

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-122458

(P2022-122458A)

(43)公開日 令和4年8月23日(2022.8.23)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 B 1/707(2011.01)

H 0 4 B 1/707

5 K 0 1 4

H 0 4 L 1/00 (2006.01)

H 0 4 L 1/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全32頁)

(21)出願番号 特願2021-19699(P2021-19699)

(22)出願日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(71)出願人 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

(74)代理人 100140501

弁理士 有我 栄一郎

(74)代理人 100072604

弁理士 有我 軍一郎

(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

F ターム(参考) 5K014 GA02

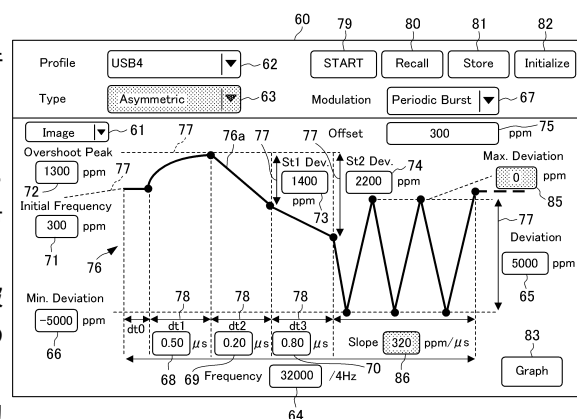
(54)【発明の名称】 スペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法

(57)【要約】

【課題】トレーニング中の変調用信号の波形の調整を行う際のユーザビリティの向上を図ることができるスペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法を提供する。

【解決手段】設定画面60は、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための第0周波数偏移入力部71、第1周波数偏移入力部72、第2周波数偏移入力部73、及び第3周波数偏移入力部74と、変調用信号の波形のパターンを第1パターンから第2パターンに切り替えるための変調選択部67とを含む。

【選択図】図3



10

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基準周波数 F_c の基準信号を発生する基準信号発生源 (10) と、
変調用信号を発生する変調用信号発生器 (20) と、
前記変調用信号で前記基準信号を周波数変調してスペクトラム拡散クロック信号を発生する変調部 (35) と、
前記変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面 (60) を表示する表示部 (41) と、
前記設定画面に対する操作入力を受け付ける操作部 (40) と、
前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形を制御する変調制御部 (42) と、を備え、
前記設定画面は、
前記変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力部 (71 ~ 74) と、
前記変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンに切り替えるためのパターン切替入力部 (67) と、を含み、
前記変調制御部は、前記操作部による前記パターン切替入力部への前記操作入力を契機として、前記変調用信号の波形のパターンを前記第 1 パターンから前記第 2 パターンへ切り替えることを特徴とするスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 2】

前記周波数偏移入力部は、
前記複数の時間区間のうちの第 0 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 0 周波数偏移入力部 (71) と、
前記複数の時間区間のうちの第 1 区間の最後における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 1 周波数偏移入力部 (72) と、
前記複数の時間区間のうちの第 2 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 2 周波数偏移入力部 (73) と、
前記複数の時間区間のうちの第 3 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 3 周波数偏移入力部 (74) と、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 3】

前記設定画面は、
前記変調用信号の波形の変調周波数を設定するための変調周波数入力部 (64) と、
前記複数の時間区間のうちのいくつかの時間幅を設定するための時間幅入力部 (68 ~ 70) と、を更に含み、
前記変調制御部は、前記変調周波数入力部により設定された前記変調周波数と、前記時間幅入力部により設定された前記いくつかの時間幅とに基づいて、前記時間幅入力部により設定されない残りの時間区間の時間幅を算出する時間幅算出部 (42a) を含むことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 4】

前記設定画面は、前記変調用信号の模式的な波形イメージ (76a, 76b) を表示する波形イメージ表示領域 (76) を更に含み、
前記波形イメージ表示領域は、前記操作部による前記パターン切替入力部への前記操作入力を契機として、前記第 1 パターンの模式的な波形イメージを前記第 2 パターンの模式的な波形イメージに切り替えて表示することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 5】

前記設定画面は、
前記波形イメージ表示領域に表示された前記波形イメージに対応付けて、前記変調用信号の波形において前記周波数偏移を設定可能な箇所を示す周波数偏移設定可能箇所表示部

(7 7) と、

前記波形イメージ表示領域に表示された前記波形イメージに対応付けて、前記変調用信号の波形において前記複数の時間区間の時間幅を設定可能な箇所を示す時間幅設定可能箇所表示部 (7 8) と、を更に含み、

前記周波数偏移入力部及び前記時間幅入力部は、それぞれ前記周波数偏移設定可能箇所表示部及び前記時間幅設定可能箇所表示部の近傍に配置されることを特徴とする請求項 4 に記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 6】

前記変調制御部は、前記周波数偏移入力部により設定された前記時間区間ごとの周波数偏移と、前記時間幅入力部により設定された前記時間区間ごとの時間幅と、前記時間幅算出部により算出された時間幅とに基づいて、前記時間区間ごとの前記変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値を算出する傾き絶対値算出部 (4 2 b) を更に含み、

前記表示部は、前記周波数偏移入力部、前記時間幅入力部、及び前記傾き絶対値算出部により算出された前記傾きの絶対値を、前記設定画面においてリスト形式で表示することを特徴とする請求項 3 に記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 7】

前記表示部は、前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面 (9 0) を更に表示することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のスペクトラム拡散クロック発生器。

【請求項 8】

基準周波数 F_c の基準信号を発生する基準信号発生ステップ (S 5) と、
変調用信号を発生する変調用信号発生ステップと、

前記変調用信号で前記基準信号を周波数変調してスペクトラム拡散クロック信号を発生する変調ステップ (S 6 , S 9 , S 1 0) と、

前記変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面 (6 0) を表示する表示ステップ (S 1) と、

前記設定画面に対する操作入力を受け付ける操作ステップ (S 2) と、

前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形を制御する変調制御ステップ (S 4 , S 8) と、を備え、

前記操作ステップは、

前記変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力ステップ (S 2 2 ~ S 2 6) と、

前記変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンに切り替えるためのパターン切替入力ステップと、を含み、

前記変調制御ステップは、前記パターン切替入力ステップでの前記操作入力を契機として、前記変調用信号の波形のパターンを前記第 1 パターンから前記第 2 パターンへ切り替えることを特徴とするスペクトラム拡散クロック発生方法。

【請求項 9】

前記周波数偏移入力ステップは、

前記複数の時間区間のうちの第 0 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 0 周波数偏移入力ステップ (S 2 2) と、

前記複数の時間区間のうちの第 1 区間の最後における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 1 周波数偏移入力ステップ (S 2 3) と、

前記複数の時間区間のうちの第 2 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 2 周波数偏移入力ステップ (S 2 4) と、

前記複数の時間区間のうちの第 3 区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第 3 周波数偏移入力ステップ (S 2 5) と、

前記変調用信号の波形の周波数偏移の最小値を設定するための最小周波数偏移入力ステップ (S 2 6) と、を含むことを特徴とする請求項 8 に記載のスペクトラム拡散クロック発生方法。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記表示ステップは、前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面（90）を更に表示することを特徴とする請求項8及び請求項9に記載のスペクトラム拡散クロック発生方法。

【請求項 11】

前記請求項1から請求項7のいずれかに記載のスペクトラム拡散クロック発生器により発生された前記スペクトラム拡散クロック信号を用いてパルスパターン信号を発生することを特徴とするパルスパターン発生装置。

【請求項 12】

前記請求項8から請求項10のいずれかに記載のスペクトラム拡散クロック発生方法により発生された前記スペクトラム拡散クロック信号を用いてパルスパターン信号を発生するステップ（S32）を含むことを特徴とするパルスパターン発生方法。 10

【請求項 13】

前記請求項11に記載のパルスパターン発生装置（50）と、
被試験対象（200）を試験するための試験信号の入力に伴って前記被試験対象から出力される被測定信号と前記試験信号とを比較して、前記被測定信号の誤り率を算出する誤り率算出部（54）と、を備え、

