

(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2006-300688

(P2006-300688A)

(43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 R 35/00 GO 1 R 31/28	GO 1 R 35/00 GO 1 R 31/28	J M
(2006.01) (2006.01)		2 G 1 3 2

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-121955 (P2005-121955)	(71) 出願人	399117121 アジレント・テクノロジーズ・インク A G I L E N T T E C H N O L O G I E S, I N C. アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル ト ページ・ミル・ロード 395 3 9 5 P a g e M i l l R o a d P a l o A l t o, C a l i f o r n i a U. S. A.
(22) 出願日	平成17年4月20日 (2005. 4. 20)	(74) 代理人	100105913 弁理士 加藤 公久
		(72) 発明者	酒寄 寛 東京都八王子市高倉町9番1号 アジレン ト・テクノロジー・インターナショナル株 式会社内
			F ターム (参考) 2G132 AA00 AE11 AG08 AL15 AL20

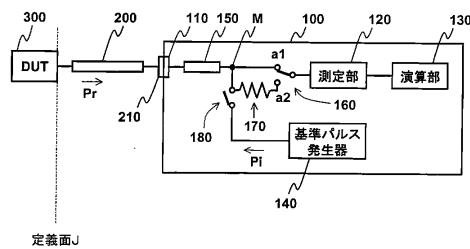
(54) 【発明の名称】校正方法および校正装置

## (57) 【要約】

【課題】1つの基準信号を用いて複数のパラメータを補正できる方法および装置を提供する。

【解決手段】相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、信号伝送路の被測定物側の端を開放し、信号伝送路の測定装置側の端にパルス信号を送出し、送出パルス信号を測定装置側で観測してスペクトラム解析し、信号伝送路の被測定物側の端から反射されるパルス信号を測定装置側で観測してスペクトラム解析し、抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と送出パルス信号のスペクトラムと反射パルス信号のスペクトラムとを参照して信号伝送路の周波数特性または伝搬遅延量を求める。実測定において、求めた周波数特性または伝搬遅延量を用いて、測定値から誤差の影響を取り除く。

【選択図】図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出するステップと、

前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求めるステップと、

を含む方法。

**【請求項 2】**

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、タイミング特性を校正する方法であって、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出するステップと、

前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の伝搬遅延量を求めるステップと、

を含む方法。

**【請求項 3】**

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出するステップと、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求めるステップと、

を含む方法。

**【請求項 4】**

前記反射基準信号または前記反射基準信号のスペクトラムを、前記送出基準信号の振幅値を用いて正規化するステップ、をさらに含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記基準信号がパルス信号であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 6】**

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準パルス信号を送出するステップと、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準パルス信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、

前記反射基準信号のスペクトラムを参照して、前記信号伝送路の相対伝搬遅延量を求めるステップと、

を含む方法。

10

20

30

40

50

**【請求項 7】**

前記抵抗性負荷が短絡であることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

**【請求項 8】**

50

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する信号発生器と、

前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求める手段と、

を備え、

前記周波数特性を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とする装置。

【請求項 9】

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、

前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムと前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数とを参照して、前記信号伝送路の伝搬遅延量を求める手段と、

を備え、

前記伝搬遅延量を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とする装置。

【請求項 10】

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求める手段と、

を備え、

前記周波数特性を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とする装置。

【請求項 11】

前記反射基準信号または前記反射基準信号のスペクトラムを、前記送出基準信号の振幅値を用いて正規化する手段、をさらに備えることを特徴とする請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

前記基準信号がパルス信号であることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 11 のいずれかに記載の装置。

【請求項 13】

相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、

前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、

前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、

前記反射基準信号のスペクトラムを参照して、前記信号伝送路の相対伝搬遅延量を求める手段と、

10

20

30

40

50

る手段と、

を備えることを特徴とする装置。

【請求項 1 4】

前記抵抗性負荷が開放であることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 1 3 のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、測定装置の校正方法および校正装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

測定装置は、被測定物の特性を正確に測るために、測定前に校正が実施される。被測定物の出力信号を測定する装置における校正は、基準信号を定義面に印加して、その基準信号を測定装置側で観測することにより実施される。基準信号源には、校正対象によって様々な信号源が用いられる。例えば、直流精度の校正には、高精度直流電源が用いられる。また、周波数特性の校正には、高精度正弦波信号源が用いられる。さらに、タイミングの校正には、高精度パルス源が用いられる。高精度パルスは、周波数特性の校正にも用いられる（例えば、非特許文献 1 を参照。）。

