

(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2019-16832

(P2019-16832A)

(43) 公開日 平成31年1月31日(2019.1.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 4 L 25/49 (2006.01)	H O 4 L 25/49 L	5 K O 2 9
H O 4 L 25/03 (2006.01)	H O 4 L 25/03 E	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2017-130512 (P2017-130512)	(71) 出願人	000000572
(22) 出願日	平成29年7月3日 (2017.7.3)		アンリツ株式会社
			神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
		(74) 代理人	100067323
			弁理士 西村 敦光
		(74) 代理人	100124268
			弁理士 鈴木 典行
		(72) 発明者	砂山 諒
			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
		Fターム(参考)	5K029 AA01 FF02 HH08 HH29 KK01

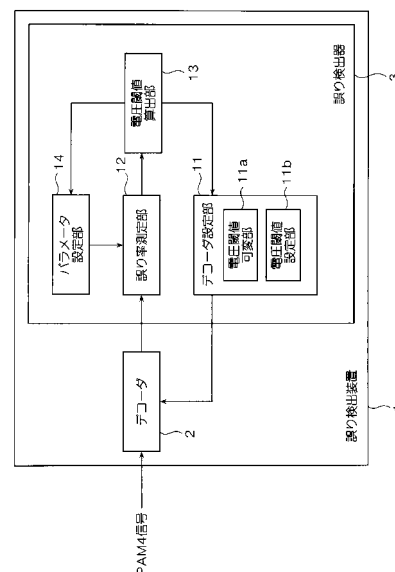
(54) 【発明の名称】 誤り検出装置および誤り検出方法

(57) 【要約】

【課題】 一般的なユーザが複雑な調整手順を意識することなくパラメータを自動調整する。

【解決手段】 電圧閾値算出部13は、電圧閾値V t h 2を所定ステップで変更したときに誤り率測定部12にて測定する誤り率が最も低くなる電圧を調整後の電圧閾値V t h 2として算出し、電圧閾値V t h 1, V t h 3を所定電圧範囲内で変更しながら誤り率測定部12にて誤り率の測定が可能な電圧を検出し、その電圧において、電圧閾値V t h 1を所定ステップで変更したときに誤り率測定部12にて測定する誤り率が最も低くなる電圧を調整後の電圧閾値V t h 1として算出し、電圧閾値V t h 3を所定ステップで変更したときに誤り率測定部12にて測定する誤り率が最も低くなる電圧を調整後の電圧閾値V t h 3として算出する。デコーダ設定部11は、電圧閾値算出部13にて算出された電圧閾値V t h 1, V t h 2, V t h 3をデコーダ2に設定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

全体の振幅電圧範囲（H）が電圧レベルの高い方から高電圧範囲（H1）、中電圧範囲（H2）、低電圧範囲（H3）に分けられ、3つのアイパターン開口部による連続した範囲からなるPAM4信号をデコーダ（2）にてデコードし、該デコードされた信号から誤り率を検出する誤り検出装置（1）であって、

前記高電圧範囲の電圧閾値（Vth1）、前記中電圧範囲の電圧閾値（Vth2）、前記低電圧範囲の電圧閾値（Vth3）を所定ステップで変更したときの誤り率を測定する誤り率測定部（12）と、

前記中電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記中電圧範囲の電圧閾値として算出し、前記高電圧範囲の電圧閾値と前記低電圧範囲の電圧閾値を所定電圧範囲内で変更しながら前記誤り率測定部にて誤り率の測定が可能な電圧を検出し、該検出した誤り率の測定が可能な電圧において、前記高電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記高電圧範囲の電圧閾値として算出するとともに、前記低電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記低電圧範囲の電圧閾値として算出する電圧閾値算出部（13）と、

前記電圧閾値算出部にて算出された前記高電圧範囲の電圧閾値、前記中電圧範囲の電圧閾値、前記低電圧範囲の電圧閾値を前記デコーダに設定するデコーダ設定部（11）とを備えたことを特徴とする誤り検出装置。

【請求項 2】

位相および電圧を変更して最も誤り率が低くなる位置を前記誤り率測定部（12）に入力する信号の打ち抜きタイミングとして設定するパラメータ設定部（14）を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の誤り検出装置。