前記試験信号は、前記パルスパターン発生装置により発生された前記パルスパターン信号であることを特徴とする誤り率測定装置。

【請求項 14】

前記請求項12に記載のパルスパターン発生方法と、
被試験対象（200）を試験するための試験信号の入力に伴って前記被試験対象から出力される被測定信号と前記試験信号とを比較して、前記被測定信号の誤り率を算出する誤り率算出ステップ（S35）と、を含み、

前記試験信号は、前記パルスパターン発生方法により発生された前記パルスパターン信号であることを特徴とする誤り率測定方法。 20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、基準信号のスペクトラムを拡散してスペクトラム拡散クロック信号を発生するスペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法に関する。 30

【背景技術】**【0002】**

近年、IoTやクラウドコンピューティングの普及により通信システムは膨大なデータを扱うようになり、通信システムを構成する各種の通信機器のインターフェースは高速化とシリアル伝送化が進んでいる。例えば、USB（登録商標）（Universal Serial Bus）やPCIe（登録商標）（Peripheral Component Interconnect Express）などのハイスピードシリアルバス（High Speed Serial Bus）の規格では、LTSSM（Link Training and Status State Machine、以下、「リンク状態管理機構」と称する）と呼ばれるステートマシンにより、デバイス間の通信の初期化やリンク速度の調整などが管理されている。また、上記の規格では、電磁両立性（Electro-Magnetic Compatibility：EMC）対策として、基準信号のスペクトラムを拡散したスペクトラム拡散クロック（Spread-Spectrum Clocking：SSC）によるSSC変調が採用されている。 40

【0003】

そして、通信機器における信号の品質評価の指標の一つとして、受信データのうちビット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（Bit Error Rate：BER）が知られている。BERを測定する従来の誤り率測定装置は、パ 50

ルスパターン発生装置（Pulse Pattern Generator：PPG）から規格が定める特定パターンを高速に切り替えて出力することによって、被試験対象（Device Under Test：DUT）が備えるリンク状態管理機構を制御し、特定のステートに遷移させる機能（シーケンスパターン機能）を備えている。なお、DUTをステート遷移させるパターンは規格で定められており、誤り率測定装置は、それらのパターンの出力順をシーケンスパターン機能により組み合わせて、PPGからパターンを出力するようになっている。

【0004】

図15は、リンク状態管理機構のステート遷移の一例を示しており、ステートとして、L0、L0s、L1、L2、Detect、Polling、Configuration、Disabled、Hot Reset、Loopback、Recoveryが定義されている。

10

【0005】

ここで、この種の誤り率測定装置では、DUTの誤り率測定を行う際に、スペクトラム拡散されたスペクトラム拡散クロック信号（以下、「SSC変調信号」とも称する）とデータ信号を用いて所望のパルスパターン信号を発生させてDUTに入力させる必要がある。そのため、所望のスペルッド方式でSSC変調信号を発生することができるSSC発生器やパルスパターン発生装置が要求されている。

【0006】

そして、従来のSSC発生器やパルスパターン発生装置の内部では、SSC変調信号を発生させるために、所定の変調周波数を有する三角波を発生し、この三角波によって所定の基準周波数を有する基準信号を周波数掃引して周波数変調を掛けていた（例えば、特許文献1参照）。

20

【0007】

ところで、USB4の規格においては、図15に示したLoopback（ループバック）ステートなどの定常状態と、定常状態の間の途中の遷移状態であるトレーニング中の状態とでは動作要求が異なる。

【0008】

図16は、定常状態におけるダウンスペルッド方式のSSC変調信号を発生するための変調用信号の波形（三角波）の波形パターンを示しており、縦軸は基準信号の基準周波数に対する周波数偏移を表している。なお、以降では、この波形パターンを「定常状態モード」の波形パターンとも呼ぶ。この例では、基準周波数に対する周波数偏移の中心周波数は、基準周波数よりも2500ppmほど低くなっている。また、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きは、三角波の1/2周期でその正負が切り替わるが、絶対値は常に一定である。

30

【0009】

図17(a)は、USB4のトレーニング中の状態におけるSSC変調信号を発生するための変調用信号の波形パターンを示しており、縦軸は基準信号の基準周波数に対する周波数偏移を表している。なお、以降では、この波形パターンを「周期的バーストモード」の波形パターンとも呼ぶ。周期的バーストモードの波形パターンの第0区間（時間幅dt0）から第3区間（時間幅dt3）までの時間区間における周波数偏移の傾きは、定常状態と異なり時間変動している。第0区間から第3区間までの周波数偏移によって、基準周波数に対する周波数偏移の中心周波数は、図16の定常状態の場合よりも大きく（絶対値が小さく）なっている。なお、周期的バーストモードの波形パターンの第4区間（時間幅dt4）から第8区間（時間幅dt8）までは、周波数偏移の傾きが定常状態と等しい三角波になっている。最後の第9区間（時間幅dt9）は、第8区間の最後の周波数偏移から第0区間の周波数偏移に戻すための時間区間である。周期的バーストモードの波形パターンは、第0区間から第9区間を1フレームとして繰り返される。

40

【0010】

図17(b)は、周期的バーストモードから定常状態モードに移行するための変調用信号の波形パターンを示しており、縦軸は基準信号の基準周波数に対する周波数偏移を表している。なお、以降では、この波形パターンを「連続的モード」の波形パターンとも呼ぶ

50

。連続的モードの波形パターンの第 0 区間から第 3 区間までの時間区間における周波数偏移の傾きは、定常状態と異なり時間変動している。第 0 区間から第 3 区間までの周波数偏移によって、基準周波数に対する周波数偏移の中心周波数は、図 16 の定常状態の場合よりも大きく（絶対値が小さく）なっている。なお、連続的モードの波形パターンの第 4 区間から第 9 区間までは、周波数偏移の傾きが定常状態と等しい三角波になっている。連続的モードの波形パターンは、第 0 区間から第 9 区間までが 1 フレームであり、第 9 区間に連続して、定常状態モードの波形パターンが開始される。

【 0 0 1 1 】

近年、通信システムを構成する各種の通信機器の多くは、同期用のクロック信号を伝送せず、データ信号のみを伝送するようになっており、受信側の通信機器は、受信したデータ信号からクロック信号を再生するクロック再生回路を備えている。

10

【 0 0 1 2 】

トレーニング前の状態において、SSC 変調が掛かっていない基準信号に基づくパルスパターン信号を DUT に入力している状態から、いきなり定常状態と同等の SSC 変調が掛かった基準信号に基づくパルスパターン信号を DUT に入力してしまうと、DUT 内のクロック再生回路の入力周波数変動が大きくなる。このため、クロック再生回路内でロックが外れて再生クロックが出力されなくなってしまう、正しくリンクトレーニングが行えなくなる。そこで、USB 4 などの規格では、SSC 変調が掛かっていない基準信号にまず、図 17 (a) 及び (b) に示すような定常状態での SSC 変調よりも周波数偏移の少ない SSC 変調を掛けることにより、DUT 内のクロック再生回路の入力周波数変動を抑えることが要求されている。トレーニングが完了して定常状態へ移行した後は、定常状態での SSC 変調を基準信号に掛けることが可能になる。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 特許第 6 6 0 6 2 1 1 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

特許文献 1 に開示されたような従来の SSC 発生器は、変調用信号の波形を決定するパラメータとして、変調周波数、変調量（周波数偏移の最大振幅）、スプレッド方式を設定することで、三角波の変調用信号の波形を発生可能となる。しかしながら、USB 4 のトレーニング中の変調用信号の波形を発生させるには、これらのパラメータの設定だけでは足りないという問題があった。このため、既に述べた周期的バーストモードと連続的モードの波形パターンの調整を行うために、変調用信号の波形の単位時間 dt に対する単位周波数偏移 df などのパラメータ設定を容易に行うことのできる SSC 発生器が求められている。

