに所定の波を入れ、前記第2入力ポートを整合終端した状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定することで得られた測定値 $P_3(0)$ 、 $P_4(0)$ 、 $P_5(0)$ の入力を受け付ける基準電力測定部と、

前記第2入力ポートの前記整合終端を外し、前記第2入力ポートにショート標準器（標準器はその通過特性及び反射特性が既知であるとする。以下同じ）を接続し、前記ショート標準器に他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測

定することで得られた測定値P3(S11_s[1]), P4(S11_s[1]), P5(S11_s[1])の入力を受け付けるとする第1電力測定部と、

前記第2入力ポートの前記ショートの前記標準器の前にライン1の標準器を挿入し、前記ライン1の標準器と前記ショートの前記標準器に前記他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定することで得られた測定値P3(S11_s[2]), P4(S11_s[2]), P5(S11_s[2])の入力を受け付ける第2電力測定部と、

前記第2入力ポートの前記ライン1の標準器に代えてライン2の標準器を挿入し、前記ライン2の標準器と前記ショートの前記標準器に前記他の所定の波を入れ、その反射波を前記第2入力ポートに入れた状態で、前記第3出力ポート、前記第4出力ポート及び前記第5出力ポートの電力を測定することで得られた測定値P3(S11_s[3]), P4(S11_s[3]), P5(S11_s[3])の入力を受け付ける第3電力測定部と、

下記式によりシステムパラメータH3_11, H4_11, H5_11を計算する算出部とを備えることを特徴とする線形マルチポートのシステムパラメータ測定システム。

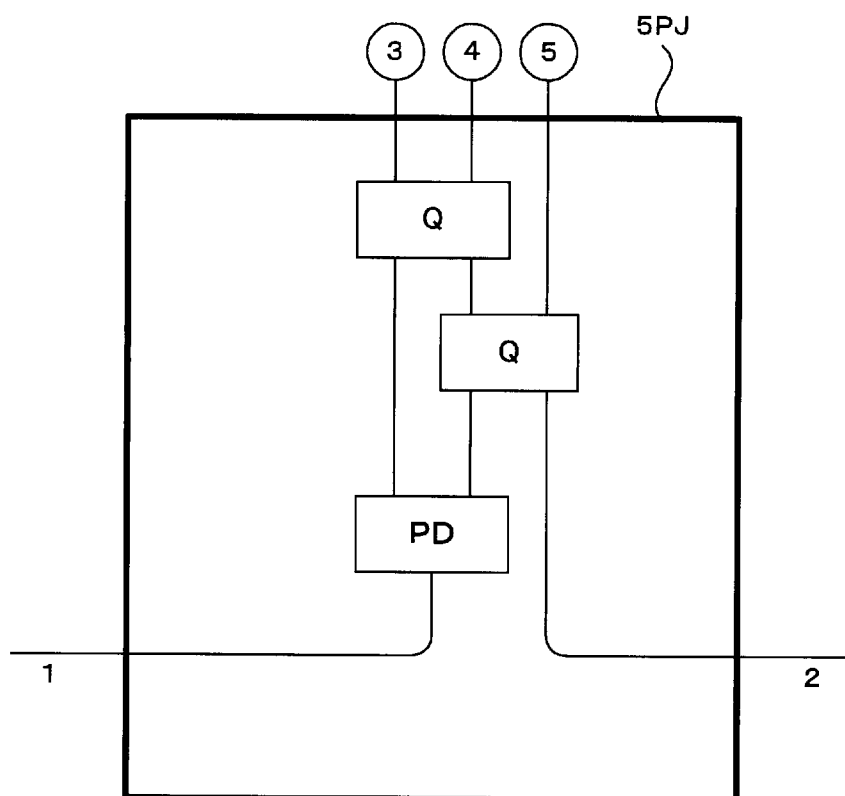
[数35]

$$\begin{bmatrix} H_{3,11} \\ H_{4,11} \\ H_{5,11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_3(s_{11}, [l])}{P_3(0)} - 1 \right) s_{11}, [l] \\ \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_4(s_{11}, [l])}{P_4(0)} - 1 \right) s_{11}, [l] \\ \sum_{n=1}^n \left(\frac{P_5(s_{11}, [l])}{P_5(0)} - 1 \right) s_{11}, [l] \end{bmatrix}$$

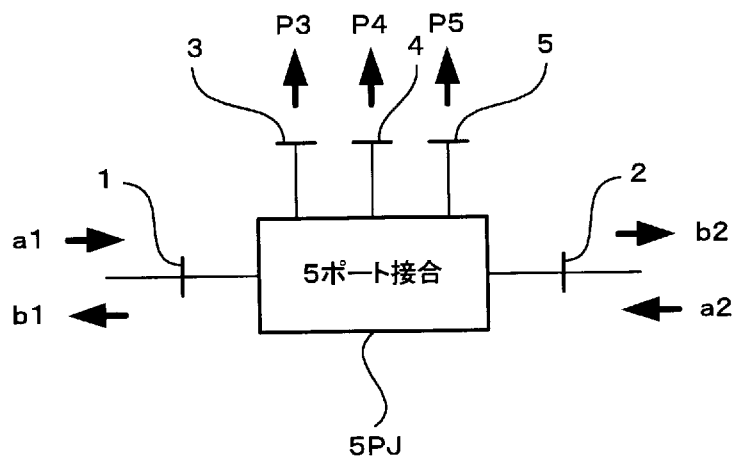
[請求項6] 請求項1～4のいずれか1項に記載の計算ステップをコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。

[請求項7] 請求項1～4のいずれか1項に記載の計算ステップをコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記録媒体。

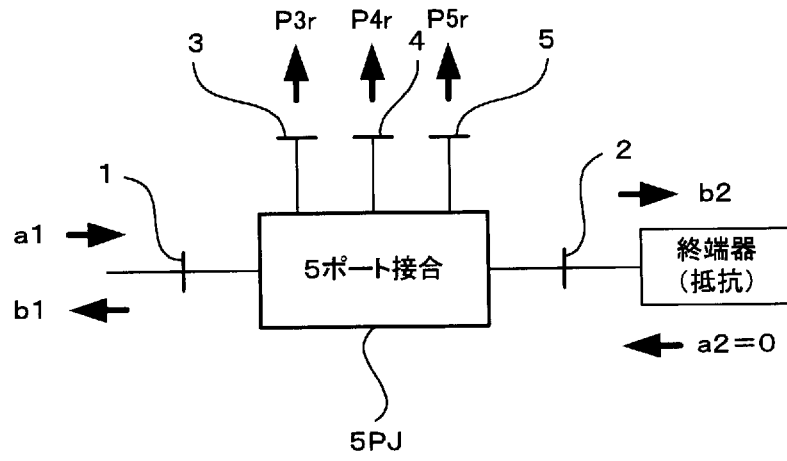
[図1]