【0 0 0 3】

ところで、被測定物の端子の形状や配置は様々であるので、測定装置と被測定物との間に、治具またはインターフェースなどを介在させる場合がある。例えば、半導体テスタは、様々な被測定物に対応するため、被測定物とのインターフェースを担うボードと、測定装置本体とで構成される。ボードは、D U T ボード（Device Under Test board）やロードボード（load board）などである。被測定物と測定装置との間の信号経路に起因する測定誤差を取り除くためには、被測定物の端子あるいは該端子の近傍に基準信号を印加しなければならない。しかし、それは技術的に困難である。例えば、被測定物の端子付近に基準信号を印加するためには、被測定物と測定装置との間にスイッチが必要になる。その場合、スイッチが測定誤差の要因となり、しかも、その測定誤差を校正で取り除くことができない。また、半導体テスタにおいて、被測定物の端子付近に基準信号を印加する場合、基準信号はボードを経由することになる。しかし、ボードはユーザに開放されている領域であり、システム製造者が利用することができないので、被測定物の端子付近に基準信号を印加することは、実質的に不可能である。

【0 0 0 4】

なお、T D R 法によれば、被測定物の端子付近に信号を印加することなく、被測定物から測定装置までの信号経路に起因するタイミング誤差を取り除くことができる（例えば、特許文献 1 を参照。）。しかし、T D R 法は、デジタル信号系のタイミング校正にしか利用することができず、アナログ系のタイミングを含む他のパラメータを校正することができない。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開平 11 - 190760 号公報（第 2 頁、図 3）

【非特許文献 1】Kiyo Hiwada and Toshio Tamamura, "Dynamic Test System for High Speed Mixed Signal Devices", Transactions of International Test Conference, 1987, pp.370-375

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

本発明は、1 つの基準信号を用いて複数のパラメータを補正できる方法および装置を提供することを目的とする。また、本発明は、被測定物と測定装置との間の信号伝送線路を含めた、測定装置または測定システム全体の特性を補正できる方法および装置を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

本第一の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、前記信号伝送路の前記測定装置側に基準信号を送出するステップと、前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求めるステップと、を含むことを特徴とするものである。

10

**【0008】**

本第二の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、タイミング特性を校正する方法であって、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、前記信号伝送路の前記測定装置側に基準信号を送出するステップと、前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の伝搬遅延量を求めるステップと、を含むことを特徴とするものである。

20

**【0009】**

本第三の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、前記信号伝送路の前記測定装置側に基準信号を送出するステップと、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求めるステップと、を含むことを特徴とするものである。

**【0010】**

本第四の発明は、本第三の発明において、前記反射基準信号または前記反射基準信号のスペクトラムを、前記送出基準信号の振幅値を用いて正規化するステップ、をさらに含むことを特徴とするものである。

30

**【0011】**

本第五の発明は、本第一の発明乃至本第四の発明のいずれかの方法あって、前記基準信号がパルス信号であることを特徴とするものである。

**【0012】**

本第六の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、周波数特性を校正する方法であって、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に抵抗性負荷を接続するステップと、前記信号伝送路の前記測定装置側に基準パルス信号を送出するステップと、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準パルス信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析するステップと、前記反射基準信号のスペクトラムを参照して、前記信号伝送路の相対伝搬遅延量を求めるステップと、を含むことを特徴とするものである。

40

**【0013】**

本第七の発明は、本第一の発明乃至本第六の発明のいずれかの方法あって、前記抵抗性負荷が短絡であることを特徴とするものである。

**【0014】**

本第八の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する信号発生器と、前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記信

50

号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求める手段と、を備え、前記周波数特性を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とするものである。

#### 【0015】

本第九の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置において、前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、前記送出基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記送出基準信号のスペクトラムと前記反射基準信号のスペクトラムと前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数とを参照して、前記信号伝送路の伝搬遅延量を求める手段と、を備え、前記伝搬遅延量を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とするものである。

#### 【0016】

本第十の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記信号伝送路の前記被測定物側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンスに基づいて得られる係数と前記反射基準信号のスペクトラムとを参照して、前記信号伝送路の周波数特性を求める手段と、を備え、前記周波数特性を参照して、前記信号伝送路に起因する測定誤差を測定結果から除去できるようにしたことを特徴とするものである。

#### 【0017】

本第十一の発明は、本第十の発明において、前記反射基準信号または前記反射基準信号のスペクトラムを、前記送出基準信号の振幅値を用いて正規化する手段、をさらに備えることを特徴とするものである。