【請求項 3】

全体の振幅電圧範囲（H）が電圧レベルの高い方から高電圧範囲（H1）、中電圧範囲（H2）、低電圧範囲（H3）に分けられ、3つのアイパターン開口部による連続した範囲からなるPAM4信号をデコーダ（2）にてデコードし、該デコードされた信号から誤り率を検出する誤り検出方法であって、

前記中電圧範囲の電圧閾値（Vth2）を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記中電圧範囲の電圧閾値に設定するステップと、

前記高電圧範囲の電圧閾値（Vth1）と前記低電圧範囲の電圧閾値（Vth3）を所定電圧範囲内で変更しながら誤り率を測定し、誤り率の測定が可能な電圧を検出するステップと、

前記誤り率の測定が可能な電圧において、前記高電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記高電圧範囲の電圧閾値に設定するステップと、

前記誤り率の測定が可能な電圧において、前記低電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記低電圧範囲の電圧閾値に設定するステップとを含むことを特徴とする誤り検出方法。

【請求項 4】

位相および電圧を変更して最も誤り率が低くなる位置を入力信号の打ち抜きタイミングとして設定するステップを含むことを特徴とする請求項 3 記載の誤り検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振幅をシンボルごとに 4 種類に分けた 4 値パルス振幅変調方式（以下、PAM4 方式）による PAM4 信号の誤り率を検出する誤り検出装置および誤り検出方法に関

10

20

30

40

50

する。

【背景技術】

【0002】

各種のデジタル通信装置は、利用者数の増加やマルチメディア通信の普及に伴い、より大容量の伝送能力が求められている。また、これらのデジタル通信装置におけるデジタル信号の品質評価の指標の一つとしては、受信データのうち符号誤りが発生した数と受信データの総数との比較として定義されるビット誤り率が知られている。

【0003】

そして、上述したデジタル通信装置において、試験対象となる光電変換部品等の被試験デバイスに対して固定データを含むテスト信号を送信し、被試験デバイス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、被測定信号の誤り率を測定する誤り率測定装置として、例えば下記特許文献1に開示されるビット誤り測定装置が知られている。

【0004】

下記特許文献1に開示されるビット誤り測定装置は、測定対象から受信した入力データと測定対象から受信されるべき既知のデータとを比較して誤りビットを測定するものである。この特許文献1のビット誤り測定装置は、誤りビットが発生する要因を容易に解析できるようにするため、複数のブロックを有する比較データ記憶部と、受信した入力データと既知のデータとを比較し、所定の検出条件で検出される1または複数の検出ビットを含むビット列の比較データを、検出されることに応じて複数のブロックへ順次格納する比較部と、複数のブロックそれぞれに格納された比較データから得られるそれぞれのビット列を、所定の配置条件に従った位置を基準にして並べて表示機器に表示する表示制御部とを備えて構成される。

【0005】

ところで、情報信号の振幅をパルス信号の系列で符号化したパルス振幅変調信号として、「0（低レベル電圧）」と「1（高レベル電圧）」からなるビット列を、4つの電圧レベルのパルス信号として変調して伝送するPAM4方式が知られている。このPAM4方式によるPAM4信号は、振幅がシンボルごとに4種類に分けられ、図6に示すように、4つの異なる振幅の電圧レベルV1、V2、V3、V4を有し、全体の振幅電圧範囲Hが電圧レベルの高い方から高電圧範囲H1、中電圧範囲H2、低電圧範囲H3に分けられ、3つのアイパターン開口部による連続した範囲からなる。

【0006】

そして、この種のPAM4信号を誤り率測定装置でリアルタイム誤り率測定を行うには、PAM4信号用のデコーダが必要となる。また、3つのアイパターン開口部からなるPAM4信号を正しくデコードするためには、アイパターン開口部毎にそれぞれ3つの電圧閾値を決定する必要がある。さらに、デコーダにてデコードされた信号の誤り率を測定するためには、誤り率測定装置の入力信号（デコード信号）の打ち抜きタイミング（位相、電圧閾値）の調整を行う必要があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【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】