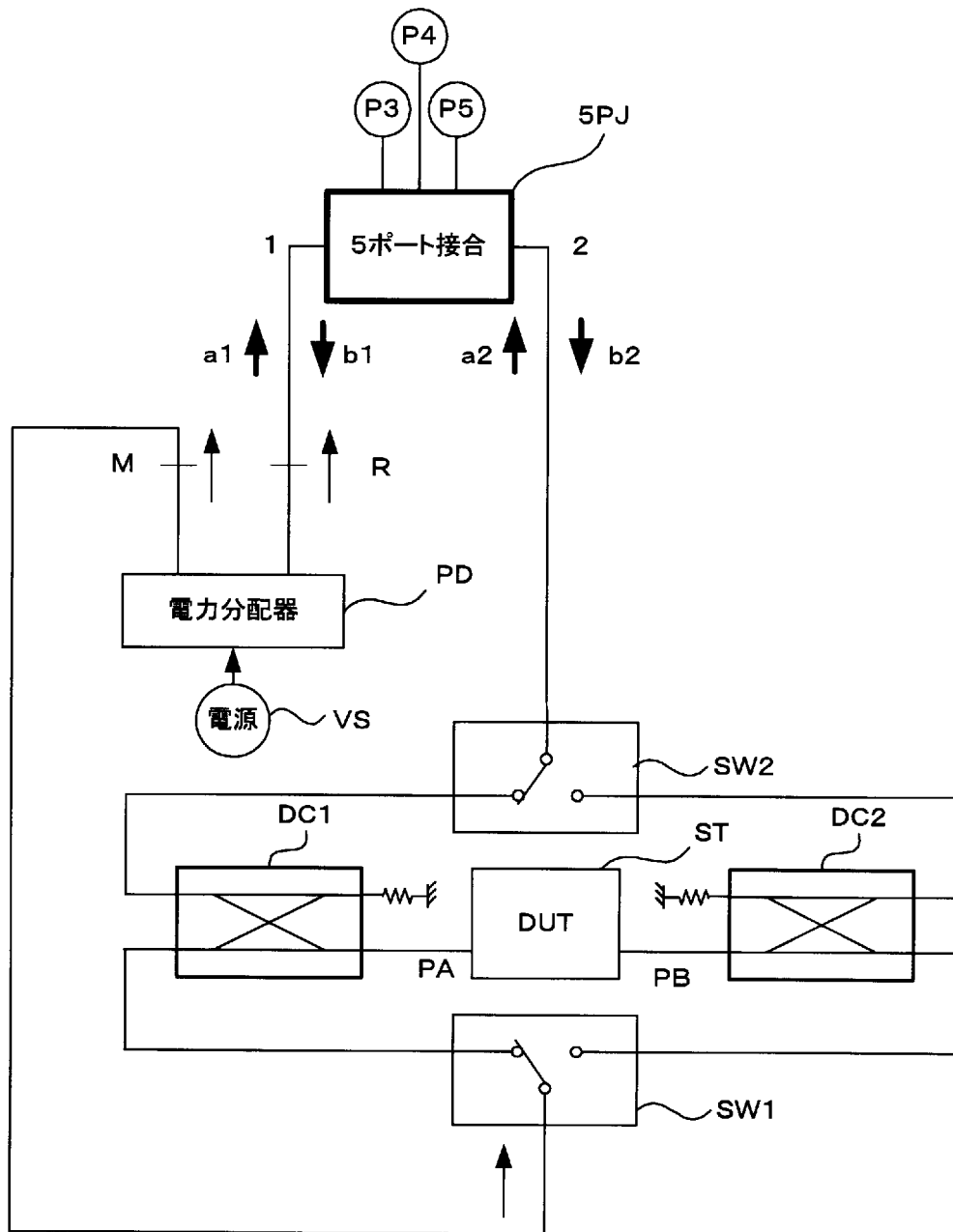
[図2]



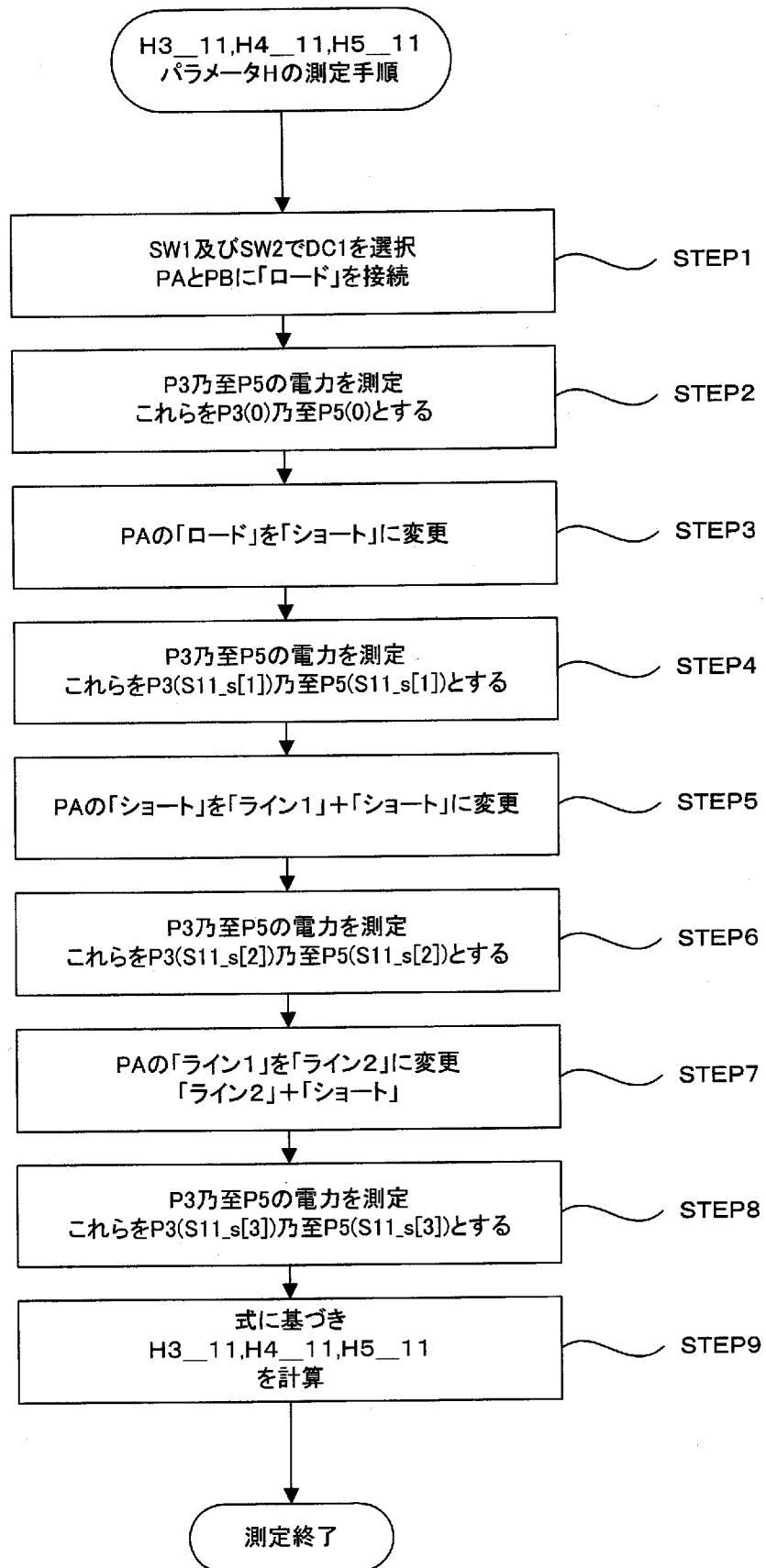
[図3]



