

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6935370号
(P6935370)

(45) 発行日 令和3年9月15日(2021.9.15)

(24) 登録日 令和3年8月27日(2021.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	
HO4B 17/21 (2015.01)	HO4B 17/21	
HO3H 17/00 (2006.01)	HO3H 17/00	601C
HO3H 17/06 (2006.01)	HO3H 17/06	635C
GO1R 23/18 (2006.01)	GO1R 23/18	
HO4B 3/46 (2015.01)	HO4B 3/46	

請求項の数 2 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-138289 (P2018-138289)	(73) 特許権者	000000572 アンリツ株式会社 神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
(22) 出願日	平成30年7月24日(2018.7.24)	(74) 代理人	100067323 弁理士 西村 敦光
(65) 公開番号	特開2020-17814 (P2020-17814A)	(74) 代理人	100124268 弁理士 鈴木 典行
(43) 公開日	令和2年1月30日(2020.1.30)	(72) 発明者	岩井 達也 神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内
審査請求日	令和1年7月24日(2019.7.24)	(72) 発明者	大沼 弘季 神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内
		審査官	対馬 英明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号発生装置および該装置を用いた周波数特性表示方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタル信号の伝送規格に対応した被測定物を試験するために、所望のロス値を与えた信号を発生させる信号発生装置(1)であって、

前記所望のロス値として前記デジタル信号の伝送規格に基づく信号であって、かつ、実際に模擬する前記被測定物の周波数特性を入力データとし、前記入力データの周波数特性の逆特性から前記被測定物の伝達関数の逆特性を算出する逆特性算出手段(2)と、

前記逆特性算出手段にて算出した前記被測定物の伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出する逆フーリエ変換手段(3)と、

前記逆フーリエ変換手段にて算出した前記インパルス応答から所定タップ数分のポイント

10

を切り出すインパルス応答切出手段(4)と、

前記インパルス応答切出手段にて前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて周波数特性を算出する周波数特性算出手段(8)と、

前記周波数特性算出手段にて算出した周波数特性と前記被測定物のSパラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性とを表示画面(10a)上に識別表示する表示制御手段(9)とを備えたことを特徴とする信号発生装置。

【請求項2】

デジタル信号の伝送規格に対応した被測定物を試験するために、所望のロス値を与えた信号を発生させる信号発生装置(1)を用いた周波数特性表示方法であって、

前記所望のロス値として前記デジタル信号の伝送規格に基づく信号であって、かつ、実

20

際に模擬する前記被測定物の周波数特性を入力データとし、前記入力データの周波数特性の逆特性から前記被測定物の伝達関数の逆特性を算出するステップと、

前記被測定物の伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出するステップと、

前記インパルス応答から所定タップ数分のポイントを切り出すステップと、

前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて周波数特性を算出するステップと、

前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて算出した周波数特性と前記被測定物のSパラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性とを表示画面(10a)上に識別表示するステップとを含むことを特徴とする信号発生装置を用いた周波数特性表示方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタル信号の伝送規格に対応したデバイス(DUT:被測定物)を試験するために、所望のロス値を与えた信号を発生させる信号発生装置および該装置を用いた周波数特性表示方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば下記特許文献1に開示されるように、誤り率測定装置は、光電変換部品等の被測定物に固定データを含むテスト信号を送信し、被測定物を介して入力される被測定信号と基準となる参照信号とをビット単位で比較してビット誤り率(BER:Bit Error Rate)を測定する装置として従来から知られている。

20

【0003】

ところで、この種の誤り率測定装置の被測定物として、例えばPCIe Gen4.0、USB3.0/3.1、Thunderboltなどのデジタル信号の伝送規格に対応したデバイスにおいては、伝送規格毎のテストボード(Test Board)の特性を評価するため、テストボードへの入力に規定の伝送線路損失を模擬したテストフィクスチャであるISIキャリブレーションチャネル(Calibration Channel:校正チャネル)を導入する必要がある。

30

【0004】

しかしながら、ISIキャリブレーションチャネルの損失量は伝送規格により様々である。このため、ユーザは伝送規格毎のテストボードとは別に伝送規格に合致したISIキャリブレーションチャネルのロスボードを用意する必要があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-274474号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