【0008】

しかしながら、上述したパラメータの調整を行うには、誤り率測定装置で誤り率を確認しながら個々のパラメータを調整する必要があるが、すべてのパラメータが誤り率測定の結果に影響するため、適切な順番で調整を行う必要があった。

【0009】

このため、上述した調整は一部の経験豊富な技術者によってのみ行われていた。しかも

10

20

30

40

50

、誤り率測定装置とデコーダ以外に、オシロスコープを用いてデコーダから出力される波形を確認しながら調整を行っており、一般的なユーザーが上述した調整を行うことは難しかった。

【0010】

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、一般的なユーザが複雑な調整手順を意識することなく個々のパラメータを自動的に調整することができる誤り検出装置および誤り検出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】

【0011】

上記目的を達成するため、本発明の請求項1に記載された誤り検出装置は、全体の振幅電圧範囲Hが電圧レベルの高い方から高電圧範囲H1、中電圧範囲H2、低電圧範囲H3に分けられ、3つのアイパターン開口部による連続した範囲からなるPAM4信号をデコーダ2にてデコードし、該デコードされた信号から誤り率を検出する誤り検出装置1であって、

前記高電圧範囲の電圧閾値 V_{th1} 、前記中電圧範囲の電圧閾値 V_{th2} 、前記低電圧範囲の電圧閾値 V_{th3} を所定ステップで変更したときの誤り率を測定する誤り率測定部12と、

前記中電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記中電圧範囲の電圧閾値として算出し、前記高電圧範囲の電圧閾値と前記低電圧範囲の電圧閾値を所定電圧範囲内で変更しながら前記誤り率測定部にて誤り率の測定が可能な電圧を検出し、該検出した誤り率の測定が可能な電圧において、前記高電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記高電圧範囲の電圧閾値として算出するとともに、前記低電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更したときに前記誤り率測定部にて測定される誤り率が最も低くなる電圧を調整後の前記低電圧範囲の電圧閾値として算出する電圧閾値算出部13と、

前記電圧閾値算出部にて算出された前記高電圧範囲の電圧閾値、前記中電圧範囲の電圧閾値、前記低電圧範囲の電圧閾値を前記デコーダに設定するデコーダ設定部11とを備えたことを特徴とする。

【0012】

請求項2に記載された誤り検出装置は、請求項1の誤り検出装置において、

位相および電圧を変更して最も誤り率が低くなる位置を前記誤り率測定部12に入力する信号の打ち抜きタイミングとして設定するパラメータ設定部14を備えたことを特徴とする。

【0013】

請求項3に記載された誤り検出方法は、全体の振幅電圧範囲Hが電圧レベルの高い方から高電圧範囲H1、中電圧範囲H2、低電圧範囲H3に分けられ、3つのアイパターン開口部による連続した範囲からなるPAM4信号をデコーダ2にてデコードし、該デコードされた信号から誤り率を検出する誤り検出方法であって、

前記中電圧範囲の電圧閾値 V_{th2} を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記中電圧範囲の電圧閾値に設定するステップと、

前記高電圧範囲の電圧閾値 V_{th1} と前記低電圧範囲の電圧閾値 V_{th3} を所定電圧範囲内で変更しながら誤り率を測定し、誤り率の測定が可能な電圧を検出するステップと、

前記誤り率の測定が可能な電圧において、前記高電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記高電圧範囲の電圧閾値に設定するステップと、

前記誤り率の測定が可能な電圧において、前記低電圧範囲の電圧閾値を所定ステップで変更しながら誤り率を測定し、最も誤り率が低くなる電圧を調整後の前記低電圧範囲の電圧閾値に設定するステップとを含むことを特徴とする。

【0014】

請求項 4 に記載された誤り検出方法は、請求項 3 の誤り検出方法において、位相および電圧を変更して最も誤り率が低くなる位置を入力信号の打ち抜きタイミングとして設定するステップを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、PAM4 信号の誤り率を検出するにあたって、一般的なユーザーが複雑な調整手順を意識することなく個々のパラメータを自動調整してデコーダを使用することができる。また、これまでの手動調整と比較しても調整時間を短縮することができ、誤り率の測定結果のみによって個々のパラメータの自動調整を行うので、オシロスコープなどの計測器を使用する必要がない。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図 1】本発明に係る誤り検出装置のブロック図である。