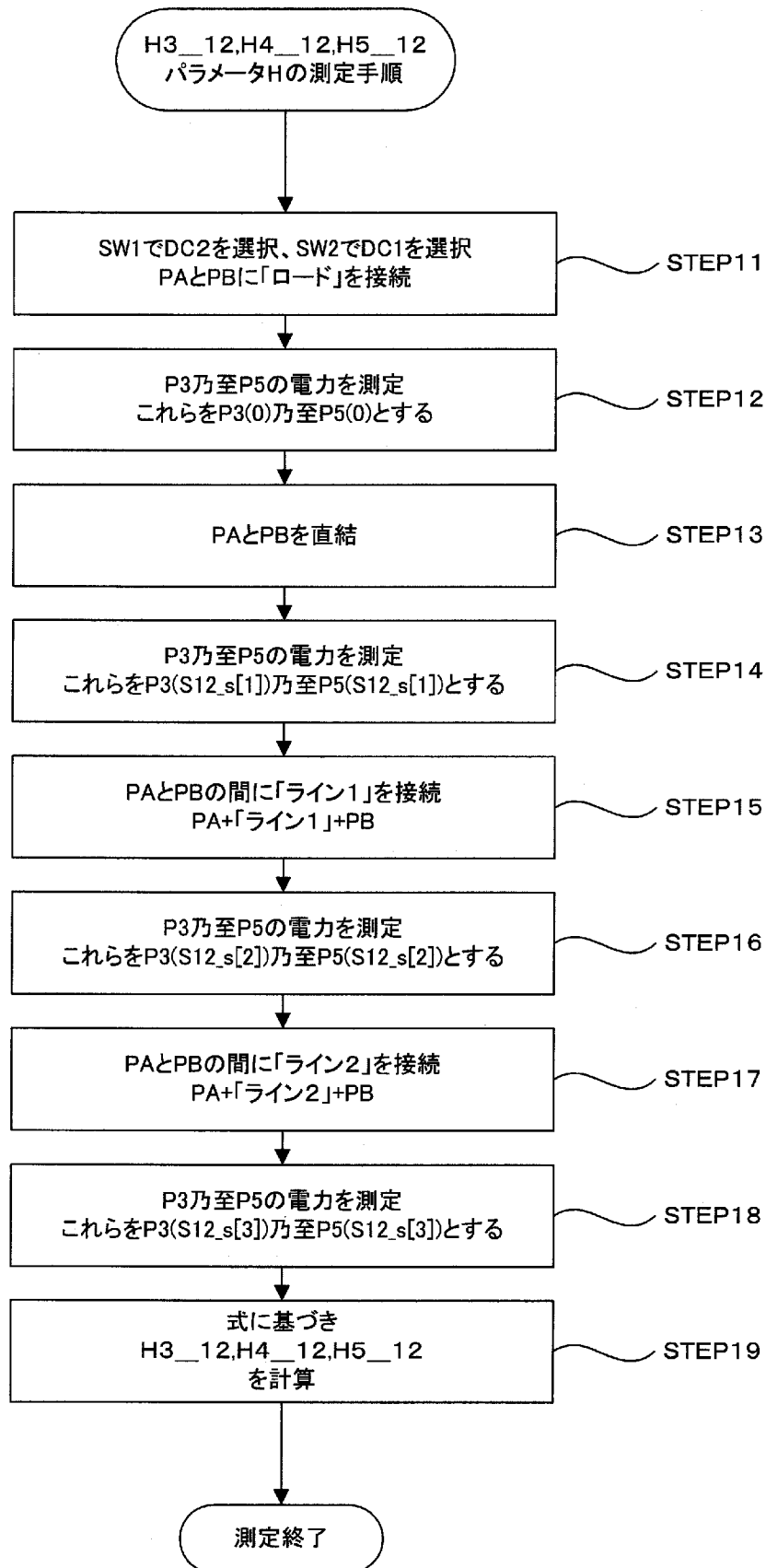
[図4]