#### 【0018】

本第十二の発明は、本第八の発明乃至本十一の発明のいずれかの装置において、前記基準信号がパルス信号であることを特徴とするものである。

#### 【0019】

本第十三の発明は、相反性を有する信号伝送路を介して接続される被測定物の特性を測定する装置であって、前記信号伝送路の前記測定装置側の端に基準信号を送出する手段と、前記信号伝送路の前記被測定物側の端から反射される前記基準信号を前記測定装置側で観測しスペクトラム解析する手段と、前記反射基準信号のスペクトラムを参照して、前記信号伝送路の相対伝搬遅延量を求める手段と、を備えることを特徴とするものである。

#### 【0020】

本第十四の発明は、本第八の発明乃至本十三の発明のいずれかの装置において、前記抵抗性負荷が開放であることを特徴とするものである。

#### 【発明の効果】

#### 【0021】

本発明によれば、1つの基準信号を用いて複数のパラメータを補正できる方法および装置を提供することができる。また、本発明は、被測定物と測定装置との間の信号伝送線路を含めた、測定装置または測定システム全体の特性を補正できる方法および装置を提供することができる。さらに、本発明は、伝搬遅延量をスペクトラムの位相から導出しているので、従来に比べて高精度に伝搬遅延量を求めることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0022】

10

20

30

40

50

本発明の実施の形態を、添付の図面を参照しながら、以下に説明する。ここで、図1を参考する。図1は、本発明の第一の実施形態である測定装置100のブロック図を示す。図1において、測定装置100は、コネクタ110と、測定部120と、演算部130と、基準信号発生器140とを備える。測定部120は、信号を測定する装置である。また、測定部120は、信号波形を観測する機能を有する。演算部130は、測定部120の出力信号に演算処理を施す装置である。基準信号発生器140は、ステップパルスを出力する装置である。基準信号発生器140が無負荷時に出力するパルス信号の振幅をAとする。コネクタ110と測定部120との間には、伝送ライン150がある。伝送ライン150は、測定装置100内で信号を伝送するための線路であって、例えば、ケーブルやストリップラインなどである。伝送ライン150と測定部120との間には、スイッチ160がある。スイッチ160は、測定部120を伝送ライン150に、直接または抵抗器170を介して接続するスイッチである。伝送ライン150と基準信号発生器140との間には、スイッチ180がある。スイッチ180は、伝送ライン150と基準信号発生器140とを選択的に接続するスイッチである。

10

## 【0023】

なお、測定部120の入力インピーダンス、基準信号発生器の出力インピーダンスをZとする。また、コネクタ110、伝送ライン150、スイッチ160、スイッチ180および伝送ライン200の特性インピーダンスも、Zとする。さらに、図内の接続細線は回路に影響ないものとする。例えば、接続細線の物理長および電気長は、他の要素に比べて十分に短いものとする。

20

20

20

## 【0024】

測定装置100は、伝送ライン200を介して被測定物300と接続されている。伝送ライン200は、信号を伝送するための線路であって、例えば、ケーブルやストリップラインなどである。伝送ライン200は、コネクタ210を介して測定装置100のコネクタ210と接続されている。

30

30

30

## 【0025】

次に、図1と図2を参考しながら、測定装置100の校正手順を以下に説明する。本実施形態においては、伝送ライン200と被測定物300とを分離し、定義面Jで校正するものとする。図2は、測定装置100の校正手順を示すフローチャートである。

30

30

30

## 【0026】

まず、ステップS11において、校正のための初期設定を行う。具体的には、スイッチ160をa2側に投じる。また、スイッチ180をオンにする。また、被測定物300は伝送ライン200から切り離しておく。

30

30

30

## 【0027】

次に、ステップS12において、基準信号であるパルス信号Piを基準信号発生器140から送出する。基準信号発生器140に接続される負荷のインピーダンスと基準信号発生器140の出力インピーダンスとの分圧効果により、パルス信号Piの振幅はA/2となる。ここで、パルス信号Piの振幅(A/2)をEiとする。

30

30

30

## 【0028】

パルス信号Piは、基準信号発生器140から送出されると、スイッチ180、抵抗器170を通り、測定部120に至る。また、パルス信号Piは、スイッチ180、伝送ライン150、コネクタ110および210を順に通り、伝送ライン200に到達する。伝送ライン200の被測定物300側の端は開放されている。そのため、パルス信号Piは、伝送ライン200の被測定物300側の端で、極性が変わることなく同振幅で反射される。この反射されたパルス信号をPrとする。ここで、パルス信号Prの振幅をErとする。パルス信号Prは、伝送ライン200、コネクタ210および110、抵抗器170を順に通り、測定部120に至る。