ところで、FIR(Finite impulse response:有限インパルス応答)フィルタでISIキャリブレーションチャネルの周波数特性を模擬する場合、FIRフィルタのタップ数が理想的な周波数特性からのズレに影響し、タップ数が少なくなればなるほど理想的な周波数特性からのズレ量が大きくなる。また、FIRフィルタはタップ数が少ないと急峻な周波数特性を模擬することができないため、模擬する周波数特性によっては再現しきれない場合がある。

【0007】

このように、FIRフィルタで周波数特性を模擬する以上、模擬できる限界があるにも関わらず、その指標がユーザには見えず視認することができなかつた。このため、正しく

50

周波数特性を模擬できているか否かをユーザ自身が判断できなかった。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであって、FIRフィルタによる波形の再現度合いを視覚化することができる信号発生装置および該装置を用いた周波数特性表示方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するため、本発明の請求項1に記載された信号発生装置は、デジタル信号の伝送規格に対応した被測定物を試験するために、所望のロス値を与えた信号を発生させる信号発生装置1であって、

10

前記所望のロス値として前記デジタル信号の伝送規格に基づく信号であって、かつ、実際に模擬する前記被測定物の周波数特性を入力データとし、前記入力データの周波数特性の逆特性から前記被測定物の伝達関数の逆特性を算出する逆特性算出手段2と、

前記逆特性算出手段にて算出した前記被測定物の伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出する逆フーリエ変換手段3と、

前記逆フーリエ変換手段にて算出した前記インパルス応答から所定タップ数分のポイントを切り出すインパルス応答切出手段4と、

前記インパルス応答切出手段にて前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて周波数特性を算出する周波数特性算出手段8と、

前記周波数特性算出手段にて算出した周波数特性と前記被測定物のSパラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性とを表示画面10a上に識別表示する表示制御手段9とを備えたことを特徴とする。

20

【 0 0 1 0 】

請求項2に記載された信号発生装置を用いた周波数特性表示方法は、デジタル信号の伝送規格に対応した被測定物を試験するために、所望のロス値を与えた信号を発生させる信号発生装置1を用いた周波数特性表示方法であって、

前記所望のロス値として前記デジタル信号の伝送規格に基づく信号であって、かつ、実際に模擬する前記被測定物の周波数特性を入力データとし、前記入力データの周波数特性の逆特性から前記被測定物の伝達関数の逆特性を算出するステップと、

前記被測定物の伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出するステップと、

30

前記インパルス応答から所定タップ数分のポイントを切り出すステップと、

前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて周波数特性を算出するステップと、

前記インパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値に基づいて算出した周波数特性と前記被測定物のSパラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性とを表示画面10a上に識別表示するステップとを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、FIRフィルタによる波形の再現度合いを視覚化することができ、正しく周波数特性を模擬できているか否かをユーザが表示を見て直接判断することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】本発明に係る信号発生装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明に用いられるFIRフィルタの構成例を示す図である。

【図3】本発明に係る信号発生装置を用いた周波数特性表示方法のフローチャートである。

【図4】FIRフィルタによる波形の再現が可能な状態の表示例を示す図である。

【図5】FIRフィルタによる波形の再現が不可能な状態の表示例を示す図である。

50

【図6】本発明に係る信号発生装置を用いたISI信号の発生方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための形態について、添付した図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

本発明に係る信号発生装置は、デジタル信号の伝送規格に対応したデバイス(DUT:被測定物)を試験するために、デジタル信号の伝送規格に基づく所望のロス値(損失量)によるISI(InterSymbol Interference:符号間干渉)を印加した信号(以下、ISI信号という)を発生するものである。なお、本発明が適用されるデジタル信号の伝送規格には、例えばPCIe Gen4.0、USB3.0/3.1、Thunderboltなどがある。

10

【0015】

図1に示すように、本実施の形態の信号発生装置1は、理想的な周波数特性と実際に模擬する周波数特性とをユーザが一目で分かるプラットフォームを提供するため、逆特性算出手段2、逆フーリエ変換手段3、インパルス応答切出手段4、タップ係数算出手段5、信号発生手段6、記憶手段7、周波数特性算出手段8、表示制御手段9、表示手段10を備えて概略構成される。

【0016】

20

逆特性算出手段2は、デジタル信号の伝送規格に基づく信号であって、実際に模擬するデバイス(被測定物)の周波数特性を入力データとし、この入力データの周波数特性の逆特性から伝達関数及びその逆特性を算出する。