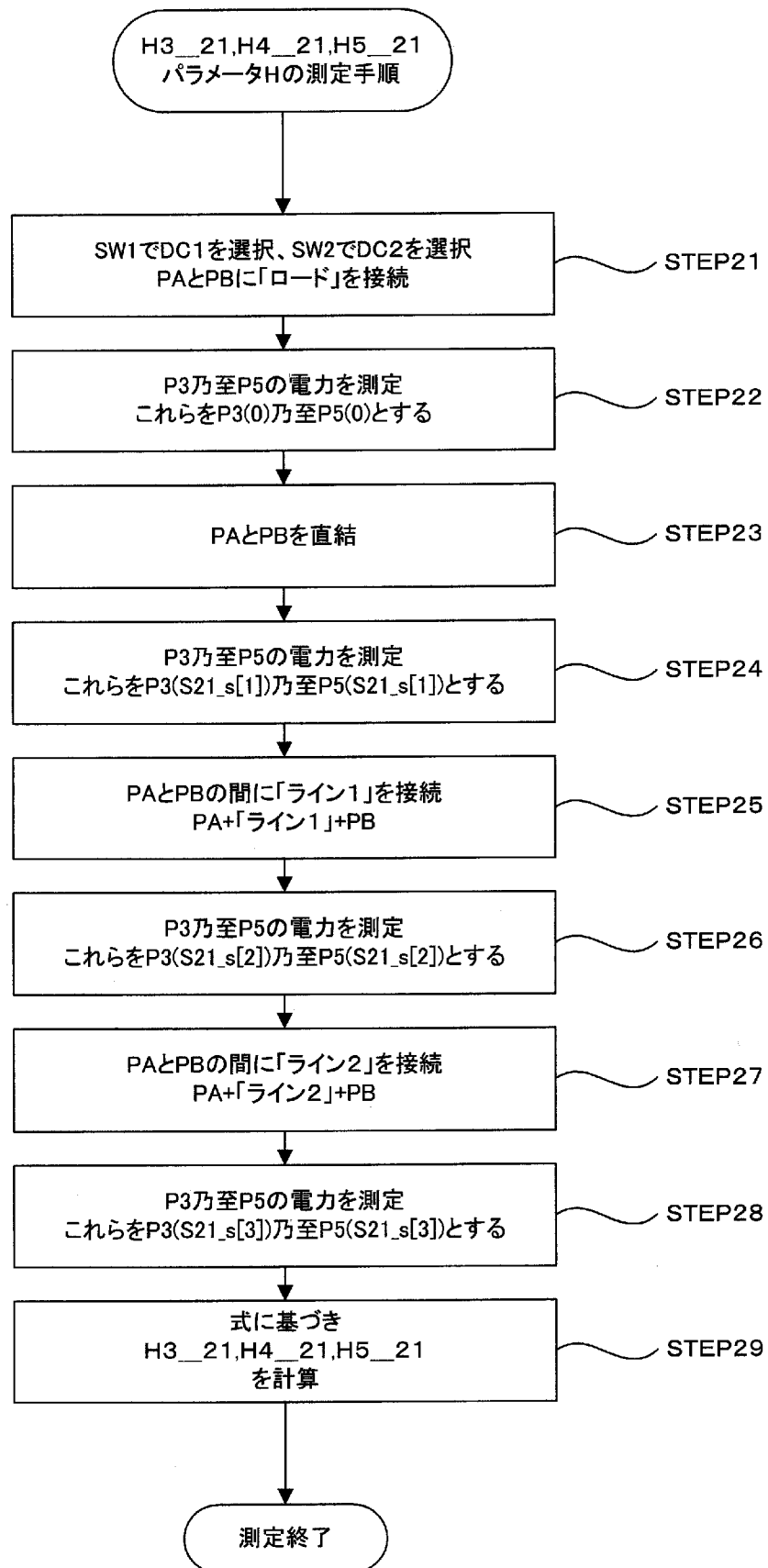
[図5]



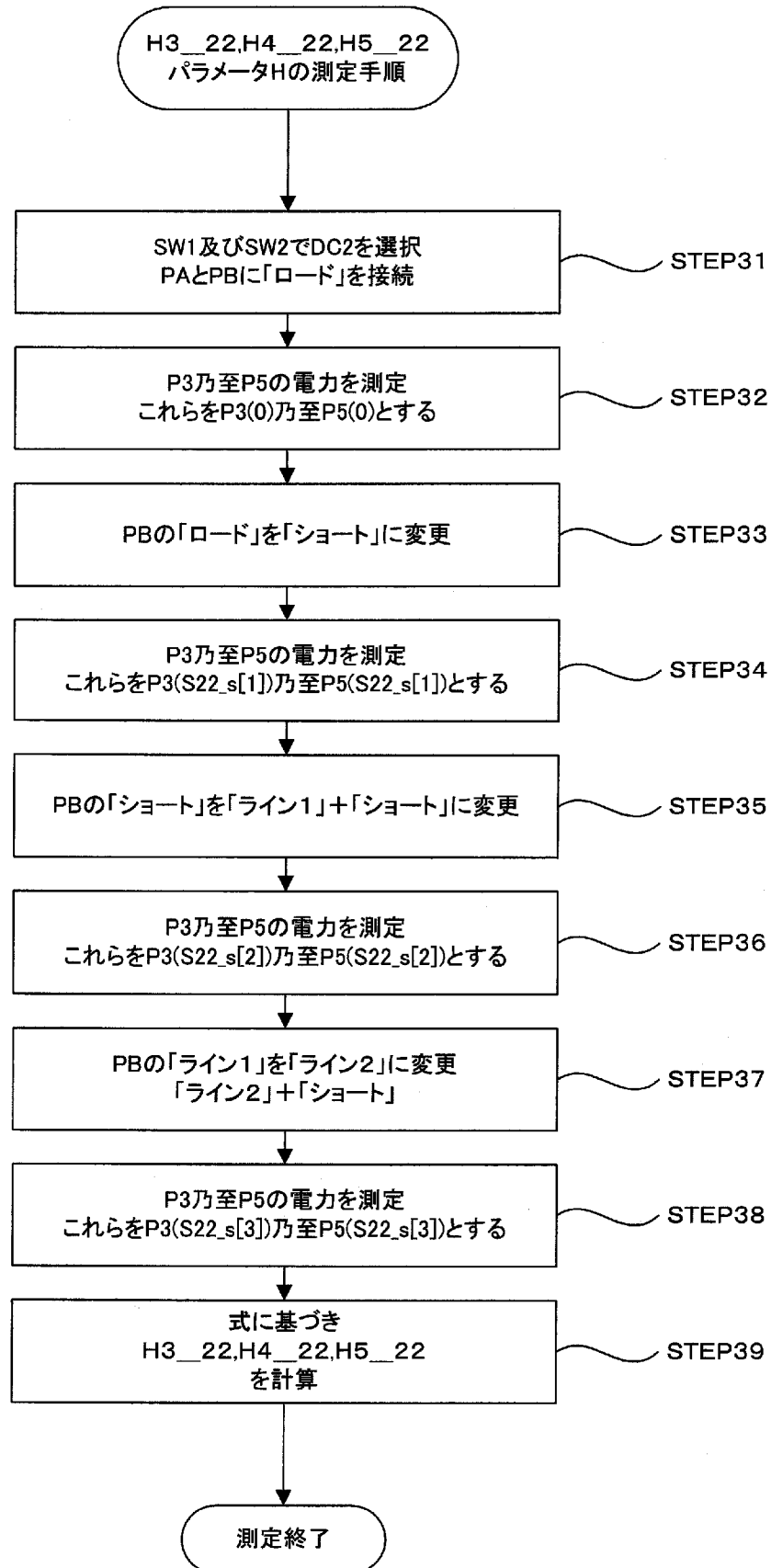
[図6]