40

40

40

## 【0029】

ここで、図3を参照する。図3は、測定部120の入力において観測される信号波形Xを示す。図3において、縦軸は信号振幅レベルを表し、横軸は時間を表す。時間t2で立

50

50

ち上がるパルスは、パルス信号  $P_i$  である。また、時間  $t_3$  で立ち上がるパルスは、パルス信号  $P_r$  である。パルス信号  $P_i$  の立ち上がり後の平坦部が長いため、パルス信号  $P_r$  はパルス信号  $P_i$  に重畠している。図 3において、時間  $t_2$  と時間  $t_3$ との差は、伝送ライン 200 の電気長と伝送ライン 150 の電気長との和の 2 倍に相当する。以下、図 1、図 2 および図 3 を参照する。

## 【0030】

次に、ステップ S13において、パルス信号  $P_i$  とパルス信号  $P_r$  を含む信号波形 X を測定部 120 により観測する。例えば、測定部 120 は、始点  $t_1$  から終点  $t_4$  の範囲で信号波形 X を標本化しアナログ・ディジタル変換する。標本化周波数は、所望の周波数分解能が得られるように、パルス信号  $P_i$  およびパルス信号  $P_r$  の周波数帯域を十分に上回って設定される。始点  $t_1$  は、時間  $t_2$  よりも前に設定される。また、標本時間、すなわち始点  $t_1$  と終点  $t_4$ との差は、後述するスペクトラム解析で十分な分解能が得られるよう 10 に設定される。変換された信号波形 X は、測定部 120 に蓄積され、後の処理で利用される。なお、変換された信号波形 X は、演算部 130 など他の装置に蓄積されても良い。

## 【0031】

次に、ステップ S14において、蓄積された信号波形 X から、パルス信号  $P_i$  とパルス信号  $P_r$  を個々に抽出し、それぞれのパルス信号をスペクトラム解析する。まず、蓄積された信号波形 X について時間  $t_3$  以降の部分を振幅  $E_i$  に固定した信号波形を  $X_i$  とする。この時に得られる信号波形  $X_i$  を図 4 に示す。この信号波形  $X_i$  は、パルス信号  $P_i$  を表している。次に、蓄積された信号波形 X から DC オフセット  $E_i$  を差し引き、さらに時間  $t_3$  以前の部分を振幅 0 に固定した信号波形を  $X_r$  とする。この時に得られる信号波形  $X_r$  を図 5 に示す。この信号波形  $X_r$  は、パルス信号  $P_r$  を表している。そして、信号波形  $X_i$  および信号波形  $X_r$  のそれぞれのスペクトラムを求める。例えば、信号波形  $X_i$  に 20 対して FFT 处理を施してスペクトラム  $S_i$  を得る。また、信号波形  $X_r$  に FFT 处理を施してスペクトラム  $S_r$  を得る。

## 【0032】

次に、ステップ S15において、点 M と定義面 J との間の信号伝送路 F の周波数特性を求める。信号伝送路 F の周波数特性は、信号伝送路 F が相反性を有していれば、スペクトラム  $S_i$  とスペクトラム  $S_r$  とのベクトル比から求めることができる。なお、信号伝送路 F は、信号を伝送する全要素を含む。従って、本実施形態において、信号伝送路 F は、伝送ライン 150 および 200 のみならず、コネクタ 110 および 210 をも含む。本実施形態において、信号伝送路 F は相反性を有するものとする。また、周波数特性は、周波数 - 振幅特性と周波数 - 位相特性の両方である。以下、周波数 - 振幅特性を単に振幅特性とも称する。また、周波数 - 位相特性を単に位相特性とも称する。

## 【0033】

さて、信号伝送路 F の被測定物 300 側の端（定義面 J）に抵抗性負荷を接続する時、振幅特性  $|H(\omega)|$  および位相特性  $\phi(\omega)$  は次式で得られる。なお、抵抗性負荷は、時間に関係なく常に一定の反射をもたらすことができる。抵抗性負荷の例としては、開放（本実施形態）、短絡、抵抗器などがある。