30

【 0 0 1 5 】

本発明は、このような従来の課題を解決するためになされたものであって、トレーニング中の変調用信号の波形の調整を行う際のユーザビリティの向上を図ることができるスペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、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する。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するために、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、基準周波数 F_c の基準信号を発生する基準信号発生源と、変調用信号を発生する変調用信号発生器と、前記変調用信号で前記基準信号を周波数変調してスペクトラム拡散クロック信号を発生する変調部と、前記変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面を表示する表示部と、前記設定画面に対する操作入力を受け付ける操作部と、前記設定

50

画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形を制御する変調制御部と、を備え、前記設定画面は、前記変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力部と、前記変調用信号の波形のパターンを第1パターンから第2パターンに切り替えるためのパターン切替入力部と、を含み、前記変調制御部は、前記操作部による前記パターン切替入力部への前記操作入力を契機として、前記変調用信号の波形のパターンを前記第1パターンから前記第2パターンへ切り替える構成である。

【0017】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための設定画面を表示するため、トレーニング中の変調用信号の波形の調整を行う際のユーザビリティの向上を図ることができる。また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、設定画面が、変調用信号発生器により発生される変調用信号の波形のパターンを第1パターンから第2パターンに切り替えるためのパターン切替入力部を含むことにより、例えば、周期的バーストモードから連続的モードへのシームレスな変更を行うことができる。

10

【0018】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記周波数偏移入力部は、前記複数の時間区間のうちの第0区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第0周波数偏移入力部と、前記複数の時間区間のうちの第1区間の最後における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第1周波数偏移入力部と、前記複数の時間区間のうちの第2区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第2周波数偏移入力部と、前記複数の時間区間のうちの第3区間における前記変調用信号の波形の周波数偏移を設定するための第3周波数偏移入力部と、を含む構成であってもよい。

20

【0019】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、設定画面において時間区間ごとにトレーニング中の変調用信号の波形の周波数偏移を設定可能とすることで、トレーニング中の変調用信号の波形の周波数偏移を任意に設定することができる。

【0020】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記設定画面は、前記変調用信号の波形の変調周波数を設定するための変調周波数入力部と、前記複数の時間区間のうちのいくつかの時間幅を設定するための時間幅入力部と、を更に含み、前記変調制御部は、前記変調周波数入力部により設定された前記変調周波数と、前記時間幅入力部により設定された前記いくつかの時間幅とに基づいて、前記時間幅入力部により設定されない残りの時間区間の時間幅を算出する時間幅算出部を含む構成であってもよい。

30

【0021】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、時間幅入力部により設定されない残りの時間区間の時間幅を算出する時間幅算出部を備えるため、ユーザの設定項目を少なくしてユーザビリティを上げることができる。

【0022】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記設定画面は、前記変調用信号の模式的な波形イメージを表示する波形イメージ表示領域を更に含み、前記波形イメージ表示領域は、前記操作部による前記パターン切替入力部への前記操作入力を契機として、前記第1パターンの模式的な波形イメージを前記第2パターンの模式的な波形イメージに切り替えて表示する構成であってもよい。

40

【0023】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、波形イメージ表示領域において、周期的バーストモード時と連続的モード時とでそれぞれの波形イメージを切り替えて示すことにより、変調用信号発生器がどちらのモードの変調用信号を出力しているかをユーザに視覚的に識別させることができる。

50

【 0 0 2 4 】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記設定画面は、前記波形イメージ表示領域に表示された前記波形イメージに対応付けて、前記変調用信号の波形において前記周波数偏移を設定可能な箇所を示す周波数偏移設定可能箇所表示部と、前記波形イメージ表示領域に表示された前記波形イメージに対応付けて、前記変調用信号の波形において前記複数の時間区間の時間幅を設定可能な箇所を示す時間幅設定可能箇所表示部と、を更に含み、前記周波数偏移入力部及び前記時間幅入力部は、それぞれ前記周波数偏移設定可能箇所表示部及び前記時間幅設定可能箇所表示部の近傍に配置される構成であってもよい。

【 0 0 2 5 】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、波形イメージ表示領域に表示された波形イメージに対応付けて、周波数偏移入力部及び時間幅入力部を配置している。このため、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、設定すべき項目をユーザが一目で分かるように表示するとともに、ユーザに変調用信号の波形の全体像をイメージさせやすくなっている。

【 0 0 2 6 】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記変調制御部は、前記周波数偏移入力部により設定された前記時間区間ごとの周波数偏移と、前記時間幅入力部により設定された前記時間区間ごとの時間幅と、前記時間幅算出部により算出された時間幅とに基づいて、前記時間区間ごとの前記変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値を算出する傾き絶対値算出部を更に含み、前記表示部は、前記周波数偏移入力部、前記時間幅入力部、及び前記傾き絶対値算出部により算出された前記傾きの絶対値を、前記設定画面においてリスト形式で表示する構成であってもよい。

【 0 0 2 7 】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、設定画面が、周波数偏移入力部、時間幅入力部、及び傾き絶対値算出部により算出された傾きの絶対値をリスト形式で表示する。このため、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、時間区間ごとの周波数偏移や傾き絶対値情報をユーザに分かりやすく明確に表示することができる。

【 0 0 2 8 】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器においては、前記表示部は、前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面を更に表示する構成であってもよい。

【 0 0 2 9 】

この構成により、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器は、設定画面に対する操作入力に応じて、変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面を備えているため、波形イメージ表示領域における波形イメージでは分かりにくい波形の時間変化をユーザが一目で分かるように表示することができる。

【 0 0 3 0 】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生方法は、基準周波数 F_c の基準信号を発生する基準信号発生ステップと、変調用信号を発生する変調用信号発生ステップと、前記変調用信号で前記基準信号を周波数変調してスペクトラム拡散クロック信号を発生する変調ステップと、前記変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面を表示する表示ステップと、前記設定画面に対する操作入力を受け付ける操作ステップと、前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調用信号の波形を制御する変調制御ステップと、を備え、前記操作ステップは、前記変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力ステップと、前記変調用信号の波形のパターンを第1パターンから第2パターンに切り替えるためのパターン切替入力ステップと、を含み、前記変調制御ステップは、前記パターン切替入力ステップでの前記操作入力を契機として、前記変調用信号の波形のパターンを前記第1パターンから前記第

10

20

30

40

50

２パターンへ切り替える構成である。

【００３１】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生方法においては、前記周波数偏移入力ステップは、前記複数の時間区間のうちの第０区間における前記変調信号の波形の周波数偏移を設定するための第０周波数偏移入力ステップと、前記複数の時間区間のうちの第１区間の最後における前記変調信号の波形の周波数偏移を設定するための第１周波数偏移入力ステップと、前記複数の時間区間のうちの第２区間における前記変調信号の波形の周波数偏移を設定するための第２周波数偏移入力ステップと、前記複数の時間区間のうちの第３区間における前記変調信号の波形の周波数偏移を設定するための第３周波数偏移入力ステップと、前記変調信号の波形の周波数偏移の最小値を設定するための最小周波数偏移入力ステップと、を含む構成であってもよい。

【００３２】

また、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生方法においては、前記表示ステップは、前記設定画面に対する前記操作入力に応じて、前記変調信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面を更に表示する構成であってもよい。

【００３３】

また、本発明に係るパルスパターン発生装置は、上記のいずれかのスペクトラム拡散クロック発生器により発生された前記スペクトラム拡散クロック信号を用いてパルスパターン信号を発生する構成である。

【００３４】

この構成により、本発明に係るパルスパターン発生装置は、スペクトラム拡散クロック発生器からのＳＳＣ変調信号と外部から入力されるデータ信号とから所望の繰り返しパターンによるパルスパターン信号を発生することができる。

【００３５】

また、本発明に係るパルスパターン発生方法は、上記のいずれかのスペクトラム拡散クロック発生方法により発生された前記スペクトラム拡散クロック信号を用いてパルスパターン信号を発生するステップを含む構成である。