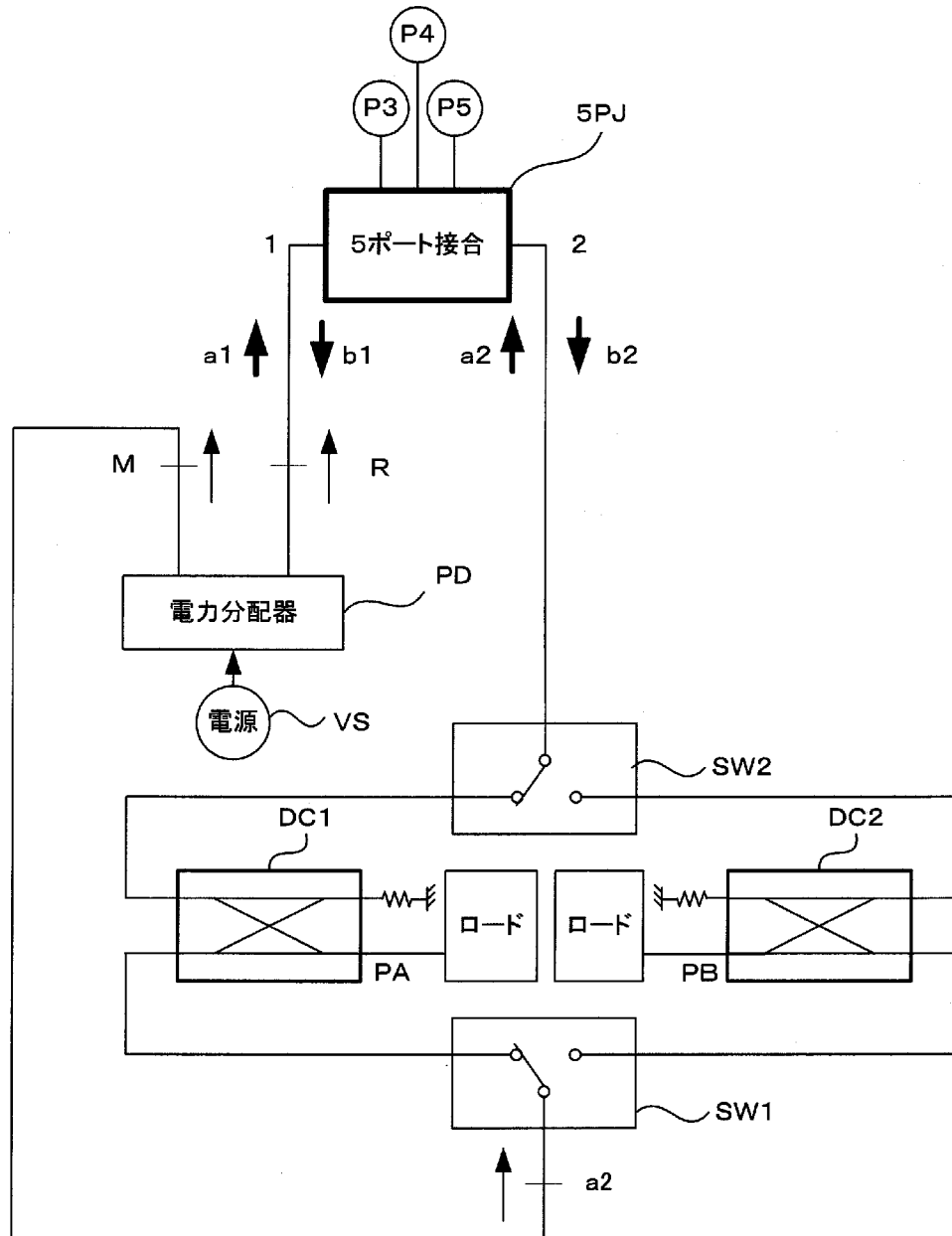
[図7]



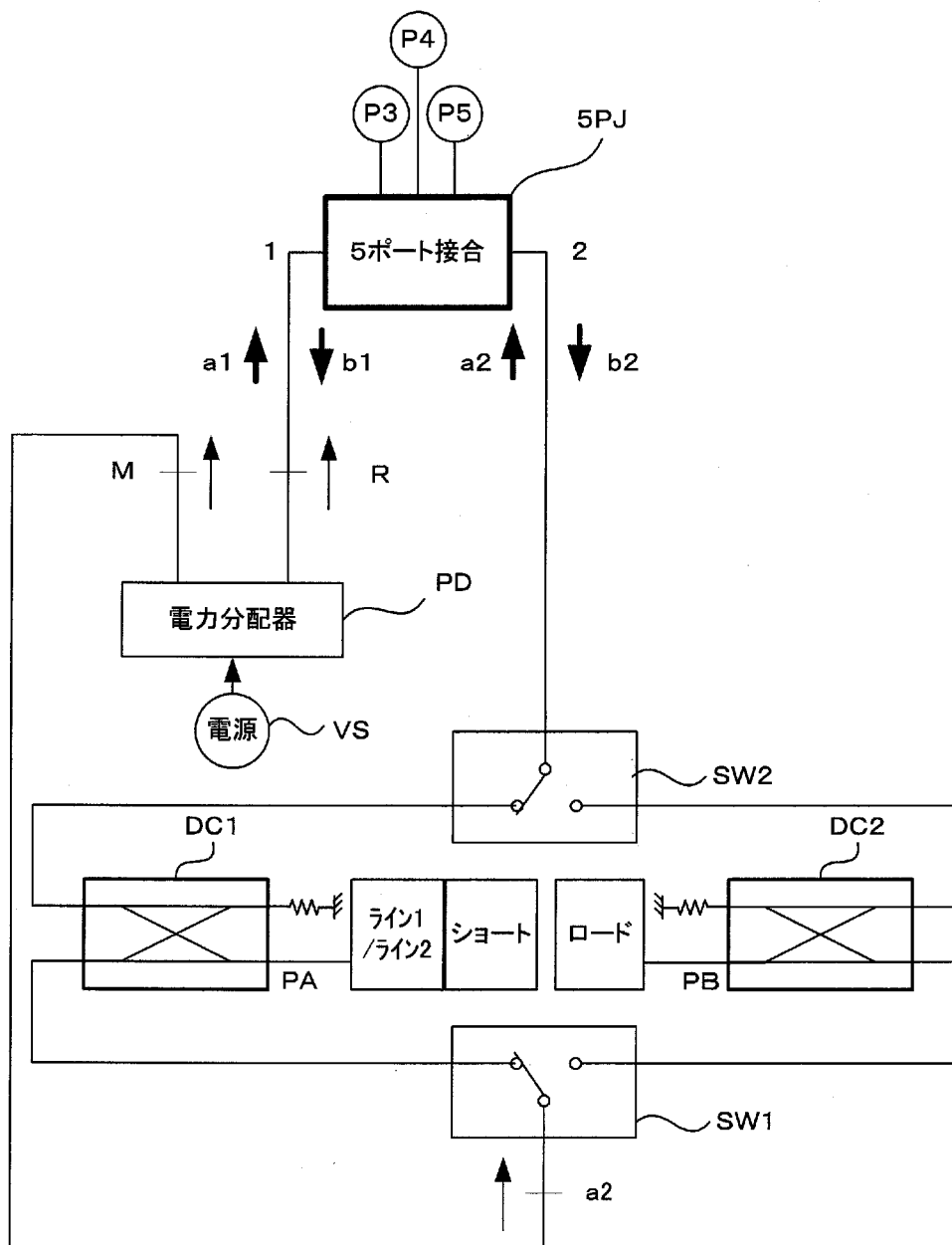
[図8]