## 【0034】

## 【数 1】

$$|H(\omega)| = \sqrt{k \frac{S_r(\omega)}{S_i(\omega)}} \quad (1)$$

10

20

30

40

## 【数2】

$$\phi(\omega) = \frac{1}{2} \left[ \arg \left( \frac{\text{Sr}(\omega)}{\text{Si}(\omega)} \right) \right] \quad (2)$$

## 【数3】

$$k = \frac{Z_L + Z_o}{Z_L - Z_o} \quad (3)$$

10

## 【0035】

ここで、 $\arg(\cdot)$ は、括弧内の値の偏角(rad)を求める関数である。位相変動量が大きい場合、 $\arg(\cdot)$ は、アンラップされた位相を出力することが望ましい。また、 $Z_o$ は、信号伝送路Fの特性インピーダンスである。さらに、 $Z_L$ は、信号伝送路Fの被測定物300側の端に接続される抵抗性負荷のインピーダンス(抵抗値または特性インピーダンス)である。本実施形態において、 $Z_L$ は無限大であるので、kは1になる。なお、上式において、スペクトラムSrおよびスペクトラムSiは、ベクトル値である。

20

## 【0036】

上式によって得られる振幅特性 $|H(\cdot)|$ および位相特性 $(\cdot)$ は、実測定まで保存される。信号伝送路Fの伝搬遅延量を求めない場合には、ステップS17へ進み、処理を終了する。

20

## 【0037】

次に、ステップS16において、位相特性 $(\cdot)$ から信号伝送路Fの伝搬遅延量 $td(\cdot)$ を求める。伝搬遅延量 $td(\cdot)$ は、次式で求められる。下式によって得られる伝搬遅延量 $td(\cdot)$ は、実測定まで保存される。

## 【0038】

## 【数4】

30

$$td(\omega) = -\frac{d\phi}{d\omega} \quad (4)$$

## 【0039】

最後にステップS17において、測定のための設定を行う。具体的には、スイッチ160をa1に投じる。また、スイッチ180をオフにする。そして、被測定物300を伝送ライン200に接続する。なお、本ステップは、必要に応じて実施される。例えば、校正をやり直す場合には、本ステップを実施せずとも良い。

40

## 【0040】

上記の手順によって得られた周波数・振幅特性、周波数・位相特性および伝搬遅延量は、実測定において信号伝送路Fが測定結果に及ぼす影響を測定結果から除去する際に参照される。

## 【0041】

ところで、パルス信号Piを高精度なステップパルスと見なせる場合、上記とは異なる方法で、周波数・振幅特性、周波数・位相特性を求めることができる。その方法を、第二の実施形態として、以下に説明する。なお、高精度なステップパルスとは、パルスの遷移時間が被校正対象物のパルス応答に比べて十分に短く、平坦部にはサグ(sag)がなく、リングイン(ginging)やオーバーシュート(overshoot)が小さいパルスである。

## 【0042】

50

ここで、図1と図6を参照する。第二の実施形態では、以下の手順により測定装置100が校正される。第二の実施形態は、第一の実施形態と同様に、定義面Jで校正するものとする。なお、図6は、測定装置100の別の校正手順を示すフローチャートである。

#### 【0043】

まず、ステップS21において、校正のための初期設定を行う。そして次に、ステップS22において、基準信号であるパルス信号Piを基準信号発生器140から送出する。ステップS21およびステップS22のそれぞれは、図2のステップS11およびステップS12のそれぞれと同じであるので、個々の詳細説明は省略する。

#### 【0044】

ここで、図7を参照する。図7は、測定部120の入力において観測される信号波形Xを示す。信号波形Xは、図3に示すものと同じである。図7において、縦軸は信号振幅レベルを表し、横軸は時間を表す。以下、図1、図6および図7を参照する。

#### 【0045】

次に、ステップS23において、パルス信号Prを含む信号波形Xを測定部120により観測する。例えば、測定部120は、始点t6から終点t7の範囲で信号波形Xを標本化しアナログ・デジタル変換する。標本化周波数は、所望の周波数分解能が得られるよう、パルス信号Prの周波数帯域を十分に上回って設定される。始点t6は、時間t4よりも前に設定される。また、標本時間、すなわち始点t6と終点t7との差は、後述するスペクトラム解析で十分な分解能が得られるように設定される。変換された信号波形Xpは、測定部120に蓄積され、後の処理で利用される。なお、変換された信号波形Xpは、演算部130など他の装置に蓄積されても良い。

