

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

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
(22) 出願日	平成17年4月20日 (2005. 4. 20)		アジレント・テクノロジーズ・インク
			AGILENT TECHNOLOGIES, INC.
			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
			395 Page Mill Road
			Palo Alto, California
			U. S. A.
		(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

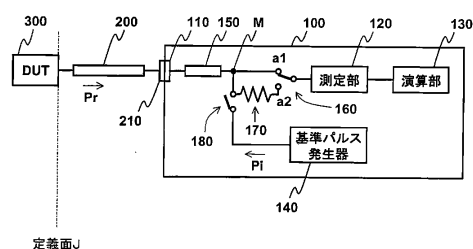
(54) 【発明の名称】 校正方法および校正装置

(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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

る手段と、
を備えることを特徴とする装置。

【請求項 14】

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 13 のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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】

【0002】

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。）。

【0003】

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、半導体テストは、様々な被測定物に対応するため、被測定物とのインタ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、DUT 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、半導体テストにおいて、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。

【0004】

なお、TDR 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、TDR 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。

【0005】

【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】

【0006】

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であって、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であって、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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

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 を参照する。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

【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。

【0025】

次に、図 1 と図 2 を参照しながら、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。

【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 a 2 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

【0027】

次に、ステップ S12 において、基準信号であるパルス信号 P_i 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 P_i の振幅は $A/2$ となる。ここで、パルス信号 P_i の振幅 ($A/2$) を E_i とする。

【0028】

パルス信号 P_i 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 P_i 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 P_i 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 P_r とする。ここで、パルス信号 P_r の振幅を E_r とする。パルス信号 P_r 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

【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 t_2 で立

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 に重畳している。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

10

【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 に対して FFT 処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 処理を施してスペクトラム S_r を得る。

20

【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。

30

【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 $\angle H(\omega)$ 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】

40

【数 1】

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

【数 2】

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

【数 3】

$$k = \frac{Z_L + Z_0}{Z_L - Z_0} \quad (3)$$

10

【0035】

ここで、 $\arg(\quad)$ 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、 $\arg(\quad)$ 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_0 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 $|H(\quad)|$ および位相特性 (\quad) 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。

【0037】

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

【0038】

【数 4】

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

30

【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。

【0040】

40

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、リングング (ringing) やオーバシュート (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 1 0 0 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 1 0 0 の別の校正手順を示すフローチャートである。

【 0 0 4 3 】

まず、ステップ S 2 1 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 S 2 2 において、基準信号であるパルス信号 P i を基準信号発生器 1 4 0 から送出する。ステップ S 2 1 およびステップ S 2 2 のそれぞれは、図 2 のステップ S 1 1 およびステップ S 1 2 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。

【 0 0 4 4 】

ここで、図 7 を参照する。図 7 は、測定部 1 2 0 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。

【 0 0 4 5 】

次に、ステップ S 2 3 において、パルス信号 P r を含む信号波形 X を測定部 1 2 0 により観測する。例えば、測定部 1 2 0 は、始点 t 6 から終点 t 7 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に、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 6 は、時間 t 4 よりも前に設定される。また、標本時間、すなわち始点 t 6 と終点 t 7 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 X p は、測定部 1 2 0 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 p は、演算部 1 3 0 など他の装置に蓄積されても良い。

【 0 0 4 6 】

次に、ステップ S 2 4 において、蓄積された信号波形 X p を、パルス信号 P i の振幅値で正規化する。パルス信号 P i 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、3 d B 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。

【 0 0 4 7 】

次に、ステップ S 2 5 において、蓄積された信号波形 X p をスペクトラム解析する。まず、信号波形 X p から D C オフセット E i を差し引き、さらに時間微分して信号波形 X d (不図示)を得る。そして、信号波形 X d のスペクトラムを求める。例えば、信号波形 X d に F F T 処理を施してスペクトラム S d を得る。

【 0 0 4 8 】

次に、ステップ S 2 6 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 1 5 0 および 2 0 0 のみならず、コネクタ 1 1 0 および 2 1 0 をも含む。

【 0 0 4 9 】

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 3 0 0 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 $\angle H(\omega)$ 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。

【 0 0 5 0 】

【数 5】

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

【数 6】

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

【数 7】

$$k = \frac{Z_L + Z_0}{Z_L - Z_0} \quad (7)$$

10

【0051】

ここで、 $\arg(\quad)$ 、 Z_0 、 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 $|H(\quad)|$ および位相特性 (\quad) 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。

【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 の校正は、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とについて、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。

40

【実施例 1】

50

【 0 0 5 8 】

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ューを調整することができる。

【 0 0 5 9 】

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 4 0 0 のブロック図を示す。図 8 において、測定装置 4 0 0 は、図 1 に示す測定装置 1 0 0 を含んでいる。従って、図 1 と同一の参照番号を有する構成要素について詳細説明を省略する。

【 0 0 6 0 】

さて、図 8 において、測定装置 4 0 0 は、コネクタ 1 1 1 と、測定部 1 2 1 と、演算部 1 3 1 とをさらに備える。測定部 1 2 1 は、信号を測定する装置である。また、測定部 1 2 1 は、信号波形を観測する機能を有する。演算部 1 3 1 は、測定部 1 2 1 の出力信号に演算処理を施す装置であって、測定部 1 2 1 に接続されている。コネクタ 1 1 1 と測定部 1 2 1 との間には、伝送ライン 1 5 1 がある。伝送ライン 1 5 1 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 1 5 1 と測定部 1 2 1 との間には、スイッチ 1 6 1 がある。スイッチ 1 6 1 は、測定部 1 2 1 を伝送ライン 1 5 1 に、直接または抵抗器 1 7 1 を介して接続するスイッチである。伝送ライン 1 5 1 と基準信号発生器 1 4 0 との間には、スイッチ 1 8 1 がある。スイッチ 1 8 1 は、伝送ライン 1 5 1 と基準信号発生器 1 4 0 とを選択的に接続するスイッチである。