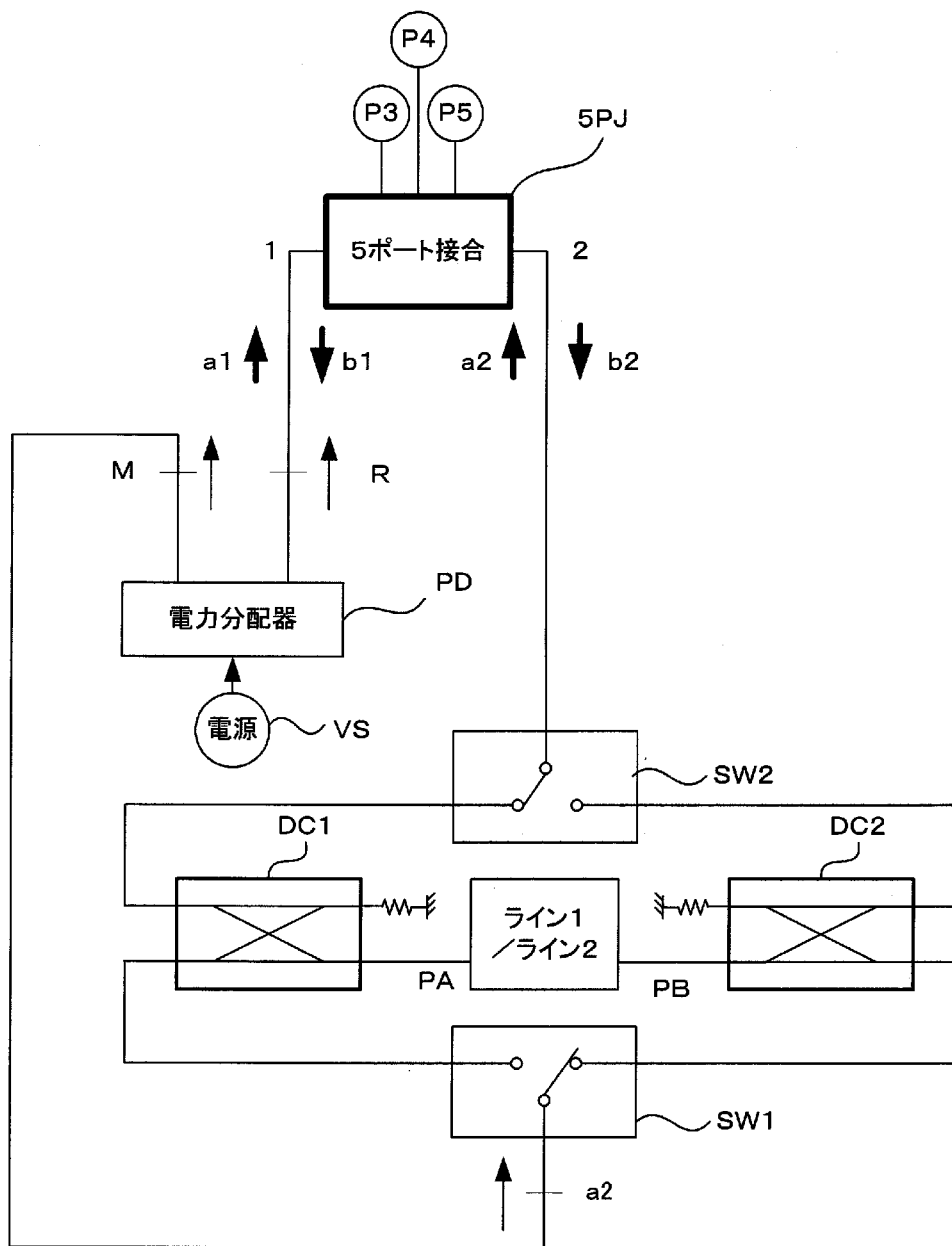
[図9]



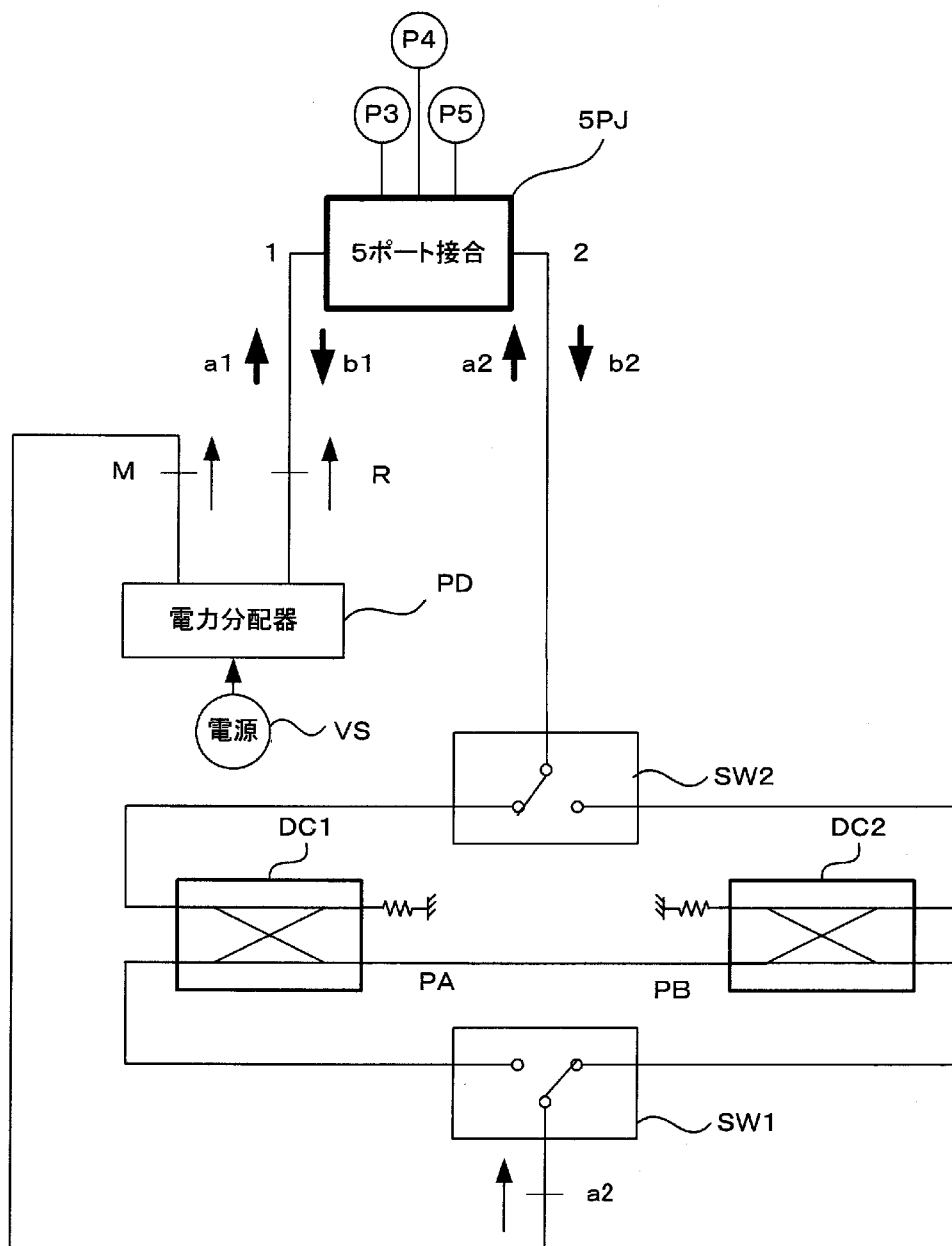
[図10]