#### 【0046】

次に、ステップS24において、蓄積された信号波形Xpを、パルス信号Piの振幅値で正規化する。パルス信号Piの振幅値は、実際に測定されても良いし、理論値を用いても良い。なお、正規化は、後述のスペクトラム解析の後に実施されても良い。なお、本ステップは、必要に応じて実施される。例えば、3dB帯域幅のみを求めたい場合などは、本ステップを実施せずとも良い。

#### 【0047】

次に、ステップS25において、蓄積された信号波形Xpをスペクトラム解析する。まず、信号波形XpからDCオフセットEiを差し引き、さらに時間微分して信号波形Xd(不図示)を得る。そして、信号波形Xdのスペクトラムを求める。例えば、信号波形XdにFFT処理を施してスペクトラムSdを得る。

#### 【0048】

次に、ステップS26において、点Mと定義面Jとの間の信号伝送路Fの周波数特性を求める。なお、周波数特性は、周波数-振幅特性と周波数-位相特性の両方である。また、信号伝送路Fは、信号を伝送する全要素を含む。従って、本実施形態において、信号伝送路Fは、伝送ライン150および200のみならず、コネクタ110および210をも含む。

#### 【0049】

さて、信号伝送路Fは相反性を有し、信号伝送路Fの被測定物300側の端(定義面J)に抵抗性負荷を接続する時、振幅特性|H( )|および位相特性( )は次式で得られる。なお、抵抗性負荷は、既述のとおりである。

#### 【0050】

#### 【数5】

$$|\mathbf{H}(\omega)| = \sqrt{k \cdot \mathbf{Sd}(\omega)} \quad (5)$$

## 【数6】

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{2} \arg [Sd(\omega)] \quad (6)$$

## 【数7】

$$k = \frac{Z_L + Z_o}{Z_L - Z_o} \quad (7)$$

10

## 【0051】

ここで、 $\arg(\cdot)$ 、 $Z_o$ 、 $Z_L$  および  $k$  は、既述のとおりである。なお、上式において、スペクトラム  $Sd$  は、ベクトル値である。

## 【0052】

上式によって得られる振幅特性  $|H(\cdot)|$  および位相特性  $(\cdot)$  は、実測定まで保存される。

## 【0053】

最後にステップ S27において、測定のための設定を行う。具体的には、スイッチ 160 を a1 に投じる。また、スイッチ 180 をオフにする。なお、本ステップは、必要に応じて実施される。例えば、校正をやり直す場合には、本ステップを実施する必要がない。

20

## 【0054】

上記の手順によって得られた周波数 - 振幅特性、および、周波数 - 位相特性は、実測定において信号伝送路 F が測定結果に及ぼす影響を測定結果から除去する際に参照される。

## 【0055】

これまでに説明した実施形態のそれぞれは、以下のように変形することができる。例えば、本第一の実施形態において、パルス信号  $P_i$  は  $t_1 - t_4$  間でのみステップパルスと見なすことができれば良く、パルス信号  $P_i$  が完全なステップパルスであることを必要としない。また、本第一の実施形態において、パルス信号  $P_i$  は校正すべき周波数帯域において成分を含む信号であれば良く、パルス信号  $P_i$  がステップパルスであることを必要としない。例えば、本第一の実施形態において、パルス信号  $P_i$  はマルチキャリア信号であっても良い。さらに、本第二の実施形態において、パルス信号  $P_i$  は  $t_6 - t_7$  間でのみステップパルスと見なすことができれば良く、パルス信号  $P_i$  が完全なステップパルスであることを必要としない。

30

## 【0056】

また、上記の 2 つの実施形態において、送信するステップパルスは、標本期間ににおいて、ステップパルスであれば良いので、幾つかの変形が可能である。例えば、ステップパルスは、立ち上がり後の平坦部が有限長であっても良い。また、ステップパルスは、繰り返しパルスであっても良い。

40

## 【0057】

さらに、上記の 2 つの実施形態において、測定部 120 は、理想的な特性を有するものと仮定している。しかし、実際には、測定部 120 も誤差要因を含んでいる場合がある。これを取り除くためには、測定部 120 の校正を追加で実施すれば良い。測定部 120 の校正是、測定部 120 が実際に受信するパルス信号  $P_i$  と基準信号発生器 140 が送出するパルス信号の理想波形について、スペクトラム比較を実施すれば良い。スペクトラム比較の結果から、第一の実施形態や第二の実施形態で示した解析手法を用いることにより、測定部 120 の周波数特性などを求めることができる。なお、測定部 120 の校正は、信号伝送路の校正の前で実施されても良いし、信号伝送路の校正の後で実施されても良い。