【 0 0 6 1 】

なお、測定部 1 2 1 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 1 1 1、伝送ライン 1 5 1、スイッチ 1 6 1、スイッチ 1 8 1 および伝送ライン 2 0 1 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。

【 0 0 6 2 】

測定装置 4 0 0 は、伝送ライン 2 0 1 を介して被測定物 3 0 1 と接続されている。伝送ライン 2 0 1 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 2 0 1 は、コネクタ 2 1 1 を介して測定装置 4 0 0 のコネクタ 2 1 1 と接続されている。

【 0 0 6 3 】

第一の実施例では、以下の手順によりスキューが調整される。まず、被測定物 3 0 0 に代えて抵抗性負荷を接続し、スイッチ 1 6 0 を a 2 側に投げ、スイッチ 1 8 0 をオンする。そして、基準信号発生器 1 4 0 でパルス信号を送出し、測定部 1 2 0 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 1 3 0 で求める。次に、被測定物 3 0 1 に代えて抵抗性負荷を接続し、スイッチ 1 6 1 を a 2 側に投げ、スイッチ 1 8 0 をオフし、スイッチ 1 8 1 をオンする。そして、基準信号発生器 1 4 0 でパルス信号を送出し、測定部 1 2 1 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 1 3 0 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ューとなる。このスキューの補正は、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 】

【 0 0 6 4 】

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ューを調整することもできる。この場合のスキュー調整手順は、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 1 4 0 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ュ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_iを示す図である。

【図5】信号波形X_r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

120, 121 測定部

20

130, 131 演算部

140 基準信号発生器

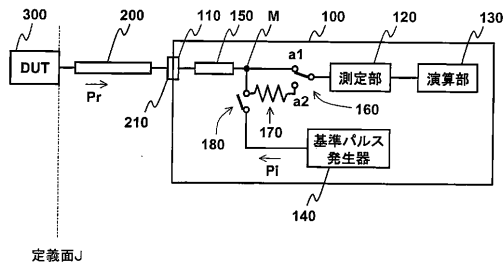
150, 151, 200, 201 伝送ライン

160, 161, 180, 181 スイッチ

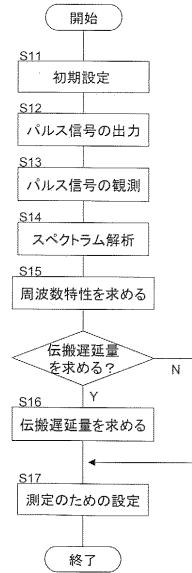
170, 171 抵抗器

300, 301 被測定物

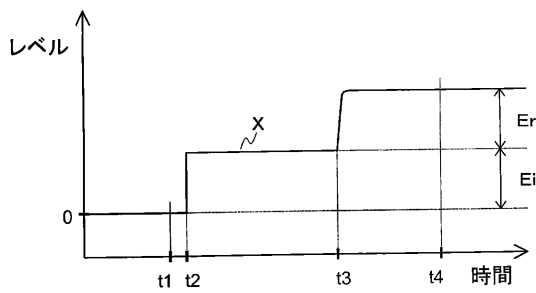
【図 1】



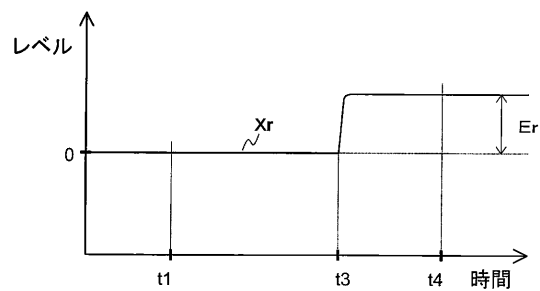
【図 2】



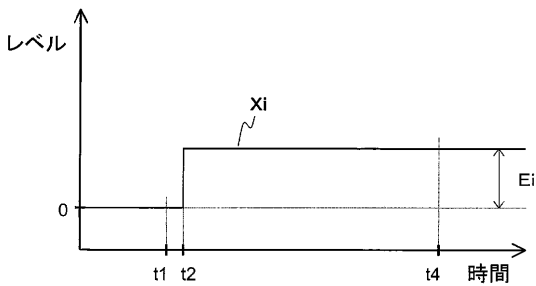
【図 3】



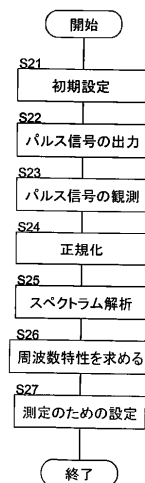
【図 5】



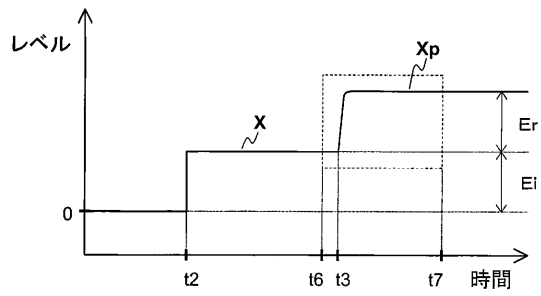
【図 4】



【図 6】



【圖 7】



【 図 8 】