【0017】

逆フーリエ変換手段3は、逆特性算出手段2にて実際に模擬する周波数特性の逆特性から算出された伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換し、複数のポイントからなるインパルス応答を算出する。

【0018】

インパルス応答切出手段4は、逆フーリエ変換手段3にて求めたインパルス応答の振幅のピークを基準として所望の範囲のタップ数分(例えば10タップ分:6post 3pre)のポイントをインパルス応答から切り出す。

30

【0019】

上記インパルス応答から切り出した値(タップ値)は、テストボードへの入力波形を歪ませる後述するFIRフィルタ6aのフィルタ係数となり、タップ係数を求めるのに使用される。

【0020】

タップ係数算出手段5は、インパルス応答切出手段4にてインパルス応答から切り出したポイントが有する値を用い、後述するFIRフィルタ6aのMainのタップを基準として、そこからのゲイン/損失の割合を求めてタップ係数を算出する。

【0021】

40

信号発生手段6は、FIRフィルタ6aを含んで構成され、タップ係数算出手段5にて算出したタップ係数をFIRフィルタ6aに設定し、テストボードへの入力波形を歪ませる所望の伝送規格に応じた周波数特性のISI信号を発生する。

【0022】

FIRフィルタ6aは、例えば10タップの場合、図2に示すように、D型フリップフロップなどの10個の遅延回路21(21a, 21b, 21c, 21d, 21e, 21f, 21g, 21h, 21i, 21j)と、10個の乗算器22(22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22j)と、9個の加算器23(23a, 23b, 23c, 23d, 23e, 23f, 23g, 23h, 23i)とを備え、入力端子24と出力端子25との間に10個の遅延回路21a, 21b, 21c, 21

50

d, 21e, 21f, 21g, 21h, 21i, 21jを直列に接続して10個のタップを形成する。

【0023】

FIRフィルタ6aの各タップには、設定されたタップ係数を乗算するための10個の乗算器22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22jが接続される。また、10個の乗算器22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22jの前後の段の出力は、9個の加算器23a, 23b, 23c, 23d, 23e, 23f, 23g, 23h, 23iの対応する段に接続される。そして、FIRフィルタ6aは、10個の乗算器22a, 22b, 22c, 22d, 22e, 22f, 22g, 22h, 22i, 22jの乗算結果の総和を算出して出力する。

10

【0024】

記憶手段7は、ISIキャリブレーションチャンネルの模擬対象となるデバイスの周波数特性を示すSパラメータファイル(S₂₁:透過特性)を入力データとし、このデバイスのSパラメータファイルを記憶する。

【0025】

周波数特性算出手段8は、インパルス応答切出手段4にて切り出したインパルス応答のタップ値から逆フーリエ変換により周波数特性を算出する。

【0026】

表示制御手段9は、記憶手段7に記憶されたISIキャリブレーションチャンネルの模擬対象となるデバイスのSパラメータファイル(S₂₁:透過特性)から理想的な周波数特性を読み取り、読み取った理想的な周波数特性が表示手段10の表示画面10a上のグラフ(横軸:周波数[GHz]、縦軸:振幅[dB])に表示されるように、表示手段10を表示制御する。

20

【0027】

また、表示制御手段9は、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性が、理想的な周波数特性と識別可能に表示手段10の表示画面10a上のグラフに表示されるように、表示手段10を表示制御する。

【0028】

表示手段10は、例えば装置本体に設けられる液晶表示器などの表示器で構成され、表示制御手段9の制御により、Sパラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性F1と、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性F2とを、例えば色分け、線種や線の太さなどを変えて表示画面10a上のグラフ(横軸:周波数[GHz]、縦軸:振幅[dB])に識別可能に表示する。例えば図4や図5に示す表示形態の表示画面10a上のグラフに対し、理想的な周波数特性(DUT S-Parameter)F1を実線、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性(Emulate S-Parameter)F2を点線で識別表示する。

30

【0029】

なお、本実施の形態では、記憶手段7にデバイスのSパラメータファイルを記憶しているが、ISIキャリブレーションチャンネルをFIRフィルタ6aで模擬するとき、外部装置や外部媒体などから模擬対象となるデバイスのSパラメータファイルを取り込む構成としてもよい。