【００３６】

また、本発明に係る誤り率測定装置は、上記のパルスパターン発生装置と、被試験対象を試験するための試験信号の入力に伴って前記被試験対象から出力される被測定信号と前記試験信号とを比較して、前記被測定信号の誤り率を算出する誤り率算出部と、を備え、前記試験信号は、前記パルスパターン発生装置により発生された前記パルスパターン信号であってもよい。

【００３７】

この構成により、本発明に係る誤り率測定装置は、ＳＳＣ変調信号により変調されたパルスパターン信号を試験信号として用いて、ＤＵＴの誤り率測定を行うことができる。

【００３８】

また、本発明に係る誤り率測定方法は、上記のパルスパターン発生方法と、被試験対象を試験するための試験信号の入力に伴って前記被試験対象から出力される被測定信号と前記試験信号とを比較して、前記被測定信号の誤り率を算出する誤り率算出ステップと、を含み、前記試験信号は、前記パルスパターン発生方法により発生された前記パルスパターン信号であってもよい。

【発明の効果】

【００３９】

本発明は、トレーニング中の変調信号の波形の調整を行う際のユーザビリティの向上を図ることができるスペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【００４０】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る S S C 発生器の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示した S S C 発生器が備える変調用信号発生器により生成される、傾き正負情報、傾き絶対値情報、傾き情報、オフセット前の変調用信号、及びオフセット後の変調用信号を示すグラフである。

【図 3】図 1 に示した S S C 発生器における周期的バーストモード時 (U S B 4) の設定画面のイメージ形式での表示例を示す図である。

【図 4】図 1 に示した S S C 発生器における連続的モード時 (U S B 4) の設定画面のイメージ形式での表示例を示す図である。

【図 5】図 1 に示した S S C 発生器における周期的バーストモード時 (D P 1 . 4) の設定画面のイメージ形式での表示例を示す図である。

【図 6】図 1 に示した S S C 発生器における連続的モード時 (D P 1 . 4) の設定画面のイメージ形式での表示例を示す図である。

【図 7】図 1 に示した S S C 発生器における周期的バーストモード時の設定画面のリスト形式での表示例を示す図である。

【図 8】図 1 に示した S S C 発生器の波形表示画面の表示例を示す図である。

【図 9】(a) は従来の累積加算部におけるフレームごとの出力のずれを示す説明図であり、(b) は図 1 に示した累積加算部におけるフレームごとの出力のずれの補正処理を示す説明図である。

【図 1 0】図 1 に示した S S C 発生器を用いる S S C 発生方法の処理を示すフローチャートである。

【図 1 1】図 8 のフローチャートにおけるステップ S 2 の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 1 2】本発明の第 2 の実施形態に係る誤り率測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 3】本発明の第 2 の実施形態に係る誤り率測定装置が備えるパルスパターン発生装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 4】本発明の第 2 の実施形態に係るパルスパターン発生方法及び誤り率測定方法の処理を示すフローチャートである。

【図 1 5】リンク状態管理機構のステート遷移を示す図である。

【図 1 6】定常状態におけるダウンスプレッド方式の S S C 変調信号を発生するための三角波の波形パターンを示すグラフである。

【図 1 7】(a) はトレーニング中の状態における S S C 変調信号を発生するための変調用信号の波形パターンを示すグラフであり、(b) はトレーニング中の状態から定常状態に移行するための変調用信号の波形のパターンを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 1 】

以下、本発明に係るスペクトラム拡散クロック発生器及びスペクトラム拡散クロック発生方法、パルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法の実施形態について図面を用いて説明する。以下では、主に U S B 4 の規格を例に挙げて説明する。

【 0 0 4 2 】

(第 1 の実施形態)

図 1 に示すように、本発明の第 1 の実施形態に係るスペクトラム拡散クロック発生器 (以下、「 S S C 発生器」とも称する) 1 は、基準信号発生源 1 0 と、変調用信号発生器 2 0 と、変調部 3 5 と、操作部 4 0 と、表示部 4 1 と、変調制御部 4 2 と、を備える。

【 0 0 4 3 】

基準信号発生源 1 0 は、基準周波数 F_c の基準信号 (クロック信号) を発生するようになっている。基準周波数 F_c は、例えば数 G H z 程度の周波数である。

【 0 0 4 4 】

変調用信号発生器 2 0 は、基準信号に対して S S C 変調を行うための変調用信号を発生

10

20

30

40

50

するものであり、フレーム周波数カウンタ部 2 1 と、傾き正負情報出力部 2 2 と、傾き絶対値情報出力部 2 3 と、乗算部 2 4 と、切替制御部 2 5 と、累積加算部 2 6 と、オフセット加算部 2 7 と、を含む。なお、フレーム周波数カウンタ部 2 1、傾き正負情報出力部 2 2、傾き絶対値情報出力部 2 3、乗算部 2 4、及び累積加算部 2 6 には、所定のクロック周期 T_{clk} を与える動作クロックが外部から入力される。

【0045】

フレーム周波数カウンタ部 2 1 は、外部から入力される動作クロックのクロック数をカウントするものであり、変調制御部 4 2 から入力される変調周波数の情報に基づいて、変調用信号の波形パターンのフレームの先頭でクロック数のカウント値をリセットするようになっている。なお、フレーム周波数カウンタ部 2 1 によりカウントされたクロック数の

10

【0046】

傾き正負情報出力部 2 2 は、周期的バーストモード正負切替部 2 2 a と、連続的モード正負切替部 2 2 b と、定常状態モード正負切替部 2 2 c と、セレクタ (SEL) 2 2 d と、を含む。

【0047】

周期的バーストモード正負切替部 2 2 a は、図 17 (a) に示すような周期的バーストモードの波形パターンの周波数偏移の傾きの正負を表す、+ 1 又は - 1 の値からなる傾き正負情報を出力するようになっている。具体的には、周期的バーストモード正負切替部 2 2 a は、フレーム周波数カウンタ部 2 1 からのカウント値に基づいて、時間幅 dt_0 , dt_1 , dt_5 , dt_7 , dt_9 の時間区間においては「+ 1」を傾き正負情報として出力し、時間幅 dt_2 , dt_3 , dt_4 , dt_6 , dt_8 の時間区間においては「- 1」を傾き正負情報として出力する。図 2 の 1 段目のグラフの 1 フレーム目は、周期的バーストモード時の傾き正負情報の一例を示している。

20

【0048】

連続的モード正負切替部 2 2 b は、図 17 (b) に示すような連続的モードの波形パターンの周波数偏移の傾きの正負を表す、+ 1 又は - 1 の値からなる傾き正負情報を出力するようになっている。具体的には、連続的モード正負切替部 2 2 b は、フレーム周波数カウンタ部 2 1 からのカウント値に基づいて、時間幅 dt_0 , dt_1 , dt_5 , dt_7 , dt_9 の時間区間においては「+ 1」を傾き正負情報として出力し、時間幅 dt_2 , dt_3 , dt_4 , dt_6 , dt_8 の時間区間においては「- 1」を傾き正負情報として出力する。図 2 の 1 段目のグラフの 2 フレーム目は、連続的モード時の傾き正負情報の一例を示している。

30

【0049】

定常状態モード正負切替部 2 2 c は、フレーム周波数カウンタ部 2 1 からのカウント値に基づいて、変調用信号の三角波の波形の 1 / 2 周期ごとに、図 16 に示すような定常状態モードの波形パターンの周波数偏移の傾きの正負を表す、+ 1 又は - 1 の値からなる傾き正負情報を出力するようになっている。図 2 の 1 段目のグラフの 3 フレーム目は、定常状態モード時の傾き正負情報の一例を示している。

40

【0050】

SEL 2 2 d は、周期的バーストモード時には周期的バーストモード正負切替部 2 2 a からの傾き正負情報を乗算部 2 4 に出力し、連続的モード時には連続的モード正負切替部 2 2 b からの傾き正負情報を乗算部 2 4 に出力し、定常状態モード時には定常状態モード正負切替部 2 2 c からの傾き正負情報を乗算部 2 4 に出力するようになっている。