【図 2】本発明において中電圧範囲 H 2 の電圧閾値 V_{th2} を調整する場合の説明図である。

【図 3】本発明において高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V_{th3} を粗調整する場合の説明図である。

【図 4】本発明において入力信号の打ち抜きタイミングを調整する場合の説明図である。

【図 5】本発明における各電圧範囲 H 1, H 2, H 3 の電圧閾値 V_{th1} , V_{th2} , V_{th3} の調整手順を含むフローチャートである。

20

【図 6】PAM4 信号の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

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。

【0018】

〔誤り検出装置の構成について〕

図 1 に示すように、本実施の形態の誤り検出装置 1 は、デコーダ 2 と誤り検出器 3 とを備えて概略構成される。誤り検出装置 1 は、図 6 に示すように、振幅がシンボルごとに 4 種類に分けられ、4 つの異なる振幅の電圧レベル V_1 , V_2 , V_3 , V_4 を有し、全体の振幅電圧範囲 H が電圧レベルの高い方から高電圧範囲 H 1、中電圧範囲 H 2、低電圧範囲 H 3 に分けられ、3 つのアイパターン開口部による連続した範囲からなる PAM4 信号の誤り率を検出する。

30

【0019】

デコーダ 2 は、入力される PAM4 信号を例えば NRZ 信号にデコードし、このデコードした信号（デコード信号）を誤り検出器 3 に出力する。なお、PAM4 信号は、不図示のパターン発生部（誤り検出装置 1 に設けられる PAM 信号発生部、又は別体に構成される PAM 信号発生部）が発生して被測定物（DUT）を折り返して入力されるか、送信機能を有する被測定物（DUT）自身からの送信によって入力される。

【0020】

40

誤り検出器 3 は、デコーダ 2 から入力されるデコード信号の誤り率を検出するもので、デコーダ設定部 11、誤り率測定部 12、電圧閾値算出部 13、パラメータ設定部 14 を含んで構成される。

【0021】

デコーダ設定部 11 は、PAM4 信号を正しくデコードするために必要なパラメータ（電圧閾値、位相）を設定するもので、電圧閾値可変部 11a、電圧閾値設定部 11b を備える。

【0022】

電圧閾値可変部 11a は、後述する自動調整方法により、PAM4 信号の中電圧範囲 H 2 の電圧閾値 V_{th2} を自動調整して設定するときに、中電圧範囲 H 2 の電圧閾値 V_{th}

50

2を所定ステップで変更してデコーダ2に設定する。

【0023】

また、電圧閾値可変部11aは、後述する自動調整方法により、PAM4信号の高電圧範囲H1の電圧閾値Vth1および低電圧範囲H3の電圧閾値Vth3を自動調整して設定するときに、高電圧範囲H1の電圧閾値Vth1と低電圧範囲H3の電圧閾値Vth3を誤り率BERの測定毎に所定ステップで変更してデコーダ2に設定する。

【0024】

さらに、電圧閾値可変部11aは、後述する自動調整方法により、誤り測定部12の入力信号の打ち抜きタイミングとして電圧閾値を自動調整して設定するときに、振幅軸方向の所定ステップで変更してデコーダ2に設定する。

10

【0025】

電圧閾値設定部11bは、後述する自動調整方法により、電圧閾値算出部12で算出されるPAM4信号の高電圧範囲H1の電圧閾値Vth1、中電圧範囲H2の電圧閾値Vth2、低電圧範囲H3の電圧閾値Vth3を、自動調整された電圧閾値としてデコーダ2に設定する。

【0026】

誤り率測定部12は、後述する自動調整方法により、デコーダ設定部11にてPAM4信号の各電圧範囲H1、H2、H3の電圧閾値Vth1、Vth2、Vth3を自動調整してデコーダ2に設定する際に、デコーダ2から入力されるデコード信号の誤り率を測定する。