40

【0030】

[周波数特性表示方法]

次に、上記のように構成される信号発生装置1を用いた周波数特性表示方法について図3~図5を参照しながら説明する。

【0031】

ISIキャリブレーションチャンネルをFIRフィルタ6aで模擬する場合、表示制御手段9は、記憶手段7から模擬対象となるデバイスのSパラメータファイルを読み出し、読み出したSパラメータファイルから理想的な周波数特性を読み取って表示手段10の表示

50

画面10a上のグラフに表示する(ST1)。例えば図4や図5に示す表示形態の表示画面10a上のグラフに理想的な周波数特性(実線)F1を表示する。なお、記憶手段7に記憶されたデバイスのSパラメータファイルは、例えば図4や図5の表示画面10a上のソフトキーで構成される「Open」を押下することで読み出すことができる。

【0032】

次に、逆特性算出手段2は、FIRフィルタ6aで模擬する周波数特性の逆特性から伝達関数及びその逆特性を算出する(ST2)。そして、逆フーリエ変換手段3は、逆特性算出手段2にて算出した伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出する(ST3)。

【0033】

次に、インパルス応答切出手段4は、逆フーリエ変換手段3にて算出したインパルス応答から所定タップ数分のポイントを切り出す(ST4)。続いて、周波数特性算出手段8は、インパルス応答切出手段4にてインパルス応答から切り出したタップ数分のポイントが有する値から逆フーリエ変換により周波数特性を算出する(ST5)。

【0034】

そして、表示制御手段9は、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性を、理想的な周波数特性と識別できるように表示手段10の表示画面10a上のグラフに重ねて表示する(ST6)。例えば図4や図5に示す表示形態の表示画面10a上のグラフに対し、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性(点線)F2と理想的な周波数特性(実線)F1とを識別可能に重ねて表示する。

【0035】

ここで、図4はFIRフィルタ6aによる波形の再現が可能な状態の表示例を示し、図5はFIRフィルタ6aによる波形の再現が不可能な状態の表示例を示している。

【0036】

FIRフィルタ6aのタップ数に対して十分模擬できる周波数特性であった場合には、図4に示すように、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性(Emulate S-Parameter:点線)F2と理想的な周波数特性(DUT S-Parameter:実線)F1とが近い値を示すことが分かる。

【0037】

これに対し、例えばナイキスト周波数における損失量が図4と同じ場合でも、その周波数特性変化が急峻となる場合には、図5に示すように、周波数特性算出手段8にて算出した周波数特性(Emulate S-Parameter:点線)F2と理想的な周波数特性(DUT S-Parameter:実線)F1とが近い値を示さず、FIRフィルタ6aによる波形が再現しきれていないことが分かる。

【0038】

なお、この他にもLPFなどの急峻な周波数特性を持つデバイスの特性を再現することは不可能であるが、本実施の形態のように理想的な周波数特性と実際に模擬した周波数特性とを識別表示することにより、それが一目で分かるようになる。

【0039】

[I S I 信号の発生方法]

次に、上記信号発生装置1によるISI信号の発生方法について図6を参照しながら説明する。

【0040】

逆特性算出手段2は、上述した周波数特性表示方法によりFIRフィルタ6aによる波形の再現が可能な状態の入力データの周波数特性の逆特性から伝達関数及びその逆特性を算出する(ST11)。

【0041】

次に、逆フーリエ変換手段3は、逆特性算出手段2にて算出した伝達関数の逆特性を逆フーリエ変換して複数ポイントのインパルス応答を算出する(ST12)。

【0042】

10

20

30

40

50

次に、インパルス応答切出手段 4 は、逆フーリエ変換手段 3 にて算出したインパルス応答から所定タップ数分のポイントを切り出す (S T 1 3)。

【 0 0 4 3 】

次に、タップ係数算出手段 5 は、インパルス応答切出手段 4 にてインパルス応答から切り出したポイントが有する値を用い、 F I R フィルタ 6 a の M a i n のタップを基準として、そこからのゲイン / 損失の割合によりタップ係数を算出する (S T 1 4)。

【 0 0 4 4 】

そして、信号発生手段 6 は、タップ係数算出手段 5 にて算出したタップ係数を F I R フィルタ 6 a に設定し、所望の周波数特性の I S I 信号を発生する (S T 1 5)。