【0051】

傾き絶対値情報出力部 2 3 は、周期的バーストモード傾き切替部 2 3 a と、連続的モード傾き切替部 2 3 b と、定常状態モード傾き切替部 2 3 c と、セレクタ (SEL) 2 3 d と、を含む。

【0052】

50

周期的バーストモード傾き切替部 23 a は、フレーム周波数カウンタ部 21 からのカウンタ値に基づいて、図 17 (a) に示すような周期的バーストモードの波形パターンの周波数偏移の傾きの絶対値の情報（以下、「傾き絶対値情報」とも称する）を出力するようになっている。周期的バーストモード傾き切替部 23 a から出力される傾き絶対値情報は、ユーザによる操作部 40 への操作入力により指定される変調周波数や任意の時間区間ごとの周波数偏移に応じて決まる。図 2 の 2 段目のグラフの 1 フレーム目は、周期的バーストモード時の傾き絶対値情報の一例を示している。周期的バーストモード時の傾き絶対値情報は、周期的バーストモード時の周波数偏移の傾きを所定のクロック周期 T_{clk} にわたって積分した値に相当する。

【0053】

10

連続的モード傾き切替部 23 b は、フレーム周波数カウンタ部 21 からのカウンタ値に基づいて、図 17 (b) に示すような連続的モードの波形パターンの周波数偏移の傾き絶対値情報を出力するようになっている。連続的モード傾き切替部 23 b から出力される傾き絶対値情報は、ユーザによる操作部 40 への操作入力により指定される変調周波数や任意の時間区間ごとの周波数偏移に応じて決まる。図 2 の 2 段目のグラフの 2 フレーム目は、連続的モード時の傾き絶対値情報の一例を示している。連続的モード時の傾き絶対値情報は、連続的モード時の周波数偏移の傾きを所定のクロック周期 T_{clk} にわたって積分した値に相当する。

【0054】

定常状態モード傾き切替部 23 c は、フレーム周波数カウンタ部 21 からのカウンタ値に基づいて、図 16 に示すような定常状態モードの波形パターンの周波数偏移の傾き絶対値情報を出力するようになっている。定常状態モード傾き切替部 23 c から出力される傾き絶対値情報は、ユーザによる操作部 40 への操作入力により指定される変調周波数や任意の時間区間ごとの周波数偏移に応じて決まる。図 2 の 2 段目のグラフの 3 フレーム目は、定常状態モード時の傾き絶対値情報の一例を示している。定常状態モード時の傾き絶対値情報は、定常状態モード時の周波数偏移の傾きを所定のクロック周期 T_{clk} にわたって積分した値に相当する。

【0055】

SEL 23 d は、周期的バーストモード時には周期的バーストモード傾き切替部 23 a からの傾き絶対値情報を乗算部 24 に出力し、連続的モード時には連続的モード傾き切替部 23 b からの傾き絶対値情報を乗算部 24 に出力し、定常状態モード時には定常状態モード傾き切替部 23 c からの傾き絶対値情報を乗算部 24 に出力するようになっている。

【0056】

切替制御部 25 は、周期的バーストモードを連続的モードを経て定常状態モードに切り替えるための切替指示を含む切替制御信号が入力され、その切替タイミングを制御するための切替タイミング制御信号を SEL 22 d 及び SEL 23 d に出力するようになっている。なお、以降では、周期的バーストモードの波形パターンを「第 1 パターン」、連続的モードの波形パターンを「第 2 パターン」、定常状態モードの波形パターンを「第 3 パターン」とも称する。ここで、切替指示は、例えば、DUT が備えるリンク状態管理機構がトレーニング中の状態から定常状態に遷移したことを示すものであり、SSC 発生器 1 の外部から切替制御部 25 に入力される。あるいは、切替指示は、後述する設定画面 60 の変調選択部 67 に対する操作入力により、任意のタイミングで切替制御部 25 に与えられてもよい。

【0057】

乗算部 24 は、傾き正負情報出力部 22 から出力された傾き正負情報と、傾き絶対値情報出力部 23 から出力された傾き絶対値情報を乗算して得られる値、すなわち、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの情報（以下、「傾き情報」とも称する）を出力するようになっている。

【0058】

累積加算部 26 は、乗算部 24 から出力された変調用信号の傾き情報を所定のクロック

50

周期 T_{clk} ごとに累積加算することで、変調用信号を生成するようになっている。

【0059】

オフセット加算部 27 は、累積加算部 26 により生成された変調用信号の全体を必要に応じてオフセットすることで、所望の変調用信号を出力するようになっている。例えば、オフセット加算部 27 は、時間幅 dt_0 の第 0 区間における周波数偏移の分だけ変調用信号の全体をオフセットする。

【0060】

図 1 に示す操作部 40 は、ユーザによる操作入力を受け付けるためのものであり、例えば表示部 41 の表示画面に対応する入力面への接触操作による接触位置を検出するためのタッチセンサを備えるタッチパネルで構成される。操作部 40 は、ユーザが表示画面に表示されている特定の項目の位置を指やスタイラス等で触れた際に、タッチセンサが表示画面上で検出した位置と項目の位置との一致を認識することにより、各項目に割り当てられた機能を実行するための信号を変調制御部 42 に出力する。操作部 40 は、表示部 41 に操作可能に表示されるものであってもよく、あるいは、キーボード又はマウスのような入力デバイスを含んで構成されるものであってもよい。

10

【0061】

ユーザによる操作部 40 への操作入力により、所望の規格に応じたスペクトラム拡散が施された SSC 変調信号を発生するために必要な設定情報として、スプレッド方式の選択、変調周波数、基準信号発生源 10 から出力される基準信号の基準周波数 F_c 、任意の時間区間ごとの周波数偏移（基準周波数 F_c に対する変調の割合）などの設定を行うことが可能である。さらに、ユーザによる操作部 40 への操作入力により、周期的バーストモードから連続的モードを経て定常状態モードに切り替えるための切替指示を変調制御部 42 から切替制御部 25 に出力させることも可能である。

20

【0062】

表示部 41 は、液晶ディスプレイや CRT 等の表示機器で構成され、変調制御部 42 による表示制御に基づき、後述する設定画面 60 を含む SSC 発生器 1 に関する設定項目画面や、設定項目画面において各種条件を設定するためのボタン、ソフトキー、プルダウンメニュー、テキストボックスなどの操作対象の表示を行うようになっている。

【0063】

また、図 3 ~ 図 7 に示すように、表示部 41 は、変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面 60 を表示するようになっている。ここで、操作部 40 は、設定画面 60 に対する操作入力を受け付けるようになっている。

30

【0064】

図 3 及び図 4 は、USB 4 用の変調用信号の波形を決定する各種パラメータを設定するための設定画面 60 の一例を示しており、図 5 及び図 6 は、DP 1.4 用の変調用信号の波形を決定する各種パラメータを設定するための設定画面 60 の一例を示している。設定画面 60 は、表示形式選択部 61 と、波形選択部 62 と、スプレッド方式選択部 63 と、変調周波数入力部 64 と、周波数偏移振幅入力部 65 と、最小周波数偏移入力部 66 と、変調選択部 67 と、第 1 区間入力部 68 と、第 2 区間入力部 69 と、第 3 区間入力部 70 と、第 0 周波数偏移入力部 71 と、第 1 周波数偏移入力部 72 と、第 2 周波数偏移入力部 73 と、第 3 周波数偏移入力部 74 と、オフセット入力部 75 と、波形イメージ表示領域 76 と、周波数偏移設定可能箇所表示部 77 と、時間幅設定可能箇所表示部 78 と、SSC 変調ボタン 79 と、波形パラメータ読出ボタン 80 と、波形パラメータ保存ボタン 81 と、波形パラメータ初期化ボタン 82 と、グラフ表示ボタン 83 と、を含む。なお、DP 1.4 用の設定画面 60 は、第 3 周波数偏移入力部 74 を含まない。

40

【0065】

表示形式選択部 61 は、変調用信号の波形を決定する各種パラメータを設定するための表示形式を、図 3 ~ 図 6 に示すようなイメージ形式「Image」にするか、あるいは、図 7 に示すようなリスト形式「List」にするかを選択するためのプルダウンメニューとして構成される。