## 【実施例1】

50

**【0058】**

上記の第一の実施形態において説明された校正方法を用いることにより、複数の測定装置のそれぞれに接続される信号伝送路間のスキーを調整することができる。

**【0059】**

本発明の実施例を、添付の図面を参照しながら、以下に説明する。ここで、図8を参照する。図8は、本発明の第一の実施例である測定装置400のブロック図を示す。図8において、測定装置400は、図1に示す測定装置100を含んでいる。従って、図1と同一の参考番号を有する構成要素について詳細説明を省略する。

**【0060】**

さて、図8において、測定装置400は、コネクタ111と、測定部121と、演算部131とをさらに備える。測定部121は、信号を測定する装置である。また、測定部121は、信号波形を観測する機能を有する。演算部131は、測定部121の出力信号に演算処理を施す装置であって、測定部121に接続されている。コネクタ111と測定部121との間には、伝送ライン151がある。伝送ライン151は、信号を伝送するための線路であって、例えば、ケーブルやストリップラインなどである。伝送ライン151と測定部121との間には、スイッチ161がある。スイッチ161は、測定部121を伝送ライン151に、直接または抵抗器171を介して接続するスイッチである。伝送ライン151と基準信号発生器140との間には、スイッチ181がある。スイッチ181は、伝送ライン151と基準信号発生器140とを選択的に接続するスイッチである。

**【0061】**

なお、測定部121の入力インピーダンス、基準信号発生器の出力インピーダンスをZとする。また、コネクタ111、伝送ライン151、スイッチ161、スイッチ181および伝送ライン201の特性インピーダンスも、Zとする。さらに、図内の接続細線は回路に影響ないものとする。例えば、接続細線の物理長および電気長は、回路内の他の要素に比べて十分に短いものとする。

**【0062】**

測定装置400は、伝送ライン201を介して被測定物301と接続されている。伝送ライン201は、信号を伝送するための線路であって、例えば、ケーブルやストリップラインなどである。伝送ライン201は、コネクタ211を介して測定装置400のコネクタ211と接続されている。

**【0063】**

第一の実施例では、以下の手順によりスキーが調整される。まず、被測定物300に代えて抵抗性負荷を接続し、スイッチ160をa2側に投じ、スイッチ180をオンする。そして、基準信号発生器140でパルス信号を送出し、測定部120で送出および反射パルスを観測する。その観測した波形に基づいて、点Mと定義面Jとの間の信号伝送路Fの伝搬遅延量を演算部130で求める。次に、被測定物301に代えて抵抗性負荷を接続し、スイッチ161をa2側に投じ、スイッチ180をオフし、スイッチ181をオンする。そして、基準信号発生器140でパルス信号を送出し、測定部121で送出および反射パルスを観測する。その観測した波形に基づいて、点Nと定義面Jとの間の信号伝送路Fの伝搬遅延量を演算部130で求める。以上の手順で求められた、2つの伝搬遅延量の差が信号伝送路間のスキーとなる。このスキーの補正は、例えば、信号伝送路に遅延成分を付加するか、測定後の処理により仮想的に遅延成分を付加することにより実施される。

**【実施例2】****【0064】**

また、上記の第二の実施形態において説明された校正方法を用いることにより、複数の測定装置のそれぞれに接続される信号伝送路間のスキーを調整することもできる。この場合のスキー調整手順は、上記の第一の実施例と基本的には同じである。異なる点は、信号観測にある。本第二の実施例では、反射信号の観測開始点を揃える必要がある。つまり、基準信号発生器140から送出されるパルスに対する観測開始点の(相対)時間位置

10

20

30

40

50

を同じにする必要がある。このようにして観測されスペクトラム解析することにより、各信号伝送路に関する位相特性が得られる。この位相特性について、時間微分を施すと、観測開始点を基準時間点とする相対的な伝搬遅延量が得られる。この伝搬遅延量を比較することにより、信号伝送路間のスキー量が明らかになる。補正の手法については、既述の通りである。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の第一の実施形態である測定装置100を示すブロック図である。