【 0 0 4 5 】

このように、本実施の形態によれば、模擬対象となるデバイスの S パラメータファイルから理想的な周波数特性を読み取ってグラフに表示する。また、 F I R フィルタにより理想的な周波数特性を模擬した場合のインパルス応答のタップ値から逆フーリエ変換により求められる周波数特性を算出し、算出した周波数特性と理想的な周波数特性とを識別可能にグラフに表示する。これにより、 F I R フィルタによる波形の再現度合いを視覚化することができ、表示画面上の理想的な周波数特性と実際に模擬した周波数特性とを見比べることにより、実際に模擬した周波数特性が理想的な周波数特性に対してどの程度模擬できているかを容易に確認することができる。

【 0 0 4 6 】

ところで、表示制御手段 9 は、記憶手段 7 に記憶されたデバイスの S パラメータファイルから読み取った理想的な周波数特性に対し、周波数特性算出手段 8 にて算出した周波数特性の逆特性を加えて表示手段 1 0 に表示制御することもできる。この場合、表示手段 1 0 の表示画面上には、周波数特性算出手段 8 にて算出した周波数特性と理想的な周波数特性との振幅の差が表示される。これにより、ユーザは、表示画面上の振幅の差を見て、振幅の差が許容範囲内に収まっているか否か、正しくロスを補正することができるか否かを判断することができる。

【 0 0 4 7 】

以上、本発明に係る信号発生装置および該装置を用いた周波数特性表示方法の最良の形態について説明したが、この形態による記述および図面により本発明が限定されることはない。すなわち、この形態に基づいて当業者等によりなされる他の形態、実施例および運用技術などはすべて本発明の範疇に含まれることは勿論である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

- 1 信号発生装置
- 2 逆特性算出手段
- 3 逆フーリエ変換手段
- 4 インパルス応答切出手段
- 5 タップ係数算出手段
- 6 信号発生手段
- 6 a F I R フィルタ
- 7 記憶手段
- 8 周波数特性算出手段
- 9 表示制御手段
- 1 0 表示手段
- 1 0 a 表示画面
- 2 1 (2 1 a , 2 1 b , 2 1 c , 2 1 d , 2 1 e , 2 1 f , 2 1 g , 2 1 h , 2 1 i , 2 1 j) 遅延回路
- 2 2 (2 2 a , 2 2 b , 2 2 c , 2 2 d , 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h , 2 2 i , 2 2 j) 乗算器
- 2 3 (2 3 a , 2 3 b , 2 3 c , 2 3 d , 2 3 e , 2 3 f , 2 3 g , 2 3 h , 2 3 i ,

10

20

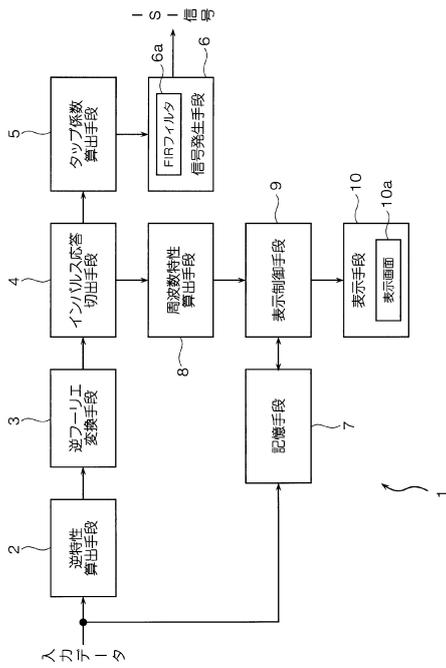
30

40

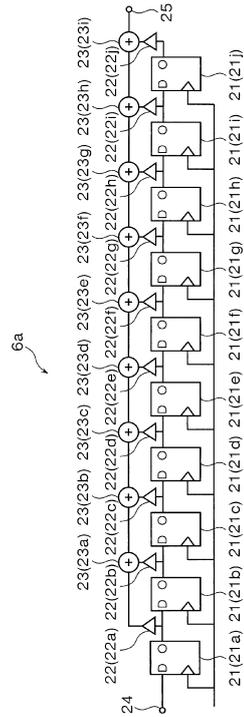
50

- 2 3 j) 加算器
- 2 4 入力端子
- 2 5 出力端子
- F 1 理想的な周波数特性 (実線)
- F 2 模擬した周波数特性 (点線)