50

【 0 0 6 6 】

波形選択部 6 2 は、例えば、三角波の変調用信号の波形「Triangular」と、U S B 4 用の変調用信号の波形「USB4」と、D P 1 . 4 用の変調用信号の波形「DP1.4」とを切り替えるためのプルダウンメニューとして構成される。なお、図 3、図 4、及び図 7 は、波形選択部 6 2 において、U S B 4 用の変調用信号の波形が選択された状態を示しており、図 5 及び図 6 は、波形選択部 6 2 において、D P 1 . 4 用の変調用信号の波形が選択された状態を示している。

【 0 0 6 7 】

スプレッド方式選択部 6 3 は、波形選択部 6 2 で「Triangular」が選択されている場合には、ダウンスプレッド、センタースプレッド、及びアッパースプレッドの中からスプレッド方式を選択するためのプルダウンメニューとして構成される。一方、波形選択部 6 2 で「USB4」又は「DP1.4」が選択されている場合には、スプレッド方式選択部 6 3 は「Asymmetric」と変更不可能に表示するようになっている。 10

【 0 0 6 8 】

変調周波数入力部 6 4 は、変調用信号の波形の変調周波数を設定するためのテキストボックスとして構成される。例えば U S B 4 の規格の要求では変調周波数の値には 3 2 k H z と 3 6 k H z が含まれるが、変調周波数入力部 6 4 は、波形選択部 6 2 の選択結果にかかわらず、例えば 2 8 ~ 3 7 k H z の範囲で変調周波数を設定可能である。なお、「変調周波数」とは、変調用信号における三角波の波形部分の周波数を指しており、周期的バーストモードや連続的モードの波形パターンのフレームの周波数は、変調周波数の 1 / 4 の値となる。 20

【 0 0 6 9 】

周波数偏移振幅入力部 6 5 は、変調用信号の三角波の波形部分の周波数偏移の振幅「SSC_Deviation」を設定するためのテキストボックスとして構成される。例えば U S B 4 の規格の要求では、SSC_Deviationの値には 5 0 0 0 p p m と 5 6 0 0 p p m と 5 8 0 0 p p m が含まれるが、周波数偏移振幅入力部 6 5 は、波形選択部 6 2 の選択結果にかかわらず、例えば 0 ~ 7 0 0 0 p p m の範囲で任意の値を設定可能である。

【 0 0 7 0 】

最小周波数偏移入力部 6 6 は、変調用信号の波形の周波数偏移の最小値「Minimum_SSC_Deviation」を設定するためのテキストボックスとして構成される。例えば U S B 4 の規格の要求では、Minimum_SSC_Deviationの値には - 5 0 0 0 p p m , - 4 7 0 0 p p m , - 5 3 0 0 p p m , - 5 6 0 0 p p m が含まれるが、最小周波数偏移入力部 6 6 は、波形選択部 6 2 の選択結果にかかわらず、例えば - 7 0 0 0 p p m から後述する「Overshoot_Peak - Step2」p p m と「Initial_Frequency」p p m とのいずれか小さい方までの範囲で任意の値を設定可能である。 30

【 0 0 7 1 】

変調選択部 6 7 は、変調用信号発生器 2 0 により発生される変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンに切り替えるためのパターン切替入力部を構成する。変調選択部 6 7 は、周期的バーストモードと連続的モードとを切り替えるためのプルダウンメニューとして構成される。変調選択部 6 7 における「Periodic Burst」の表示は周期的バーストモードを示しており、変調選択部 6 7 における「Continuous」の表示は連続的モードを示している。波形選択部 6 2 で「USB4」又は「DP1.4」が選択されている場合には、操作部 4 0 により変調選択部 6 7 の表示が「Periodic Burst」から「Continuous」に切り替えられることで、周期的バーストモードから連続的モードへのシームレスな変更が可能である。なお、変調選択部 6 7 により周期的バーストモードと連続的モードとを切り替えても、設定画面 6 0 に表示されている他の各種パラメータに変更が生じないようになっている。 40

【 0 0 7 2 】

波形選択部 6 2 で「USB4」が選択されている場合には、第 1 区間入力部 6 8、第 2 区間入力部 6 9、及び第 3 区間入力部 7 0 は、複数の時間区間のうちの時間幅 d t 1 , d t 50

2, dt3を設定するための時間幅入力部を構成する。一方、波形選択部62で「DP1.4」が選択されている場合には、第1区間入力部68及び第2区間入力部69が、複数の時間区間のうちの時間幅dt1, dt2を設定するための時間幅入力部を構成する。

【0073】

第1区間入力部68は、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きが非線形である第1区間の時間幅dt1を設定するためのテキストボックスとして構成される。USB4の規格の要求では、dt1の値は0.5μsであるが、第1区間入力部68は、波形選択部62の選択結果にかかわらず、例えば0.1~1.5μsの範囲で任意の値を設定可能である。

【0074】

第2区間入力部69は、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きが線形である第2区間の時間幅dt2を設定するためのテキストボックスとして構成される。dt2の値は、USB4の規格の要求では0.2μsであり、DP1.4の規格の要求では1.0μsであるが、第2区間入力部69は、波形選択部62の選択結果にかかわらず、例えば0.1~1.5μsの範囲で任意の値を設定可能である。

【0075】

第3区間入力部70は、波形選択部62で「USB4」が選択されている場合には、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きが線形である第3区間の時間幅dt3を設定するためのテキストボックスとして構成される。dt3の値は、USB4の規格の要求では0.8μsであるが、第3区間入力部70は、例えば0.1~1.5μsの範囲で任意の値を設定可能である。一方、第3区間入力部70は、波形選択部62で「DP1.4」が選択されている場合には、時間幅dt3を変更不可能に表示するためのテキストボックスとして構成される。dt3の値は、DP1.4の規格の要求ではdt5 - dt1 - dt2である。なお、第5区間の時間幅dt5の算出方法については後述する。

【0076】

波形選択部62で「USB4」が選択されている場合には、第0周波数偏移入力部71、第1周波数偏移入力部72、第2周波数偏移入力部73、及び第3周波数偏移入力部74は、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力部を構成する。一方、波形選択部62で「DP1.4」が選択されている場合には、第0周波数偏移入力部71、第1周波数偏移入力部72、及び第2周波数偏移入力部73が、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力部を構成する。

【0077】

第0周波数偏移入力部71は、第0区間における基準周波数Fcからの変調用信号の波形の周波数偏移「Initial_Frequency」を設定するためのテキストボックスとして構成される。ここで、「Initial_Frequency」とは、複数の時間区間のうちの第0区間における基準周波数Fcからの変調用信号の波形の周波数偏移を表している。例えばUSB4の規格の要求では、「Initial_Frequency」の値には+300ppm, 0ppm, -300ppmが含まれるが、第0周波数偏移入力部71は、波形選択部62の選択結果にかかわらず、「Initial_Frequency」として例えば-1000~1000ppmの範囲の任意の値を設定可能である。

【0078】

第1周波数偏移入力部72は、複数の時間区間のうちの第1区間の最後における、基準周波数Fcからの変調用信号の波形の周波数偏移「Overshoot_Peak」を設定するためのテキストボックスとして構成される。USB4の規格の要求では、「Overshoot_Peak」の値は1300ppmであるが、第1周波数偏移入力部72は、波形選択部62の選択結果にかかわらず、「Overshoot_Peak」として例えば「Initial_Frequency」から「SSC_Deviation」の範囲の任意の値を設定可能である。

【0079】

第2周波数偏移入力部73は、複数の時間区間のうちの第2区間における変調用信号の波形の周波数偏移「Step1」を設定するためのテキストボックスとして構成される。U

10

20

30

40

50

S B 4 の規格の要求では、「Step1」の値は1 4 0 0 p p mであるが、第2周波数偏移入力部7 3は、「Step1」として例えば、0から後述する「Step2」の任意の値を設定可能である。また、波形選択部6 2で「DP1.4」が選択されている場合には、第2周波数偏移入力部7 3は、「Step1」として例えば、0から「Overshoot_Peak - Minimum_SSC_Deviation」の範囲の任意の値を設定可能である。