【図2】本発明の第一の実施形態における校正手順を示すフロー・チャートである。

【図3】信号波形Xを示す図である。

10

【図4】信号波形X<sub>i</sub>を示す図である。

【図5】信号波形X<sub>r</sub>を示す図である。

【図6】本発明の第二の実施形態における校正手順を示すフロー・チャートである。

【図7】信号波形Xを示す図である。

【図8】実施例1である測定装置400のブロック図を示す図である。

【符号の説明】

【0066】

100, 400 測定装置

110, 111, 210, 211 コネクタ

20

120, 121 測定部

130, 131 演算部

140 基準信号発生器

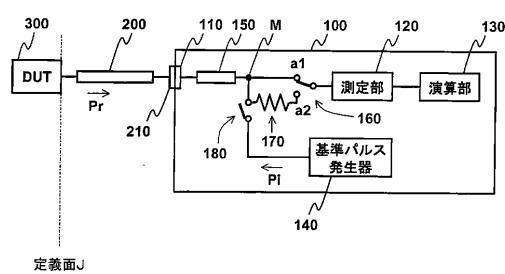
150, 151, 200, 201 伝送ライン

160, 161, 180, 181 スイッチ

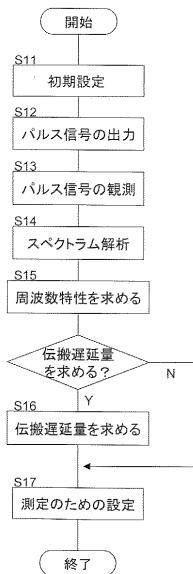
170, 171 抵抗器

300, 301 被測定物

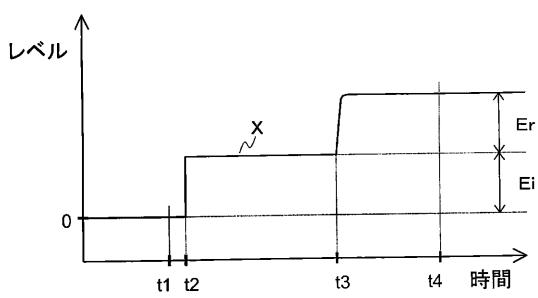
【図1】



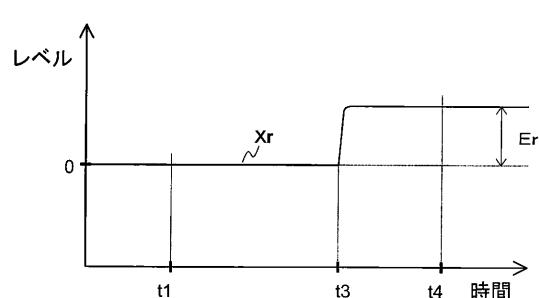
【図2】



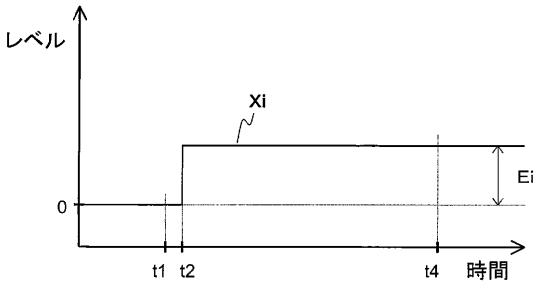
【図3】



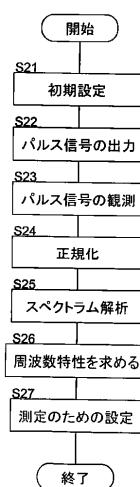
【図5】



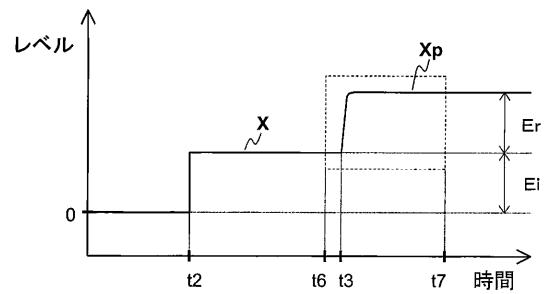
【図4】



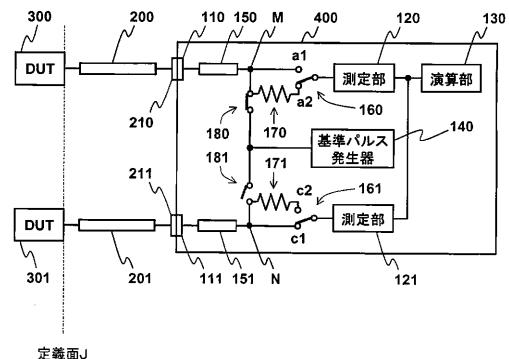
【図6】



【図7】



【図8】



定義面J