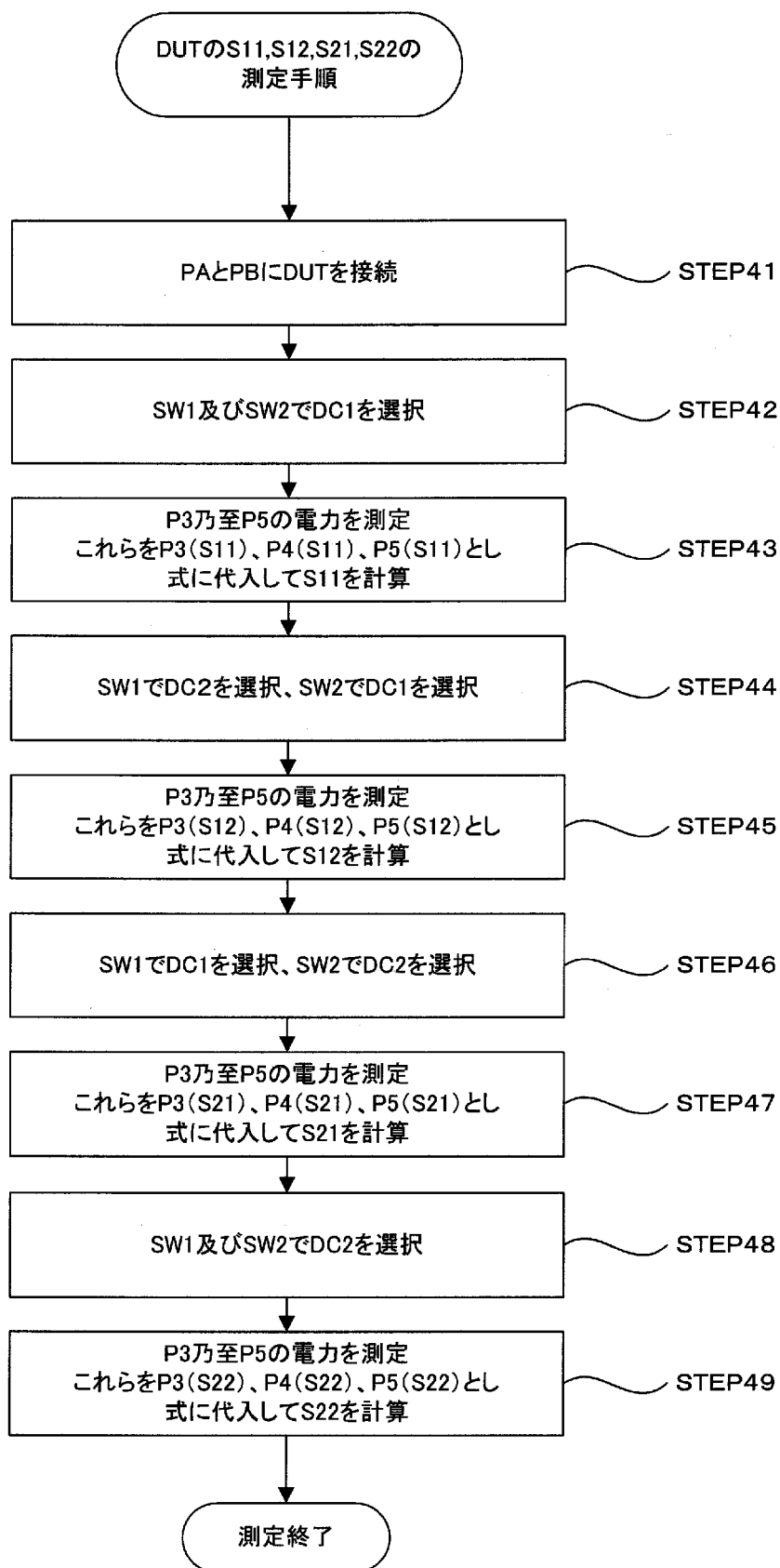
[図11]



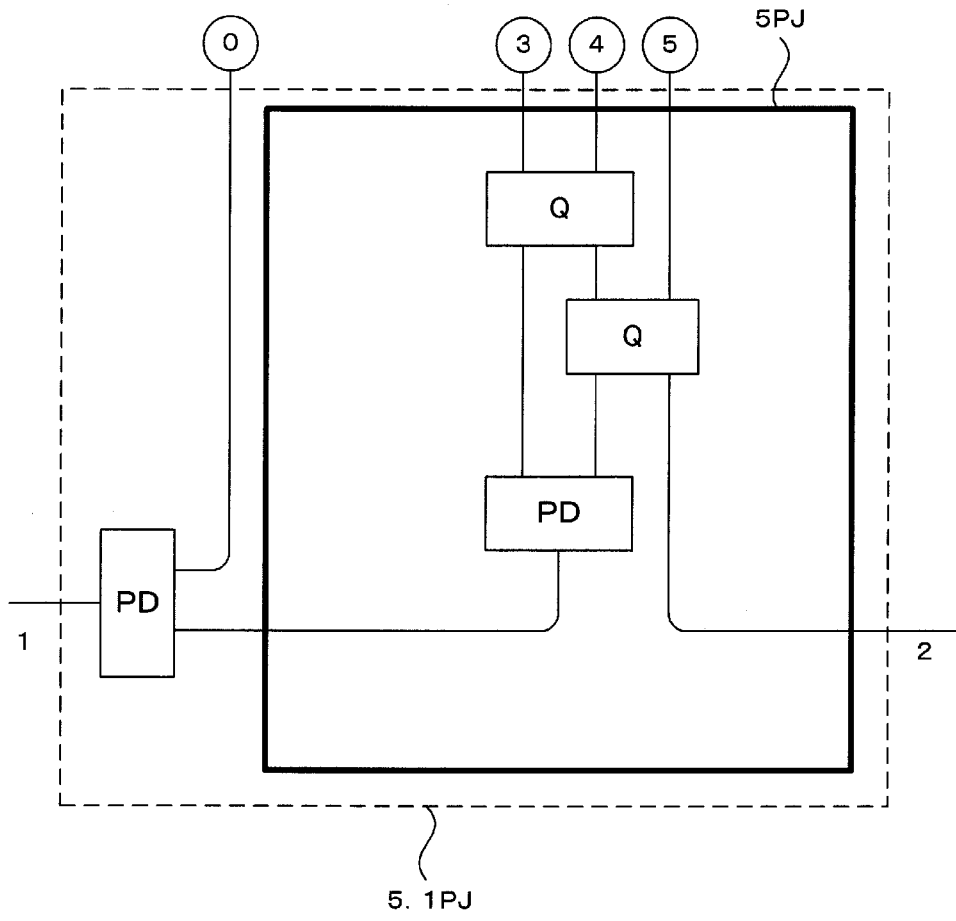
[図12]