【0 0 8 0】

第3周波数偏移入力部7 4は、波形選択部6 2で「USB4」が選択されている場合には、複数の時間区間のうちの第3区間における変調用信号の波形の周波数偏移「Step2」を設定するためのテキストボックスとして構成される。U S B 4 の規格の要求では、「Step2」の値は2 2 0 0 p p mであるが、第3周波数偏移入力部7 4は、「Step2」として例えば「Step1」から「Minimum_SSC_Deviation」の範囲の任意の値を設定可能である。なお、波形選択部6 2で「DP1.4」が選択されている場合には、第3周波数偏移入力部7 4は表示されない。

10

【0 0 8 1】

オフセット入力部7 5は、変調用信号の波形全体のオフセット「Offset」を設定するためのテキストボックスとして構成される。U S B 4 や D P 1 . 4 の規格の要求では、「Offset」の値は0 p p mであるが、オフセット入力部7 5は、「Offset」として例えば- 1 0 0 0 ~ 1 0 0 0 p p mの範囲の任意の値を設定可能である。

【0 0 8 2】

波形イメージ表示領域7 6は、変調用信号の模式的な波形イメージ7 6 a , 7 6 b を表示する領域である。波形イメージ表示領域7 6は、操作部4 0による変調選択部6 7への操作入力により、変調選択部6 7の表示が「Periodic Burst」から「Continuous」に切り替えられたことを契機として、第1パターンの模式的な波形イメージ7 6 aを第2パターンの模式的な波形イメージ7 6 bに切り替えて表示するようになっている。

20

【0 0 8 3】

周波数偏移設定可能箇所表示部7 7は、波形イメージ表示領域7 6に表示された波形イメージ7 6 a , 7 6 b に対応付けて、変調用信号の波形において周波数偏移を設定可能な箇所を模式的に示すようになっている。

【0 0 8 4】

時間幅設定可能箇所表示部7 8は、波形イメージ表示領域7 6に表示された波形イメージ7 6 a , 7 6 b に対応付けて、変調用信号の波形において複数の時間区間の時間幅を設定可能な箇所を模式的に示すようになっている。

30

【0 0 8 5】

なお、周波数偏移振幅入力部6 5、第0周波数偏移入力部7 1、第1周波数偏移入力部7 2、第2周波数偏移入力部7 3、及び第3周波数偏移入力部7 4は、それぞれ周波数偏移設定可能箇所表示部7 7の近傍に配置される。また、第1区間入力部6 8、第2区間入力部6 9、及び第3区間入力部7 0は、それぞれ時間幅設定可能箇所表示部7 8の近傍に配置される。

【0 0 8 6】

S S C 変調ボタン7 9は、変調用信号発生器2 0による変調用信号の波形の発生の開始又は停止を指示するためのボタンとして構成される。S S C 変調ボタン7 9における「START」の表示は、変調用信号の波形の発生が開始されていない状態を示している。「START」が表示された状態のS S C 変調ボタン7 9が操作部4 0により押下されることで、変調用信号の波形の発生が開始される。このとき、S S C 変調ボタン7 9における「START」の表示が「STOP」に切り替わる。一方、「STOP」が表示された状態のS S C 変調ボタン7 9が操作部4 0により押下されることで、変調用信号の波形の発生が停止され、基準信号発生源1 0から出力される基準信号にS S C 変調が掛からない状態に戻る。

40

【0 0 8 7】

波形パラメータ読出ボタン8 0は、操作部4 0により押下されることで、変調制御部4 2に保存されている各種パラメータを読み出して、設定画面6 0の各部に読み出した各種

50

パラメータを表示するためのボタンとして構成される。

【0088】

波形パラメータ保存ボタン81は、操作部40により押下されることで、現在設定画面60に表示されている各種パラメータを変調制御部42に保存するためのボタンとして構成される。

【0089】

波形パラメータ初期化ボタン82は、操作部40により押下されることで、現在設定画面60に表示されている各種パラメータを消去して、変調制御部42に保存されている各種パラメータの初期設定値を表示するためのボタンとして構成される。

【0090】

グラフ表示ボタン83は、操作部40により押下されることで、後述する波形表示画面90を表示部41に表示させるためのボタンとして構成される。

【0091】

図7は、表示形式選択部61で「List」が選択された場合に、リスト形式で表示される設定画面60の一例を示している。ここでは主に、図3及び図4に示したイメージ形式での表示項目と異なる項目について説明する。設定画面60は、変調用信号の波形を決定する各種パラメータを設定するためのリスト84を含む。

【0092】

図7に示すように、リスト84は、変調用信号の波形の形状「Shape」と、変調用信号の波形の周波数偏移「 δ Deviation」と、各時間区間の時間幅「Time」と、変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値「Slope」を、時間区間ごとに表示するようになっている。

【0093】

時間幅dt0の第0区間に関する「Shape」の項目は、第0区間における周波数偏移が0ppmであることを示す「Flat」を変更不可能に表示する。

【0094】

時間幅dt1の第1区間から時間幅dt3の第3区間に関する「Shape」の項目は、例えば、各時間区間における周波数偏移が0ppmであることを示す「Flat」、各時間区間における周波数偏移が時間の経過とともに曲線状に変化することを示す「Curved」、各時間区間における周波数偏移が時間の経過とともに直線状に変化することを示す「Linear」のいずれかを設定可能である。

【0095】

時間幅dt4の第4区間から時間幅dt9の第9区間までの時間区間「Main」に関する「Shape」の項目は、各時間区間における周波数偏移が時間の経過とともに直線状に変化することを示す「Linear」を変更不可能に表示する。

【0096】

第0区間に関する「 δ Deviation」の項目は、第0周波数偏移入力部71に入力された「Initial_Frequency」の値にかかわらず、0ppmを変更不可能に表示する。

【0097】

第1区間に関する「 δ Deviation」の項目は、第0区間の最後における周波数偏移を基準とした第1区間の周波数偏移、すなわち、イメージ形式での第1周波数偏移入力部72で設定される「Overshoot_Peak」から第0周波数偏移入力部71で設定される「Initial_Frequency」を減算した値に相当する周波数偏移を設定可能である。

【0098】

第2区間に関する「 δ Deviation」の項目は、第1区間の最後における周波数偏移を基準とした第2区間の周波数偏移、すなわち、イメージ形式での第2周波数偏移入力部73で設定される「Step1」の値に相当する周波数偏移を設定可能である。

【0099】

第3区間に関する「 δ Deviation」の項目は、波形選択部62で「USB4」が選択されている場合には、第2区間の最後における周波数偏移を基準とした第3区間の周波数偏

10

20

30

40

50

移、すなわち、イメージ形式での第2周波数偏移入力部73で設定される「Step1」から第3周波数偏移入力部74で設定される「Step2」を減算した値に相当する周波数偏移を設定可能である。一方、波形選択部62で「DP1.4」が選択されている場合には、第3区間に関する「 δ Deviation」の項目は、「Step1 - Overshoot_Peak + Minimum_SSC_Deviation」に相当する周波数偏移を変更不可能に表示する。

【0100】

第4区間から第9区間までの時間区間「Main」に関する「 δ Deviation」の項目は、周波数偏移振幅入力部65に入力された「SSC_Deviation」を変更不可能に表示する。

【0101】

10

第0区間に関する「Time」の項目は、後述する時間幅算出部42aにより算出された第0区間の時間幅dt0を変更不可能に表示する。

【0102】

第1区間に関する「Time」の項目は、イメージ形式での第1区間入力部68に相当し、第1区間の時間幅dt1を設定可能である。

【0103】

第2区間に関する「Time」の項目は、イメージ形式での第2区間入力部69に相当し、第2区間の時間幅dt2を設定可能である。

【0104】

第3区間に関する「Time」の項目は、イメージ形式での第3区間入力部70に相当し、波形選択部62で「USB4」が選択されている場合には、第3区間の時間幅dt3を設定可能である。一方、波形選択部62で「DP1.4」が選択されている場合には、第3区間に関する「Time」の項目は、後述する時間幅算出部42aにより算出された時間幅dt3を変更不可能に表示する。

