

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6250737号  
(P6250737)

(45) 発行日 平成29年12月20日 (2017.12.20)

(24) 登録日 平成29年12月1日 (2017.12.1)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 4 L	25/02	(2006.01)	HO 4 L	25/02	3 O 2 Z
GO 1 R	31/28	(2006.01)	GO 1 R	31/28	H
HO 4 L	1/00	(2006.01)	HO 4 L	1/00	C
HO 4 L	25/49	(2006.01)	HO 4 L	25/49	L

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-112901 (P2016-112901)	(73) 特許権者	000000572
(22) 出願日	平成28年6月6日 (2016.6.6)		アンリツ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-220756 (P2017-220756A)		神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
(43) 公開日	平成29年12月14日 (2017.12.14)	(74) 代理人	100067323
審査請求日	平成29年1月10日 (2017.1.10)		弁理士 西村 敦光
		(74) 代理人	100124268
			弁理士 鈴木 典行
		(72) 発明者	齋藤 岳人
			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
		(72) 発明者	井貝 智行
			神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アン
			リツエンジニアリング株式会社内
		審査官	太田 龍一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誤り率測定装置及び誤り率測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

全体の振幅電圧範囲 (E) 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) に分けられた 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 4 P A M 信号を入力データとして受信する 1 チャンネルの受信モジュール (3) と、前記 4 P A M 信号の測定パターンを選択して設定する操作部 (4) とを備え、前記 4 P A M 信号のトータルビット誤り率を測定する誤り率測定装置 (1) であって、

前記 1 チャンネルの受信モジュールは、

前記入力データを所定のサンプリング周期でデジタル値に変換する A / D 変換部 (3 1 a) と、

閾値電圧 (V t h) と位相をパラメータとして個別に可変するパラメータ可変部 (3 1 c) と、

該パラメータ可変部にて前記閾値電圧を可変して前記デジタル値が飽和する上限の閾値電圧を前記高電圧範囲の上限電圧として検出するとともに、前記デジタル値が飽和する下限の閾値電圧を前記低電圧範囲の下限電圧として検出し、これら検出した前記高電圧範囲の上限電圧と前記低電圧範囲の下限電圧を用いて前記中電圧範囲の中心電圧を算出し、該算出した前記中電圧範囲の中心電圧を用いて前記高電圧範囲の中心電圧と前記低電圧範囲の中心電圧とをそれぞれ算出し、該算出した前記高電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を前記高電圧範囲の閾値電圧 (V t h 1) として自動設定し、前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心

10

20

に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を中電圧範囲の閾値電圧 ( $V_{th2}$ ) として自動設定し、前記算出した前記低電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を低電圧範囲の閾値電圧 ( $V_{th3}$ ) として自動設定し、また、前記デジタル値から前記測定パターンの位相方向の両端位置を検出し、その位相方向の中心を起点として位相を増減してビット誤り率が最小になる位置を前記測定パターンの中心 ( $P$ ) として位相を自動設定するパラメータ検出設定部 (31b) と、

前記中電圧範囲及び低電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記高電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記高電圧範囲のビット誤り率を測定し、前記デジタル値と前記自動設定された前記中電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記中電圧範囲のビット誤り率を測定し、前記高電圧範囲及び中電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記低電圧範囲の閾値電圧とを比較して低電圧範囲のビット誤り率を測定するビットエラー測定部 (31d) とを含む信号処理部 (31) を備え、

前記3つのビット誤り率の測定結果を用いて前記4PAM信号のトータルビット誤り率を算出することを特徴とする誤り率測定装置。

#### 【請求項2】

少なくとも前記操作部 (4) にて前記測定パターンを選択するための表示項目と、前記自動設定された各電圧範囲 ( $E1$ ,  $E2$ ,  $E3$ ) 毎の閾値電圧 ( $V_{th1}$ ,  $V_{th2}$ ,  $V_{th3}$ ) 及び前記位相の値と、前記ビットエラー測定部 (31d) にて測定された前記各電圧範囲毎のビット誤り率及び前記4PAM信号のトータルビット誤り率の測定結果とを一つの表示画面 (6a) 上に表示する表示部 (6) を備えたことを特徴とする請求項1記載の誤り率測定装置。

#### 【請求項3】

全体の振幅電圧範囲 ( $E$ ) 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 ( $H3$ ) に分けられた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4PAM信号を入力データとして受信する1チャンネルの受信モジュール (3) と、前記4PAM信号の測定パターンを選択して設定する操作部 (4) とを備えた誤り率測定装置を用いて前記4PAM信号のトータルビット誤り率を測定する誤り率測定方法であって、

前記入力データを所定のサンプリング周期でデジタル値に変換するステップと、

閾値電圧 ( $V_{th}$ ) と位相をパラメータとして個別に可変するステップと、

前記閾値電圧を可変して前記デジタル値が飽和する上限の閾値電圧を前記高電圧範囲の上限電圧として検出するとともに、前記デジタル値が飽和する下限の閾値電圧を前記低電圧範囲の下限電圧として検出するステップと、

前記検出した前記高電圧範囲の上限電圧と前記低電圧範囲の下限電圧を用いて前記中電圧範囲の中心電圧を算出するステップと、

前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧を用いて前記高電圧範囲の中心電圧と前記低電圧範囲の中心電圧とをそれぞれ算出するステップと、

前記算出した前記高電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を前記高電圧範囲の閾値電圧 ( $V_{th1}$ ) として自動設定するステップと、

前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を中電圧範囲の閾値電圧 ( $V_{th2}$ ) として自動設定するステップと、

前記算出した前記低電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を低電圧範囲の閾値電圧 ( $V_{th3}$ ) として自動設定するステップと、

前記デジタル値から前記測定パターンの位相方向の両端位置を検出し、その位相方向の中心を起点として位相を増減してビット誤り率が最小になる位置を前記測定パターンの中心 ( $P$ ) として位相を自動設定するステップと、

10

20

30

40

50

前記中電圧範囲及び低電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記高電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記高電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと

、  
前記デジタル値と前記自動設定された前記中電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記中電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと、

前記高電圧範囲及び中電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記低電圧範囲の閾値電圧とを比較して低電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと、