[図13]



[図14]



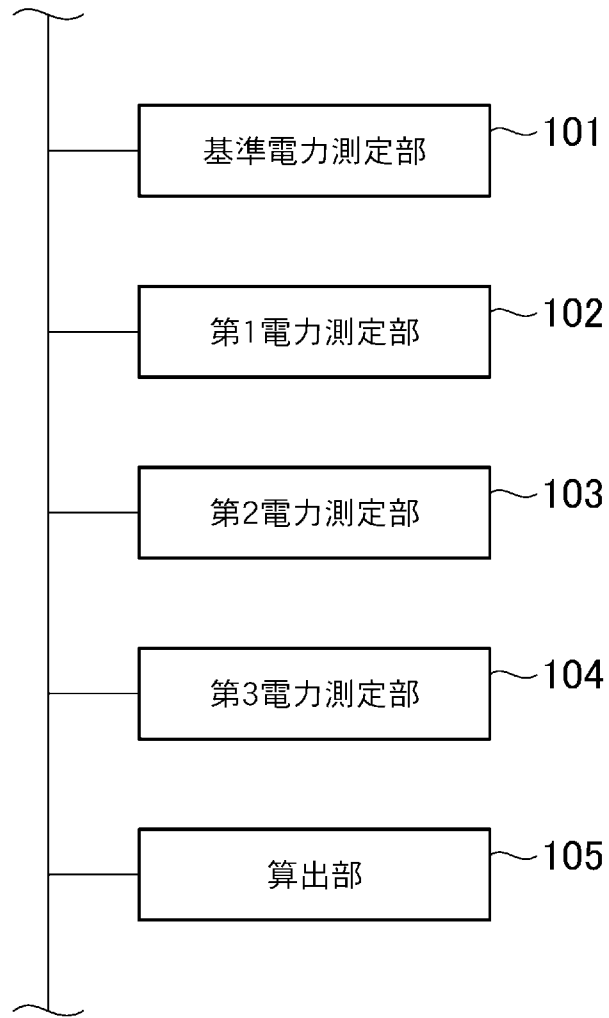
[15]

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \end{array} \right] \\
 & \left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{array} \right] \\
 & \left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \end{array} \right] \\
 & = \left[\begin{array}{l} H_{3,21} \\ H_{4,21} \\ H_{5,21} \end{array} \right] \\
 & \left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \end{array} \right]
 \end{aligned}$$

[16]

$$\begin{bmatrix} H_{3,21} \\ H_{4,21} \\ H_{5,21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right)^2 & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) & \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_3(S_{21,s}[i])}{P_3(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_4(S_{21,s}[i])}{P_4(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_5(S_{21,s}[i])}{P_5(0)} - 1 \right) S_{21,s}[i] \end{bmatrix}$$

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R27/28 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R27/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Kenji HIROSE et al., "Five-Port Based VNA no Teian", Proceedings of the IEICE Conference, vol.2008 Electronics 1, Nippon, IEICE, 2008, page 161	1-7
A	LI et al., The Measurement of Complex Reflection Coefficient by Means of a Five-Port Reflectometer, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1983, Vol.31, No.4, IEEE, p.321-326	1-7
A	CRONSON et al., 'A New Calibration Technique for Automated Broadband Microwave Measurements' In: Microwave Conference, 1976. 6th European, Italy, IEEE, 1976, p.205-209	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 February, 2010 (24.02.10)

Date of mailing of the international search report
09 March, 2010 (09.03.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051394

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GHANNOUCHI et al., The six-port reflectometer and its complete calibration by four standard terminations, <i>Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings H</i> , 1988, Vol.135, No.4, IEE, p.285-288	1-7
A	WO 2008/065791 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 05 June 2008 (05.06.2008), paragraphs [0015] to [0020] & US 2010/0017669 A & WO 2008/066137 A1 & DE 112007002891 T & CN 101542299 A	1-7
A	YAKABE et al., Complete Calibration of a Six-Port Reflectometer with One Sliding Load and One Short, <i>IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques</i> , 1994, Vol.42, NO.11, IEEE, p.2035-2039	1-7
P,A	JP 2009-068932 A (Campus Create Co., Ltd.), 02 April 2009 (02.04.2009), entire text; all drawings & CN 101387671 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01R27/28(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01R27/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	廣瀬 健二, 他4名, 5ポート型VNAの提案, 電子情報通信学会大会講演論文集, Vol.2008 エレクトロニクス1, 日本, IEICE, 2008, p.161	1-7
A	LI et al., The Measurement of Complex Reflection Coefficient by Means of a Five-Port Reflectometer, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1983, Vol.31, No.4, IEEE, p.321-326	1-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.02.2010

国際調査報告の発送日

09.03.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

荒井 誠

2S

3203

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	CRONSON et al., 'A New Calibration Technique for Automated Broadband Microwave Measurements' In: Microwave Conference, 1976. 6th European, Italy, IEEE, 1976, p.205-209	1-7
A	GHANNOUCHI et al., The six-port reflectometer and its complete calibration by four standard terminations, Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings H, 1988, Vol.135, No.4, IEE, p.285-288	1-7
A	WO 2008/065791 A1 (株式会社村田製作所) 2008.06.05, 段落 0015-0020 & US 2010/0017669 A & WO 2008/066137 A1 & DE 112007002891 T & CN 101542299 A	1-7
A	YAKABE et al., Complete Calibration of a Six-Port Reflectometer with One Sliding Load and One Short, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1994, Vol.42, NO.11, IEEE, p.2035-2039	1-7
PA	JP 2009-068932 A (株式会社キャンパスクリエイト) 2009.04.02, 全文, 全図 & CN 101387671 A	1-7