20

【0027】

また、誤り率測定部12は、後述する自動調整方法を終えた後の実際の測定において、後述する自動調整方法によりパラメータ設定部14にて設定された打ち抜きタイミング（位相、電圧閾値）でデコーダ2から入力されるデコード信号の誤り率を測定する。

【0028】

電圧閾値算出部13は、後述する自動調整方法により、誤り率測定部12が測定した誤り率の測定結果に基づいてPAM4信号の高電圧範囲H1の電圧閾値Vth1、中電圧範囲H2の電圧閾値Vth2、低電圧範囲H3の電圧閾値Vth3をそれぞれ算出する。

【0029】

パラメータ設定部14は、後述する自動調整方法にて自動調整された打ち抜きタイミング（位相、電圧閾値）を誤り率測定部12に設定する。

30

【0030】

すなわち、パラメータ設定部14は、後述する自動調整方法により、誤り測定部12の入力信号の打ち抜きタイミングとして位相を自動調整して設定するときに、時間軸方向の位相を所定ステップ（例えば10mUI）で変更して誤り測定部12に設定する。また、パラメータ設定部14は、後述する自動調整方法により、誤り測定部12の入力信号の打ち抜きタイミングとして電圧閾値を自動調整して設定するときに、電圧閾値を所定ステップで変更して誤り測定部12に設定する。

【0031】

〔誤り検出装置の動作について〕

40

次に、上記のように構成される誤り検出装置1の動作として、各パラメータ（PAM4信号の各電圧範囲H1、H2、H3の電圧閾値Vth1、Vth2、Vth3、入力信号の打ち抜きタイミング）の自動調整方法について図2～図5を参照しながら説明する。なお、自動調整前における各パラメータは、予め決められた初期値、又はユーザが任意に設定した値に設定されているものとする。

【0032】

自動調整を行うための開始ボタンが押下されると、デコーダ2の中電圧範囲H2の電圧閾値Vth2を0に設定し、中電圧範囲H2の電圧閾値Vth2の自動調整を開始する（ST1）。

【0033】

50

この電圧閾値 V_{th2} の自動調整では、中電圧範囲 $H2$ の電圧閾値 V_{th2} を所定ステップ（例えば 1 mV ）で変更しながら誤り率 BER を測定する（ $ST2$ ）。そして、図2に示すように、中電圧範囲 $H2$ の電圧閾値 V_{th2} 対誤り率 BER （ $10^{-5} \sim 10^{-10}$ ）から逆誤差関数 Erfc^{-1} 対中電圧範囲 $H2$ の電圧閾値 V_{th2} のデータを計算する（ $ST3$ ）。続いて、逆誤差関数 Erfc^{-1} 平面に対して最小二乗法による直線近似を行って2直線の交点を算出する（ $ST4$ ）。そして、2直線の交点において最も誤り率が低くなる中電圧範囲 $H2$ の電圧閾値 V_{th2} を、自動調整後の中電圧範囲 $H2$ の電圧閾値 V_{th2} としてデコーダ2に設定する（ $ST5$ ）。

【0034】

なお、逆誤差関数 Erfc^{-1} は、下記式（1）に誤り率 BER を代入して得られる値である。

10

【0035】

【数1】

$$\left[\text{Log} \left\{ \frac{1}{2} \text{erfc}(\cdot) \right\} \right]^{-1} (x) \approx 1.192 - 0.6681x - 0.0162x^2$$

$$x = \text{Log}(BER)$$

…式（1）

【0036】

20

次に、高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} の粗調整を開始する（ $ST6$ ）。この粗調整では、最も誤り率 BER が低い点を調整結果とする。

【0037】

但し、高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} および低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} の全ての電圧閾値を実際に設定して誤り率 BER を測定し、最も誤り率 BER が低い点を測定結果とするのが理想的である。

【0038】

しかしながら、実際には測定にかかる時間が膨大であるため、現実的ではない。そのため、高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} の自動調整では、始めの調整を粗調整、2回目の調整を本調整として、調整を2段階に分けて行っている。