前記3つのビット誤り率の測定結果を用いて前記4 P A M信号のトータルビット誤り率を算出するステップとを含むことを特徴とする誤り率測定方法。

#### 【請求項4】

少なくとも前記測定パターンを選択するための表示項目と、前記自動設定された各電圧範囲(E1, E2, E3)毎の閾値電圧(Vth1, Vth2, Vth3)及び前記位相の値と、前記各電圧範囲毎のビット誤り率及び前記4 P A M信号のトータルビット誤り率の測定結果とを一つの表示画面(6a)上に表示するステップをさらに含むことを特徴とする請求項3記載の誤り率測定方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、被試験デバイス(DUT: Device Under Test)に既知パターンのテスト信号を入力し、このテスト信号の入力に伴って被試験デバイスから受信した入力データのビット誤り率(BER: Bit Error Rate)を被試験デバイスに入力したテスト信号との比較によって測定する誤り率測定装置及び誤り率測定方法に関する。

#### 【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、振幅をシンボルごとに4種類に分けた4 P A M信号が知られている。4 P A M信号は、図5に示すように、4つの異なる振幅を持ち、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。

10

20

30

40

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【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】

## 【0007】

このような4PAM信号を生成する場合には、例えば2つのパターン発生器PPG1, PPG2を用意し、例えば図6(a)に示すパターン信号を一方のパターン発生器PPG1から発生させ、図6(b)に示すパターン信号を他方のパターン発生器PPG2から発生させる。そして、これら2つのパターン信号を合成して図6(c)に示すような4PAM信号を生成する。

10

## 【0008】

ここで、図6(c)の4PAM信号において、閾値電圧 $V_{th2}$ に対応するパターンは、パターン発生器PPG2のパターンと同一である(図6(c)の右下がりの斜線部分)。また、パターン発生器PPG1のパターンは、閾値電圧 $V_{th1}$ と閾値電圧 $V_{th3}$ に半分ずつ現れる(図6(c)の右上がりの斜線部分)。さらに説明すると、パターン発生器PPG1のパターンは、閾値電圧 $V_{th2} = 0$ (Low)の場合は閾値電圧 $V_{th3}$ に現れ、閾値電圧 $V_{th2} = 1$ (High)の場合は閾値電圧 $V_{th1}$ に現れる。そして、閾値電圧 $V_{th1}$ 及び閾値電圧 $V_{th3}$ に対するデータパターンは、1つのPPGから発生されたデータパターンが2つに分割されたものであるため、これらの閾値で測定されたビット誤り率は、真のビット誤り率とは異なる値となる。

20

## 【0009】

しかしながら、上述した特許文献1に開示されるビット誤り測定装置では、そもそも上述した4PAM信号のBER測定に対応していなかった。仮に、特許文献1に開示されるビット誤り測定装置を使用して4PAM信号のトータルビット誤り率の測定を行うためには、高電圧範囲H1、中電圧範囲H2、低電圧範囲H3の3つのアイパターン開口部それぞれの測定用パターン、閾値電圧 $V_{th1}$ ,  $V_{th2}$ ,  $V_{th3}$ 、位相(測定範囲の中心)をユーザが手動で設定してBER測定を行い、この手順を3つのアイパターン開口部分の3回繰り返した後、得られた3つのBER結果から4PAM信号のトータルBERをユーザが計算する必要があった。このため、ユーザにかかる負担も大きく、操作や測定が煩雑となり、設定から測定までの時間も要するという課題を生じる。

30

## 【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、操作の簡略化、設定から測定までの時間を短縮して4PAM信号のトータルビット誤り率を得ることができる誤り率測定装置及び誤り率測定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に記載された誤り率測定装置は、全体の振幅電圧範囲E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に分けられた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4PAM信号を入力データとして受信する1チャンネルの受信モジュール3と、前記4PAM信号の測定パターンを選択して設定する操作部4とを備え、前記4PAM信号のトータルビット誤り率を測定する誤り率測定装置1であって、

40

前記1チャンネルの受信モジュールは、

前記入力データを所定のサンプリング周期でデジタル値に変換するA/D変換部31aと、

閾値電圧 $V_{th}$ と位相をパラメータとして個別に可変するパラメータ可変部31cと、

該パラメータ可変部にて前記閾値電圧を可変して前記デジタル値が飽和する上限の閾値電圧を前記高電圧範囲の上限電圧として検出するとともに、前記デジタル値が飽和する下

50

限の閾値電圧を前記低電圧範囲の下限電圧として検出し、これら検出した前記高電圧範囲の上限電圧と前記低電圧範囲の下限電圧を用いて前記中電圧範囲の中心電圧を算出し、該算出した前記中電圧範囲の中心電圧を用いて前記高電圧範囲の中心電圧と前記低電圧範囲の中心電圧とをそれぞれ算出し、該算出した前記高電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を前記高電圧範囲の閾値電圧  $V_{th1}$  として自動設定し、前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を中電圧範囲の閾値電圧  $V_{th2}$  として自動設定し、前記算出した前記低電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を低電圧範囲の閾値電圧  $V_{th3}$  として自動設定し、また、前記デジタル値から前記測定パターンの位相方向の両端位置を検出し、その位相方向の中心を起点として位相を増減してビット誤り率が最小になる位置を前記測定パターンの中心  $P$  として位相を自動設定するパラメータ検出設定部 31b と、

10

前記中電圧範囲及び低電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記高電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記高電圧範囲のビット誤り率を測定し、前記デジタル値と前記自動設定された前記中電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記中電圧範囲のビット誤り率を測定し、前記高電圧範囲及び中電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記低電圧範囲の閾値電圧とを比較して低電圧範囲のビット誤り率を測定するビットエラー測定部 31d とを含む信号処理部 31 を備え、

前記 3 つのビット誤り率の測定結果を用いて前記 4 P A M 信号のトータルビット誤り率を算出することを特徴とする。

20

#### 【0012】

請求項 2 に記載された誤り率測定装置は、請求項 1 の誤り率測定装置において、

少なくとも前記操作部 4 にて前記測定パターンを選択するための表示項目と、前記自動設定された各電圧範囲  $E1$ 、 $E2$ 、 $E3$  毎の閾値電圧  $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$  及び前記位相の値と、前記ビットエラー測定部 31d にて測定された前記各電圧範囲毎のビット誤り率及び前記 4 P A M 信号のトータルビット誤り率の測定結果とを一つの表示画面 6a 上に表示する表示部 6 を備えたことを特徴とする。