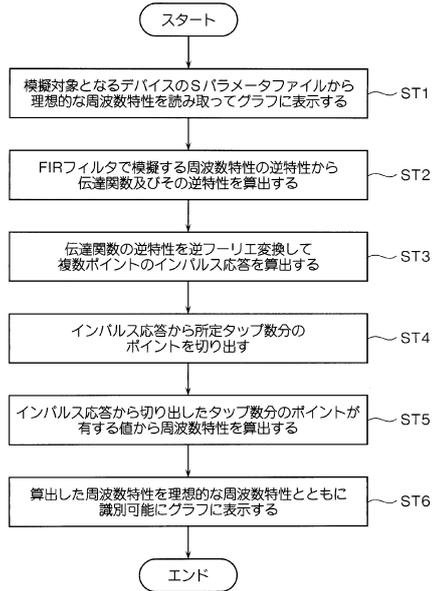
【 図 1 】



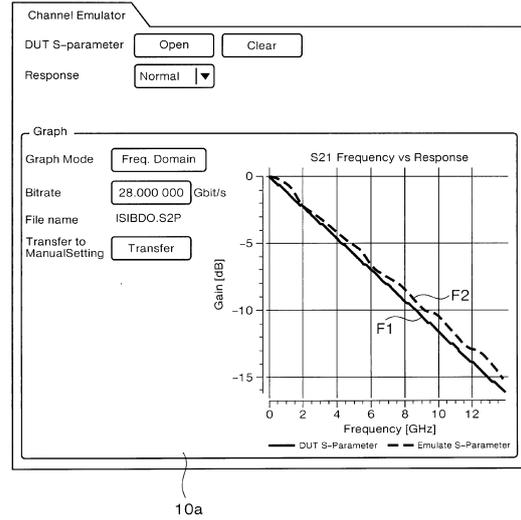
【 図 2 】



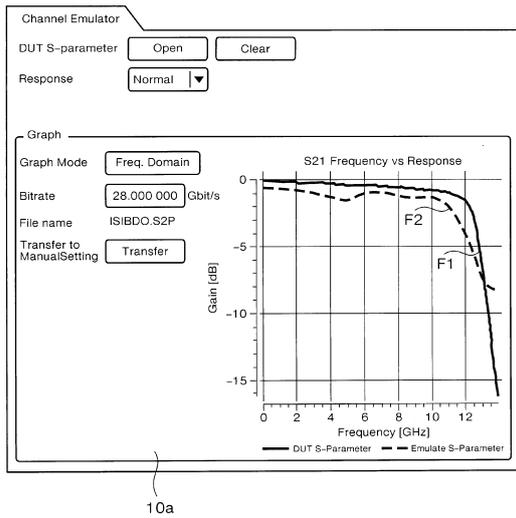
【 図 3 】



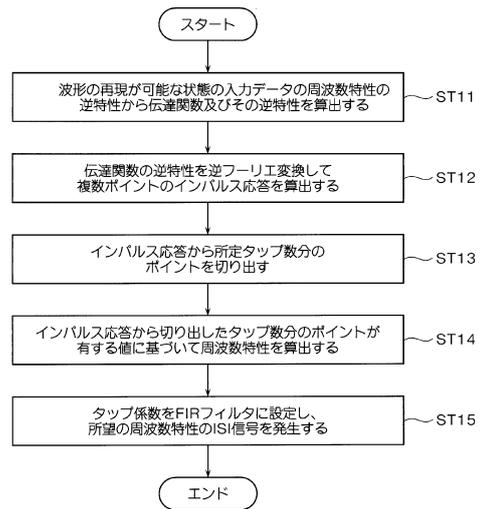
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 4 B 17/23 (2015.01) H 0 4 B 17/23
H 0 4 B 17/11 (2015.01) H 0 4 B 17/11

(56) 参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 0 1 6 6 1 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 4 6 6 8 7 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 5 0 0 6 9 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 0 7 4 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 7 4 4 7 4 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 B 1 / 6 0
H 0 4 B 3 / 4 6 - 3 / 4 9 3
H 0 4 B 1 7 / 0 0 - 1 7 / 4 0
G 0 1 R 2 3 / 0 0 - 2 3 / 2 0
H 0 3 H 1 7 / 0 0 - 1 7 / 0 8