30

【0039】

ここで、高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} の調整は誤り率の測定結果に影響を与えるため、両方の電圧閾値 V_{th1} 、 V_{th3} を最適値に調整する必要がある。しかし、どちらか一方の電圧閾値が上下アイパターン開口部の中心電圧に対して大きな差がある場合、誤り率が非常に大きい値となり、もう一方の電圧閾値がアイパターン開口部の中心電圧に近づける調整が不可能になってしまう。このため、高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} を粗い間隔で設定してそれぞれの誤り率を測定し、電圧閾値 V_{th1} 、 V_{th3} の調整が行える設定値を

40

【0040】

また、最下位ビット LSB は高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} の両方がアイパターン開口部の中心付近に設定されて始めて誤り率 BER の測定が可能となる。

【0041】

そこで、粗調整では、本調整のステップ（例えば 1 mV ）よりも粗いステップ（例えば 20 mV ）で高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V_{th1} と低電圧範囲 $H3$ の電圧閾値 V_{th3} を所定電圧範囲内で変更しながら誤り率 BER を測定する（ $ST7$ ）。そして、誤り率 BER の測定結果から、誤り率 BER の測定が可能な領域となる高電圧範囲 $H1$ の電圧閾値 V

50

t h 1 と低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 の組合せを検出する (S T 8) 。

【 0 0 4 2 】

例えば図 3 に示すように、低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 を A m V に固定して高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 を A m V から所定電圧範囲内を例えば 2 0 m V ステップで変更しながら誤り率 B E R を測定する。続いて、低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 を A + 2 0 m V に固定して高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 を A m V から所定電圧範囲内を 2 0 m V ステップで変更しながら誤り率 B E R を測定するといったように、図 3 の 0 , 1 , 2 , … , n , n + 1 , … の順番で測定を行う。図 3 の例では、太線で囲まれる電圧閾値 V t h 1 , V t h 3 の組合せが誤り率 B E R の測定が可能 (エラーカウント可能) な電圧の領域となる。

10

【 0 0 4 3 】

次に、高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 と低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 の本調整を開始する (S T 9) 。この本調整は、前述した中電圧範囲 H 2 の電圧閾値 V t h 2 の自動調整と同様の手法により行う。すなわち、電圧閾値 V t h 1 の本調整では、高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 を所定ステップ (例えば 1 m V) で変更しながら誤り率 B E R を測定する。そして、高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 対誤り率 B E R ($10^{-5} \sim 10^{-10}$) から逆誤差関数 $E r f c^{-1}$ 対高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 のデータを計算する。続いて、逆誤差関数 $E r f c^{-1}$ 平面に対して最小二乗法による直線近似を行って 2 直線の交点を算出する。そして、2 直線の交点において最も誤り率が低くなる高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 を、自動調整後の高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 としてデコーダ 2 に設定する。

20

【 0 0 4 4 】

また、電圧閾値 V t h 3 の本調整では、低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 を所定ステップ (例えば 1 m V) で変更しながら誤り率 B E R を測定する。そして、低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 対誤り率 B E R ($10^{-5} \sim 10^{-10}$) から逆誤差関数 $E r f c^{-1}$ 対低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 のデータを計算する。続いて、逆誤差関数 $E r f c^{-1}$ 平面に対して最小二乗法による直線近似を行って 2 直線の交点を算出する。そして、2 直線の交点において最も誤り率が低くなる低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 を、自動調整後の低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 としてデコーダ 2 に設定する。

【 0 0 4 5 】

30

このように、高電圧範囲 H 1 の電圧閾値 V t h 1 と低電圧範囲 H 3 の電圧閾値 V t h 3 を調整するにあたっては、粗調整で誤り率 B E R の測定が可能な領域を求め、続いて粗調整よりも細かいステップで電圧閾値を変更しながら誤り率 B E R の測定を行う。これにより、効率的に最も誤り率 B E R が低い点を探すことができる。