#### 【0013】

請求項 3 に記載された誤り率測定方法は、全体の振幅電圧範囲  $E$  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  $H3$  に分けられた 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 4 P A M 信号を入力データとして受信する 1 チャンネルの受信モジュール 3 と、前記 4 P A M 信号の測定パターンを選択して設定する操作部 4 とを備えた誤り率測定装置を用いて前記 4 P A M 信号のトータルビット誤り率を測定する誤り率測定方法であって、

30

前記入力データを所定のサンプリング周期でデジタル値に変換するステップと、

閾値電圧  $V_{th}$  と位相をパラメータとして個別に可変するステップと、

前記閾値電圧を可変して前記デジタル値が飽和する上限の閾値電圧を前記高電圧範囲の上限電圧として検出するとともに、前記デジタル値が飽和する下限の閾値電圧を前記低電圧範囲の下限電圧として検出するステップと、

前記検出した前記高電圧範囲の上限電圧と前記低電圧範囲の下限電圧を用いて前記中電圧範囲の中心電圧を算出するステップと、

40

前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧を用いて前記高電圧範囲の中心電圧と前記低電圧範囲の中心電圧とをそれぞれ算出するステップと、

前記算出した前記高電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を前記高電圧範囲の閾値電圧  $V_{th1}$  として自動設定するステップと、

前記算出した前記中電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビット誤り率が最小になる閾値電圧を中電圧範囲の閾値電圧  $V_{th2}$  として自動設定するステップと、

前記算出した前記低電圧範囲の中心電圧の電圧値を中心に前記閾値電圧を可変してビッ

50

ト誤り率が最小になる閾値電圧を低電圧範囲の閾値電圧  $V_{th3}$  として自動設定するステップと、

前記デジタル値から前記測定パターンの位相方向の両端位置を検出し、その位相方向の中心を起点として位相を増減してビット誤り率が最小になる位置を前記測定パターンの中心  $P$  として位相を自動設定するステップと、

前記中電圧範囲及び低電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記高電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記高電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと、

前記デジタル値と前記自動設定された前記中電圧範囲の閾値電圧とを比較して前記中電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと、

前記高電圧範囲及び中電圧範囲をマスク処理したデジタル値と前記自動設定された前記低電圧範囲の閾値電圧とを比較して低電圧範囲のビット誤り率を測定するステップと、

前記3つのビット誤り率の測定結果を用いて前記4 P A M信号のトータルビット誤り率を算出するステップとを含むことを特徴とする。

#### 【0014】

請求項4に記載された誤り率測定方法は、請求項3の誤り率測定方法において、

少なくとも前記測定パターンを選択するための表示項目と、前記自動設定された各電圧範囲  $E1$ 、 $E2$ 、 $E3$  毎の閾値電圧  $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$  及び前記位相の値と、前記各電圧範囲毎のビット誤り率及び前記4 P A M信号のトータルビット誤り率の測定結果とを一つの表示画面6a上に表示するステップをさらに含むことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明によれば、測定パターンを指定し、1チャンネルの受信モジュールを用いることにより、必要最小限の構成で4 P A M信号のトータルビット誤り率を得ることができ、操作を簡略化してユーザにかかる負担を軽減でき、設定から測定に要する時間の短縮を図ることができる。

#### 【0016】

また、測定パターンの表示項目と、自動設定された各電圧範囲  $E1$ 、 $E2$ 、 $E3$  毎の閾値電圧  $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$  及び位相の値と、各電圧範囲毎のビット誤り率及び4 P A M信号のトータルビット誤り率の測定結果とを一つの表示画面上に表示するので、設定操作とともに測定結果の確認を同じ表示画面上で行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0017】

【図1】本発明に係る誤り率測定装置のブロック構成図である。

【図2】本発明に係る誤り率測定装置の外観を示す概略斜視図である。

【図3】本発明に係る誤り率測定装置におけるデータ閾値電圧とA D値(10進数)との関係の一例を示す図である。

【図4】本発明に係る誤り率測定装置における表示部の表示画面の一例を示す図である。

【図5】4 P A M信号のアイパターン開口部の一例を示す図である。

【図6】(a)～(c) 2つのパターン信号の合成によって生成される4 P A M信号の一例を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0018】

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。

#### 【0019】

[本発明の概要について]

本発明は、被試験デバイス(DUT)に既知パターンのテスト信号を入力し、このテスト信号の入力に伴って被試験デバイスから受信した入力データのビット誤り率を被試験デバイスに入力したテスト信号とのビット比較によって測定する誤り率測定装置及び誤り率

10

20

30

40

50

測定方法に関するものであり、1チャンネルのEDモジュールを用い、被試験デバイスから受信した4PAM信号を入力データとし、その振幅電圧範囲Eの高電圧範囲H1、中電圧範囲H2、低電圧範囲H3のそれぞれのビット誤り率（以下、BERという）を算出し、これら算出したBERに基づいて4PAM信号のトータルビット誤り率（以下、トータルBERという）を算出して自動測定を行う自動測定機能を有する。

#### 【0020】

〔誤り率測定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率測定装置1は、上述した4PAM信号のトータルBERの自動測定機能を実現するため、送信モジュールとしてのPPGモジュール2、受信モジュールとしての1チャンネルのEDモジュール3、操作部4、記憶部5、表示部6、制御部7を備えて概略構成される。

10

#### 【0021】

誤り率測定装置1は、図2に示す装置本体11の開口部11a内に複数のスロット（不図示）を備える。複数のスロットには、誤り率測定を行うために必要なチャンネル数のPPGモジュール2やEDモジュール3を含む各種モジュールが着脱可能に装着される。図2の例では、6つのスロットを備え、PPGモジュール2が一番上のスロット1に装着され、スロット2を空け、EDモジュール3Aがスロット3に装着され、EDモジュール3Bがスロット4に装着され、EDモジュール3Cがスロット5に装着され、それ以外の他のモジュールがスロット6に装着された状態を示している。

20

#### 【0022】

なお、各種モジュールは、スロットに装着した状態において、記憶部5や制御部7を実装した制御回路基板（不図示）と電気的に接続される。また、制御回路基板には操作部4や表示部6なども配線接続される。

#### 【0023】

PPGモジュール2は、被試験デバイスWにテスト信号としての4PAM信号を送信するものであり、図1に示すように、第1パターン発生部21、第2パターン発生部22、パターン合成出力部23を含んで構成される。