【 0 0 4 6 】

次に、従来より周知の方法にて誤り検出器 3 における入力信号の打ち抜きタイミング (位相、電圧閾値) を設定する (S T 1 0) 。この入力信号の打ち抜きタイミングは、位相および電圧を所定ステップで変更したときに、最も誤り率 B E R が低くなる位置に設定される。具体的には、図 4 の横軸 (時間軸) 方向において、位相を所定ステップ (例えば 1 0 m U I) で変更し、最も誤り率 B E R が低い点を最適点として検出する。また、この誤り率 B E R の最適点の振幅方向 (図 4 の縦軸方向) において、電圧を所定ステップで変更し、最も誤り率 B E R が低い点を最適点として検出する。そして、検出した最適点の位置の位相および電圧を打ち抜きタイミング (位相、電圧閾値) として設定する。

40

【 0 0 4 7 】

なお、1 秒測定でエラーフリーとなる領域がある場合、最適点が一意に決まらなくなってしまう。この場合は、誤り率 B E R が測定可能なタイミングでの測定結果から前述した逆誤差関数 $E r f c^{-1}$ 平面での最小二乗法を用いた近似計算を行って最適点を求める。

【 0 0 4 8 】

このように、本実施の形態によれば、P A M 4 信号の誤り率を検出するにあたって、一般的なユーザーが複雑な調整手順を意識することなく個々のパラメータ (各電圧範囲 H 1

50

、H 2、H 3の電圧閾値V t h 1、V t h 2、V t h 3、入力信号の打ち抜きタイミング)を自動調整してデコーダを使用することができる。また、これまでの手動調整と比較しても調整時間を短縮することができる。さらに、誤り率の測定結果のみによって個々のパラメータを自動調整することができ、オシロスコープなどの計測器を使用する必要がない。

【0049】

ところで、上述した実施の形態(図1)では、デコーダ2と誤り検出器3とが別体に構成される場合を例にとって説明したが、デコーダ2を誤り検出器3の本体に組み込んで一体に構成される誤り検出装置1としてもよい。また、被測定物(DUT)にテスト信号として入力されるPAM4信号を発生するパターン発生部を誤り検出器3に実装した構成とすることもできる。

10

【0050】

以上、本発明に係る誤り検出装置および誤り検出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及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、実施例及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】

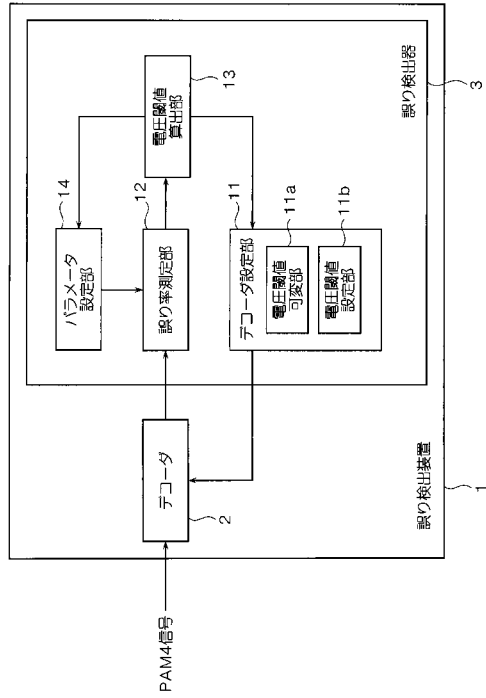
【0051】

- 1 誤り検出装置
- 2 デコーダ
- 3 誤り検出器
- 11 デコーダ設定部
- 11a 電圧閾値可変部
- 11b 電圧閾値設定部
- 12 誤り率測定部
- 13 電圧閾値算出部
- 14 パラメータ設定部
- H 振幅電圧範囲
- H1 高電圧範囲
- H2 中電圧範囲
- H3 低電圧範囲
- V1, V2, V3, V4 電圧レベル
- V t h 1, V t h 2, V t h 3 電圧閾値