#### 【0024】

第1パターン発生部21と第2パターン発生部22は、操作部4の操作により設定された測定パターンに基づく4PAM信号を生成するためのパターン信号を発生する。これらパターン発生部21、22が発生する具体的なパターン信号としては、例えばPRBS7（パターン長： $2^7 - 1$ ）、PRBS9（パターン長： $2^9 - 1$ ）、PRBS10（パターン長： $2^{10} - 1$ ）、PRBS11（パターン長： $2^{11} - 1$ ）、PRBS15（パターン長： $2^{15} - 1$ ）、PRBS20（パターン長： $2^{20} - 1$ ）等の各種疑似ランダムパターンや、PRBS13Q、PRQS10、SSPR等のPAMを評価するための評価用パターンがある。

30

#### 【0025】

パターン合成出力部23は、第1パターン発生部21が発生するパターン信号と第2パターン発生部22が発生するパターン信号とを合成し、被試験デバイスWに送信されるテスト信号として、操作部4にて設定された測定パターンに基づく4PAM信号を出力する。例えば、測定パターンとして、第1パターン発生部21（PPG1）が図6（a）のパターン信号を発生し、第2パターン発生部22（PPG2）が図6（b）のパターン信号を発生する。そして、これら2つのパターン信号を合成し、図6（c）に示すような測定パターンに基づく4PAM信号を出力する。

40

#### 【0026】

なお、本実施の形態では、図1に示すように、1つのPPGモジュール2に第1パターン発生部21、第2パターン発生部22、パターン合成出力部23が含まれる構成としたが、この構成に限定されるものではない。例えば、第1パターン発生部21、第2パターン発生部22、パターン合成出力部23をそれぞれ別々にモジュール化し、PPGモジュール2を3つのモジュールで構成することもできる。

50

## 【 0 0 2 7 】

E D モジュール 3 は、P P G モジュール 2 からのテスト信号の入力に伴う被試験デバイス W からの 4 P A M 信号を入力データとして受信して B E R を測定するものであり、信号処理部 3 1 を含んで構成される。

## 【 0 0 2 8 】

信号処理部 3 1 は、図 1 に示すように、A / D 変換部 3 1 a、パラメータ検出設定部 3 1 b、パラメータ可変部 3 1 c、ビットエラー測定部 3 1 d を備える。

## 【 0 0 2 9 】

A / D 変換部 3 1 a は、被試験デバイス W から受信した入力データとしての 4 P A M 信号を所定のサンプリング周期で A D 値 ( 1 0 進数 ) に変換する。この A / D 変換部 3 1 a 10  
にて変換された A D 値はパラメータ検出設定部 3 1 b、ビットエラー測定部 3 1 d に入力される。

## 【 0 0 3 0 】

パラメータ検出設定部 3 1 b は、図 5 の 3 つのアイパターン開口部の振幅電圧範囲 H における高電圧範囲 E 1 の閾値電圧  $V_{th1}$ 、中電圧範囲 E 2 の閾値電圧  $V_{th2}$ 、低電圧範囲 E 3 の閾値電圧  $V_{th3}$ 、位相 ( 図 5 の測定範囲の中心 P ) をそれぞれパラメータとして自動設定するものであり、閾値電圧検出設定部 3 1 b a と位相検出設定部 3 1 b b を備える。

## 【 0 0 3 1 】

閾値電圧検出設定部 3 1 b a は、3 つのアイパターン開口部の振幅電圧範囲 H における高電圧範囲 E 1 の閾値電圧  $V_{th1}$ 、中電圧範囲 E 2 の閾値電圧  $V_{th2}$ 、低電圧範囲 E 3 の閾値電圧  $V_{th3}$  をそれぞれ自動設定する。 20

## 【 0 0 3 2 】

そして、例えば図 6 の 4 P A M 信号のトータル B E R を測定する場合、閾値電圧  $V_{th1}$  は、A / D 変換部 3 1 a から入力する A D 値の中電圧範囲 E 1 及び低電圧範囲 E 2 をマスク処理し、高電圧範囲 E 内の右上がりの斜線で示す A D 値のビットのみを測定対象とする。また、閾値電圧  $V_{th2}$  は、右下がりの斜線で示す中電圧範囲 E 2 全ての A D 値のビットを測定対象とする。さらに、閾値電圧  $V_{th3}$  は、A D 値の高電圧範囲 E 1 及び中電圧範囲 E 2 をマスク処理し、低電圧範囲 E 3 内の右上がりの斜線で示す A D 値のビットのみを測定対象とする。 30

## 【 0 0 3 3 】

位相検出設定部 3 1 b b は、4 P A M 信号のトータル B E R の測定に適した測定範囲の中心 P となるように位相を自動設定する。

## 【 0 0 3 4 】

パラメータ可変部 3 1 c は、3 つのアイパターン開口部の振幅電圧範囲 E における高電圧範囲 E 1、中電圧範囲 E 2、低電圧範囲 E 3 それぞれに対応した閾値電圧  $V_{th}$  (  $V_{th1}$ ,  $V_{th2}$ ,  $V_{th3}$  ) を自動設定するため、所定の電圧範囲において閾値電圧  $V_{th}$  を所定ステップで可変する。また、パラメータ可変部 3 1 c は、4 P A M 信号のトータル B E R の測定に適した測定範囲の中心 P となるように位相を所定ステップで可変する。 40

## 【 0 0 3 5 】

なお、3 つのアイパターン開口部の振幅電圧範囲 E における高電圧範囲 E 1 の閾値電圧  $V_{th1}$ 、中電圧範囲 E 2 の閾値電圧  $V_{th2}$ 、低電圧範囲 E 3 の閾値電圧  $V_{th3}$ 、4 P A M 信号のトータル B E R の測定に適した測定範囲の中心となる位相の自動設定については、後述する 4 P A M 信号のトータル B E R の測定方法の中で説明する。

## 【 0 0 3 6 】

ビットエラー測定部 3 1 d は、自動設定された位相を測定範囲の中心 P とする高電圧範囲 H 1 において、A / D 変換部 3 1 a からの A D 値の中電圧範囲 H 2 及び低電圧範囲 H 3 をマスク処理し、このマスク処理した A D 値のビット ( 図 6 ( c ) の高電圧範囲 E 1 の右上がりの斜線部分の信号のビット ) を、自動設定された閾値電圧  $V_{th1}$  と比較してエラーをカウントし、高電圧範囲 H 1 の B E R を測定する。 50