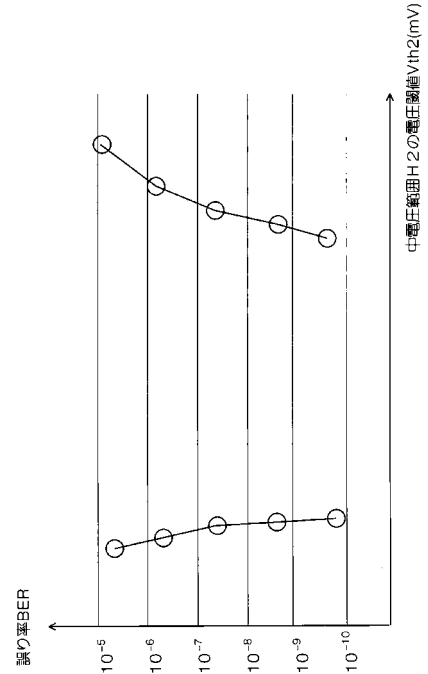
20

30

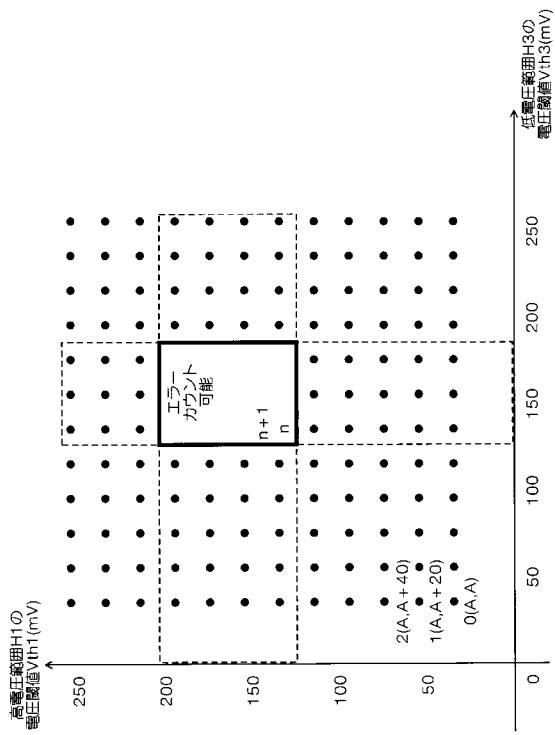
【図 1】



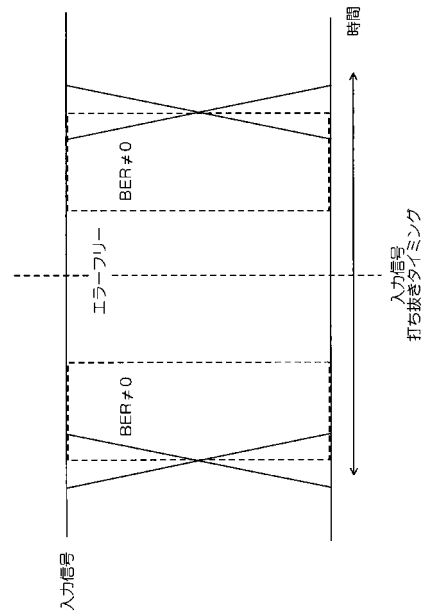
【図 2】



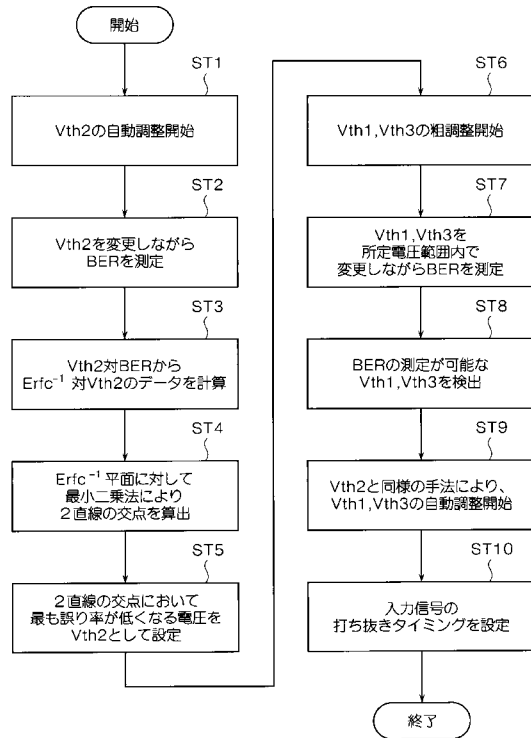
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