## 【 0 0 3 7 】

また、ビットエラー測定部 3 1 d は、自動設定された位相を測定範囲の中心 P とする中電圧範囲 H 2 において、A / D 変換部 3 1 a からの A D 値のビットを、自動設定された閾値電圧 V t h 2 と比較してエラーをカウントし、中電圧範囲 H 2 の B E R を測定する。

## 【 0 0 3 8 】

さらに、ビットエラー測定部 3 1 d は、自動設定された位相を測定範囲の中心 P とする低電圧範囲 H 3 において、A / D 変換部 3 1 a からの A D 値の高電圧範囲 H 1 及び中電圧範囲 H 2 をマスク処理し、このマスク処理した A D 値のビット（図 6（c）の低電圧範囲 E 3 の右上がりの斜線部分の信号のビット）を、自動設定された閾値電圧 V t h 3 と比較してエラーをカウントし、低電圧範囲 H 3 の B E R を測定する。

10

## 【 0 0 3 9 】

そして、ビットエラー測定部 3 1 d は、順次測定した高電圧範囲 H 1、中電圧範囲 H 2、低電圧範囲 H 3 の 3 つの B E R 測定結果から 4 P A M 信号のトータル B E R を算出して測定する。

## 【 0 0 4 0 】

具体的には、マスク処理された閾値電圧 V t h 1 によるエラーカウント値を A、閾値電圧 V t h 2 によるエラーカウント値を B、マスク処理された閾値電圧 V t h 3 によるエラーカウント値を C、閾値電圧 V t h 2 のクロックカウント値を D とすると、4 P A M 信号のトータル B E R は、 $(B + (A + C)) / (2 \times D)$  によって算出される。

## 【 0 0 4 1 】

20

なお、本実施の形態では、E D モジュール 3 にて 4 P A M 信号のトータル B E R を算出する構成としているが、高電圧範囲 H 1、中電圧範囲 H 2、低電圧範囲 H 3 の 3 つの B E R 測定結果を制御部 7 に出力し、制御部 7 にて 4 P A M 信号のトータル B E R を算出する構成としてもよい。

## 【 0 0 4 2 】

操作部 4 は、図 2 の装置本体 1 1 に備える例えば操作ノブ、各種キー、スイッチ、ボタンや表示部 6 の表示画面 6 a 上のソフトキー（スタート 4 a、ストップ 4 b）などで構成される。操作部 4 は、1 チャンネルの E D モジュール 3 の指定、測定パターンの選択、測定時間の設定、誤り率測定の開始・終了の指示など 4 P A M 信号のトータル B E R の自動測定を含む誤り率測定に関わる各種設定を行う際にユーザにより操作される。

30

## 【 0 0 4 3 】

記憶部 5 は、操作部 4 にて設定される測定パターンの 4 P A M 信号を発生するため、第 1 パターン発生部 2 1 が発生するパターン信号のパターンファイルと第 2 パターン発生部 2 2 が発生するパターン信号のパターンファイルを、それぞれ測定パターンと対応付けして記憶する。具体的には、例えば P R B S 7、P R B S 9、P R B S 1 0、P R B S 1 1、P R B S 1 5、P R B S 2 0 等の疑似ランダムパターンや、P R B S 1 3 Q、P R Q S 1 0、S S P R 等の P A M を評価するためのパターンなどの測定パターンと対応付けした第 1 パターン発生部 2 1 が発生するパターン信号のパターンファイルと第 2 パターン発生部 2 2 が発生するパターン信号のパターンファイルを記憶する。

## 【 0 0 4 4 】

40

また、記憶部 5 は、上述した算出により得られる高電圧範囲 H 1 の閾値電圧 V t h 1、中電圧範囲 H 2 の閾値電圧 V t h 2、低電圧範囲 E 3 の閾値電圧 V t h 3 を記憶する。なお、記憶部 5 は、誤り率測定を実行するための処理プログラム、誤り率測定に関する各種設定値、測定結果なども記憶する。

## 【 0 0 4 5 】

表示部 6 は、図 2 の装置本体 1 1 に備える例えば液晶表示器などで構成され、誤り率測定に関わる設定画面や測定結果などを表示する。

## 【 0 0 4 6 】

図 4 はユーザが設定入力する設定項目と 4 P A M 信号の測定結果とを一つの表示画面 6 a 上に表示した場合の表示例である。表示画面 6 a の右上には、操作部 4 の一部を構成す

50

るソフトキーとして、誤り率測定の開始を指示するスタート 4 a と誤り率測定の停止を指示するストップ 4 b が表示される。また、表示画面 6 a の左上には、使用する E D モジュール 3 のチャンネル数を設定するための設定項目 4 1、測定パターンを設定するための設定項目 4 2、測定時間を設定するための設定項目 4 3 が表示される。さらに、表示画面 6 a の下半部には、振幅電圧範囲 E における高電圧範囲 E 1、中電圧範囲 E 2、低電圧範囲 E 3 の順にそれぞれ自動設定される閾値電圧の自動設定項目 4 4、4 5、4 6、位相の自動設定項目 4 7、4 8、4 9、エラーレートの測定結果項目 5 0、5 1、5 2、エラーカウンタ値の測定結果項目 5 3、5 4、5 5、アラームの表示項目 5 6、5 7、5 8 が表示され、さらにその下部にはトータルエラーレートの測定結果項目 5 9、トータルエラーカウンタ値の測定結果項目 6 0 が表示される。これにより、誤り率測定に必要な設定と、測定結果（閾値電圧  $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$ 、電圧範囲 E 1、E 2、E 3 毎の BER、4 P A M 信号のトータル BER）の表示とを一つの同じ表示画面 6 a 上で行うことができる。

10

#### 【0047】

制御部 7 は、被試験デバイスから受信した 4 P A M 信号のトータル BER を測定するため、P P G モジュール 2、E D モジュール 3、操作部 4、記憶部 5、表示部 6 を統括制御し、以下に説明する自動測定機能を実行する。

#### 【0048】

[ 4 P A M 信号のトータル BER の自動測定機能について ]

次に、上記のように構成される誤り率測定装置 1 を用い、1 チャンネルの E D モジュール 3 で 4 P A M 信号のトータル BER を自動測定する自動測定機能を実行する場合の測定方法について説明する。

20

#### 【0049】

ユーザは、1 チャンネルの E D モジュール 3 を用いて 4 P A M 信号のトータル BER を測定するにあたって、使用する E D モジュール 3、測定を行う測定パターン、測定時間をそれぞれ設定する。具体的には、図 4 の表示画面 6 a の E D モジュールの設定項目 4 1 から使用する 1 チャンネルの E D モジュール 3 のスロット番号を指定して設定する。例えば図 4 に示す装置本体 1 1 のスロット 4 に装着された E D モジュール 3 を使用する場合には、E D モジュールの設定項目 4 1 からスロット番号の「4」を入力して設定する。また、測定パターンの設定項目 4 2 から既知の測定パターン（例えば「P R B S 1 5」）を選択して設定し、測定時間の設定項目 4 3 に測定時間を設定する。

30

#### 【0050】

なお、測定時間に関しては、特に設定を行わなくてもよい。その場合、デフォルト値として誤り率測定装置 1 に設定された測定時間が採用される。また、使用する E D モジュール 3 の設定は、上述したスロット番号の指定に限定されるものではない。例えば 1 チャンネルの E D モジュール 3 を用いて 4 P A M 信号のトータル BER を自動測定するモードを自動測定モードとし、この自動測定モードを ON / OFF 切り替えするソフトキーを図 4 の表示画面 6 a に表示し、自動測定モードの ON 又は OFF の選択によって使用する E D モジュール 3 を設定するようにしてもよい。

#### 【0051】

40

この場合、自動測定モードが ON に設定されると、装置本体 1 1 のスロットに装着された E D モジュール 3 を検出し、検出した E D モジュール 3の中から 1 チャンネルの E D モジュール 3 を選択する。また、測定パターンと測定時間が設定された状態で図 4 の表示画面 6 a のスタート 4 a が押されて測定を開始するときに自動測定モードが選択され、装置本体 1 1 のスロットに装着された E D モジュール 3 を検出し、検出した E D モジュール 3の中から 1 チャンネルの E D モジュール 3 を選択して設定することもできる。

#### 【0052】

なお、装置本体 1 1 のスロットに装着された E D モジュール 3 が複数検出された場合は、未使用の E D モジュール 3の中から例えばランダムに 1 つ選択したり、スロット番号が一番小さいもの（又は一番大きいもの）を選択するなど、1 チャンネルの E D モジュール

50

3を適宜選択する。また、装置本体11のスロットに装着されたEDモジュール3が1つだけの場合には、特に設定を行わなくてもよい。この場合、測定パターンと測定時間が設定された状態で図4の表示画面6aのスタート4aが押されて測定を開始すると、装置本体11のスロットに装着されたEDモジュール3を自動的に選択して設定する。

【0053】

そして、4PAM信号のトータルBERの測定を開始するため、図4の表示画面6aのスタート4aを押すと、4PAM信号の各振幅電圧範囲H1、H2、H3のBER測定に適したパターン、閾値電圧Vth、位相(測定範囲の中心P)を自動設定する。

【0054】

まず、BER測定に適したパターンの自動設定について説明する。制御部7は、図4の表示画面6aにおいて、測定パターンの設定項目42に測定パターン(例えば、PRBS15)が設定されていると、この測定パターンに対応付けされたパターンファイルを記憶部5から読み出してPPGモジュール2にパターン発生指示を出力する。PPGモジュール2は、制御部7からパターン発生指示が入力されると、このパターン発生指示のパターンファイルに基づくパターン信号を第1パターン発生部21と第2パターン発生部22がそれぞれ発生してパターン合成出力部23に出力する。パターン合成出力部23は、第1パターン発生部21のパターン信号と第2パターン発生部22のパターン信号とを合成し、設定された測定パターンの4PAM信号を出力する。

【0055】

次に、閾値電圧Vthの自動設定について説明する。図4の表示画面6aにおいて、EDモジュール、測定パターン、測定時間のそれぞれの設定項目41、42、43が設定された状態でスタート4aが押されると、高電圧範囲H1の閾値電圧Vth1、中電圧範囲H2の閾値電圧Vth2、低電圧範囲H3の閾値電圧Vth3を検出して自動設定する。

【0056】

この自動設定では、図3に示すように、閾値電圧Vthを所定ステップで可変し、A/D変換部31aからのAD値が飽和する上限の閾値電圧Vthを高電圧範囲H1の上限電圧V1として検出する。また、A/D変換部31aからのAD値が飽和する下限の閾値電圧Vthを低電圧範囲H3の下限電圧V4として検出する。

【0057】

次に、検出した高電圧範囲H1の上限電圧V1と低電圧範囲H3の下限電圧V4を用い、 $(V1 + V4) / 2$ の計算式により中電圧範囲H2の中心電圧Vc2を算出する。

【0058】

また、 $(V1 + Vc2) / 2$ の計算式から高電圧範囲H1の中心電圧Vc1を算出し、 $(V4 + Vc2) / 2$ の計算式から低電圧範囲H3の中心電圧Vc3を算出する。

【0059】

そして、算出した中心電圧Vc1の電圧値を中心として閾値電圧Vthを所定ステップで可変し、BERが最小になる閾値電圧Vthを高電圧範囲H1の閾値電圧Vth1として自動設定し、図4の表示画面6aの高電圧範囲H1の閾値電圧の測定結果項目44に表示する。

【0060】

また、算出した閾値電圧Vc2の電圧値を中心として閾値電圧Vthを所定ステップで可変し、BERが最小になる閾値電圧Vthを中電圧範囲H2の閾値電圧Vth2として自動設定し、図4の表示画面6aの中電圧範囲H2の閾値電圧の測定結果項目45に表示する。

【0061】

さらに、算出した閾値電圧Vc3の電圧値を中心として閾値電圧Vthを所定ステップで可変し、BERが最小になる閾値電圧Vthを低電圧範囲H3の閾値電圧Vth3として自動設定し、図4の表示画面6aの低電圧範囲H3の閾値電圧の測定結果項目46に表示する。

【0062】

10

20

30

40

50

なお、上記説明では、閾値電圧  $V_{th1}$ 、閾値電圧  $V_{th2}$ 、閾値電圧  $V_{th3}$  の順番に自動設定を行っているが、その順番は問わないものである。

【0063】

次に、位相（測定範囲の中心  $P$ ）の自動設定について説明する。A/D変換部 31a の AD 値から測定パターン（図 4 の表示画面 6a の測定パターンの設定項目 42 で設定されたパターン）の位相方向の両端位置を検出し、その位相方向の中心を算出する。そして、算出した位相方向の中心を起点として、位相を所定ステップで増減し、BER が最小になる位置を測定パターンの中心  $P$  として位相を自動設定する。

【0064】

なお、繰り返し測定を行うときなど、一度 4 PAM 信号のトータル BER が行われ、閾値電圧  $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$  と測定パターンの位相方向の中心  $P$  が判っている場合には、閾値電圧と位相の自動調整を省略することができる。

10

【0065】

そして、上述した振幅電圧範囲  $E$ （高電圧範囲  $E1$ 、中電圧範囲  $E2$ 、低電圧範囲  $E3$ ）の BER 測定に適したパターン、閾値電圧  $V_{th}$ （ $V_{th1}$ 、 $V_{th2}$ 、 $V_{th3}$ ）、位（測定範囲の中心  $P$ ）の自動設定が完了すると、振幅電圧範囲  $E$  における高電圧範囲  $H1$ 、中電圧範囲  $H2$ 、低電圧範囲  $H3$  それぞれの BER を順番に測定する。

【0066】

さらに説明すると、まず、自動設定された位相を中心とする測定範囲の高電圧範囲  $H1$  において、A/D変換部 31a からの AD 値の中電圧範囲  $H2$  及び低電圧範囲  $H3$  をマスク処理し、このマスク処理された AD 値と、自動設定された閾値電圧  $V_{th1}$  とを比較してエラーをカウントし、高電圧範囲  $H1$  の BER を測定する。

20

【0067】

続いて、自動設定された位相を中心とする測定範囲の中電圧範囲  $H2$  において、A/D変換部 31a からの AD 値と、自動設定された閾値電圧  $V_{th2}$  とを比較してエラーをカウントし、中電圧範囲  $H2$  の BER を測定する。

【0068】

次に、自動設定された位相を中心とする測定範囲の低電圧範囲  $H3$  において、A/D変換部 31a からの AD 値の高電圧範囲  $H1$  及び中電圧範囲  $H2$  をマスク処理し、このマスク処理された AD 値と、自動設定された閾値電圧  $V_{th3}$  とを比較してエラーをカウントし、低電圧範囲  $H3$  の BER を測定する。

30

【0069】

なお、上記説明では、高電圧範囲  $H1$ 、中電圧範囲  $H2$ 、低電圧範囲  $H3$  の順番に BER 測定を行っているが、その順番は問わないものである。例えば中電圧範囲  $H2$  高電圧範囲  $H1$  低電圧範囲  $H3$ 、低電圧範囲  $H3$  中電圧範囲  $H2$  高電圧範囲  $H1$  などの順番に BER 測定を行ってもよい。

【0070】

そして、上述した 3 つの BER 測定結果を用いて前述した  $(B + (A + C)) / (2 \times D)$  の計算式から 4 PAM 信号のトータル BER を算出し、図 4 の表示画面 6a のトータルエラーレートの測定結果項目 59 とトータルエラーカウント値の測定結果項目 60 に測定結果を表示する。

40

【0071】

なお、閾値電圧の自動検出が行えなかったり、同期が取れずに BER の測定が行えない場合には、高電圧範囲  $H1$  のアラームの表示項目 56、中電圧範囲  $H2$  のアラームの表示項目 57、低電圧範囲  $H3$  のアラームの表示項目 58 の該当する表示項目に最新のアラーム内容を示す表示がなされる。

【0072】

このように、本実施の形態の誤り率測定装置によれば、測定に使用する 1 チャンネルの ED モジュール 3 の指定と測定パターン、必要に応じて測定時間の指定を行うことにより、必要最小限の構成で 4 PAM 信号のトータル BER を得ることができ、操作を簡略化し

50

てユーザにかかる負担を軽減でき、設定から測定に要する時間の短縮を図ることができる。

#### 【 0 0 7 3 】

また、本実施の形態の誤り測定装置によれば、図 4 に示すように、一つの表示画面 6 a に対し、設定項目 4 1 , 4 2 , 4 3 ( E D モジュール、測定パターン、測定時間 ) と、自動設定される振幅電圧範囲 E の各電圧範囲 E 1 , E 2 , E 3 毎の閾値電圧 V t h 1 , V t h 2 , V t h 3、位相、設定に基づいて測定される各電圧範囲 E 1 , E 2 , E 3 毎のエラーレート、エラーカウント値、4 P A M 信号のトータルエラーレート、トータルエラーカウント値を表示する。これにより、4 P A M 信号のトータル B E R を測定するために必要な設定と、測定結果 ( 閾値電圧 V t h 1 , V t h 2 , V t h 3、電圧範囲 E 1 , E 2 , E 3 毎の B E R、4 P A M 信号のトータル B E R ) の表示とを一つの同じ表示画面 6 a 上で行うことができる。

10

#### 【 0 0 7 4 】

以上、本発明に係る誤り率測定装置及び誤り率測定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 】

#### 【 0 0 7 5 】

- 1 誤り率測定装置
- 2 P P G モジュール ( 送信モジュール )
- 3 ( 3 A , 3 B , 3 C ) E D モジュール ( 受信モジュール )
- 4 操作部
- 5 記憶部
- 6 表示部
- 6 a 表示画面
- 7 制御部
- 1 1 装置本体
- 2 1 第 1 パターン発生部
- 2 2 第 2 パターン発生部
- 2 3 パターン合成出力部
- 3 1 信号処理部
- 3 1 a A / D 変換部
- 3 1 b パラメータ検出設定部
- 3 1 c パラメータ可変部
- 3 1 d ビットエラー測定部
- 4 1 E D モジュールの設定項目
- 4 2 測定パターンの設定項目
- 4 3 測定時間の設定項目
- 4 4 高電圧範囲 H 1 の閾値電圧 V t h 1 の自動設定項目
- 4 5 中電圧範囲 H 2 の閾値電圧 V t h 2 の自動設定項目
- 4 6 低電圧範囲 H 3 の閾値電圧 V t h 3 の自動設定項目
- 4 7 高電圧範囲 H 1 の位相の自動設定項目
- 4 8 中電圧範囲 H 2 の位相の自動設定項目
- 4 9 低電圧範囲 H 3 の位相の自動設定項目
- 5 0 高電圧範囲 H 1 のエラーレートの測定結果項目
- 5 1 中電圧範囲 H 2 のエラーレートの測定結果項目
- 5 2 低電圧範囲 H 3 のエラーレートの測定結果項目
- 5 3 高電圧範囲 H 1 のエラーカウント値の測定結果項目
- 5 4 中電圧範囲 H 2 のエラーカウント値の測定結果項目

20

30

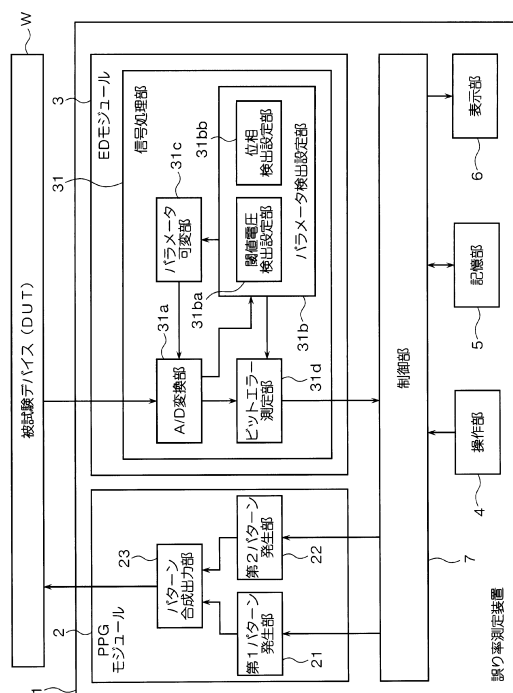
40

50

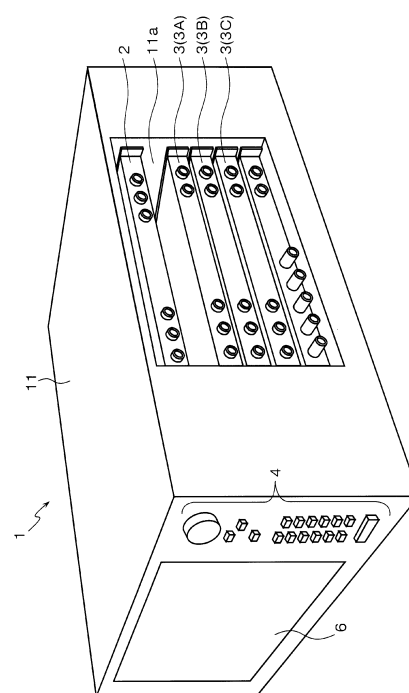
- 5 5 低電圧範囲 H 3 のエラーカウント値の測定結果項目  
 5 6 高電圧範囲 H 1 のアラームの表示項目  
 5 7 中電圧範囲 H 2 のアラームの表示項目  
 5 8 低電圧範囲 H 3 のアラームの表示項目  
 5 9 4 P A M 信号のトータルエラーレートの測定結果項目  
 6 0 4 P A M 信号のトータルエラーカウント値の測定結果項目  
 E 振幅電圧範囲  
 E 1 高電圧範囲  
 E 2 中電圧範囲  
 E 3 低電圧範囲  
 $V_{th} (V_{th1}, V_{th2}, V_{th3})$  閾値電圧  
 P 測定範囲の中心  
 W 被試験デバイス

10

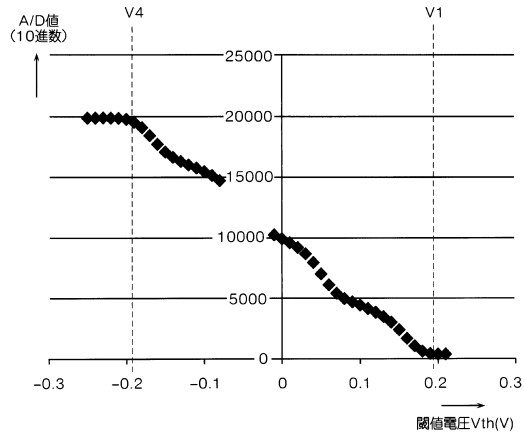
【図 1】



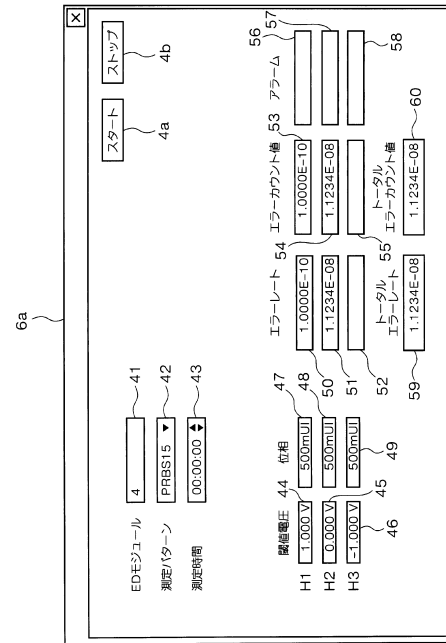
【図 2】



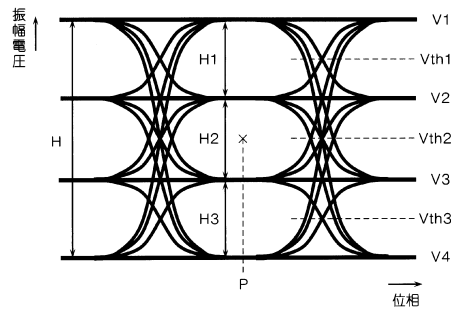
【図 3】



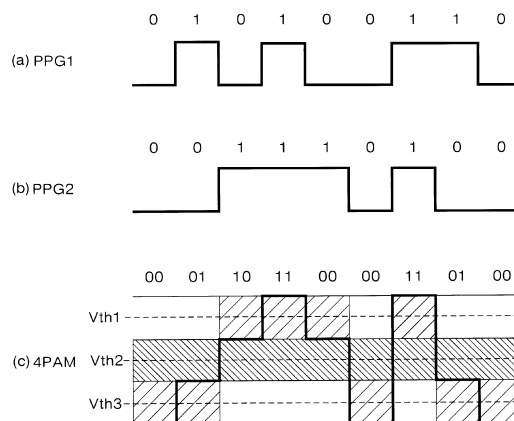
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2015-146535(JP,A)  
特開平08-331183(JP,A)  
特開平06-291668(JP,A)  
特開2005-328110(JP,A)  
特開2004-320104(JP,A)  
特開平04-054043(JP,A)  
特表2017-512017(JP,A)  
国際公開第2015/109222(WO,A1)  
特開2014-072547(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 25/02  
G01R 31/28  
H04L 1/00  
H04L 25/49