20

【0105】

第4区間から第9区間までの時間区間「Main」に関する「Time」の項目は、後述する時間幅算出部42aにより算出された時間幅を変更不可能に表示する。

【0106】

第0区間、第2区間、第3区間、及び時間区間「Main」に関する「Slope」の項目は、後述する傾き絶対値算出部42bにより算出された変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値を変更不可能に表示する。

30

【0107】

このように、表示形式選択部61で「List」が選択された場合には、第1周波数偏移入力部72、第2周波数偏移入力部73、第3周波数偏移入力部74、第1区間入力部68、第2区間入力部69、第3区間入力部70、及び傾きの絶対値が、設定画面60においてリスト形式で表示される。

【0108】

図8に示す波形表示画面90は、設定画面60に対する操作入力に応じて決定された各種パラメータに基づいた、変調用信号の波形のグラフを表示する。また、波形表示画面90は、設定画面60において各種パラメータが変更されると、変調用信号の波形のグラフをその都度リアルタイムに更新して表示するようになっている。このように構成された波形表示画面90により、各種パラメータに基づいて生成される変調用信号の波形をユーザに直感的に把握させることが可能になる。なお、波形表示画面90は、変調選択部67により「Periodic Burst」が選択されている場合には、図8に示すように、周期的バーストモードでの変調用信号の波形のグラフを表示する。一方、波形表示画面90は、変調選択部67により「Continuous」が選択されている場合には、連続的モードでの変調用信号の波形のグラフを表示する。

40

【0109】

変調制御部42は、例えばCPU、ROM、RAM、HDDなどを含むマイクロコンピュータ又はパーソナルコンピュータ等で構成され、SSC発生器1を構成する上記各部の

50

動作を制御するものである。また、変調制御部 42 は、ROM 等に記憶された所定のプログラムを RAM に移して CPU で実行することにより、変調用信号発生器 20 の少なくとも一部をソフトウェア的に構成することが可能である。なお、変調用信号発生器 20 の少なくとも一部は、FPGA (Field Programmable Gate Array) や ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのデジタル回路で構成することも可能である。あるいは、変調用信号発生器 20 の少なくとも一部は、デジタル回路によるハードウェア処理と所定のプログラムによるソフトウェア処理とを適宜組み合わせる構成することも可能である。

【0110】

図 1 に示す変調制御部 42 は、設定画面 60 に対する操作入力に応じて、変調用信号の波形を制御するものである。例えば、変調制御部 42 は、操作部 40 による変調選択部 67 への操作入力を契機として、変調用信号発生器 20 から出力される変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンへ切り替えるようになっている。また、変調制御部 42 は、時間幅算出部 42a と、傾き絶対値算出部 42b と、を含む。さらに、変調制御部 42 は、変調用信号発生器 20 を構成する上記各部の動作を制御するようになっている。

【0111】

時間幅算出部 42a は、波形選択部 62 で「USB4」が選択されている場合には、変調周波数入力部 64 により設定された変調周波数と、第 1 区間入力部 68、第 2 区間入力部 69、及び第 3 区間入力部 70 により設定された時間幅 $dt1$ 、 $dt2$ 、 $dt3$ とに基づいて、第 1 区間入力部 68、第 2 区間入力部 69、及び第 3 区間入力部 70 により設定されない残りの時間区間の時間幅 $dt0$ 、 $dt4$ 、 $dt5$ 、 $dt9$ を算出するようになっている。なお、 $dt6$ 、 $dt7$ 、 $dt8$ は、 $dt5$ に等しい。一方、波形選択部 62 で「DP1.4」が選択されている場合には、時間幅算出部 42a は、変調周波数入力部 64 により設定された変調周波数と、第 1 区間入力部 68 及び第 2 区間入力部 69 により設定された時間幅 $dt1$ 、 $dt2$ とに基づいて、第 1 区間入力部 68 及び第 2 区間入力部 69 により設定されない残りの時間区間の時間幅 $dt0$ 、 $dt3$ 、 $dt4$ 、 $dt5$ 、 $dt9$ を算出するようになっている。

【0112】

$dt1$ は、第 1 区間入力部 68 により設定される値 (例えば、 $0.5 \mu s$) である。 $dt2$ は、第 2 区間入力部 69 により設定される値 (例えば、 $0.2 \mu s$) である。 $dt3$ は、波形選択部 62 で「USB4」が選択されている場合には、第 3 区間入力部 70 により設定される値 (例えば、 $0.8 \mu s$) である。一方、波形選択部 62 で「DP1.4」が選択されている場合には、 $dt3$ は、後述する式 (3) により算出される $dt5$ を用いて、下記の式 (1) により算出される。

【0113】

【数 1】

$$dt3 = dt5 - dt1 - dt2 \quad \dots (1)$$

【0114】

$dt4$ は、波形選択部 62 で「USB4」が選択されている場合には、第 1 周波数偏移入力部 72 により設定される第 1 区間の最後における周波数偏移「Overshoot_Peak」と、第 3 周波数偏移入力部 74 により設定される第 3 区間における周波数偏移「Step2」と、最小周波数偏移入力部 66 により設定される周波数偏移の最小値「Minimum_SSC_deviation」と、後述する式 (6) により算出される「SSC_slope」とを用いて、下記の式 (2) により算出される。一方、波形選択部 62 で「DP1.4」が選択されている場合には、 $dt4 = 0$ である。

【0115】

【数 2】

10

20

30

40

50

$$dt4 = \frac{\text{Overshoot_Peak} - \text{Step2} - \text{Minimum_SSC_deviation}}{\text{SSC_slope}} \quad \dots (2)$$

【 0 1 1 6 】

dt5 は、変調周波数入力部 6 4 により設定される変調周波数「SSC_Frequency」を用いて、下記の式 (3) に示すように算出される。

【 0 1 1 7 】

【数 3】

$$dt5 = \frac{1}{\text{SSC_Frequency} \times 2} \quad \dots (3)$$

10

【 0 1 1 8 】

dt9 は、波形選択部 6 2 で「USB4」が選択されている場合には、式 (3) により算出される dt5 と、第 0 周波数偏移入力部 7 1 により設定される「Initial_Frequency」と、後述する式 (7) により算出される「Maximum_SSC_deviation」と、後述する式 (6) により算出される「SSC_slope」とを用いて、下記の式 (4) により算出される。一方、波形選択部 6 2 で「DP1.4」が選択されている場合には、dt9 = dt5 である。

20

【 0 1 1 9 】

【数 4】

$$dt9 = dt5 + \frac{\text{Initial_Frequency} - \text{Maximum_SSC_deviation}}{\text{SSC_slope}} \quad \dots (4)$$

【 0 1 2 0 】

dt0 は、下記の式 (5) に示すように、第 1 区間から第 9 区間までの時間幅の和を、変調用信号の 1 フレームの時間幅から減算することで得られる。なお、図 7 のリスト 8 4 における時間区間「Main」の時間幅は、dt4 + dt5 × 4 + dt9 で与えられる。

30

【 0 1 2 1 】

【数 5】

$$dt0 = \frac{4}{\text{SSC_Frequency}} - (dt1 + dt2 + dt3 + dt4 + dt5 \times 4 + dt9) \quad \dots (5)$$

【 0 1 2 2 】

第 5 区間から第 9 区間までの三角波の傾き「SSC_slope」は、周波数偏移振幅入力部 6 5 により設定される三角波の振幅「SSC_Deviation」と、変調周波数入力部 6 4 により設定される変調周波数「SSC_Frequency」とを用いて、下記の式 (6) により算出される。なお、「SSC_slope」の値は、図 3 ~ 図 6 に示した設定画面 6 0 において符号 8 6 で示すテキストボックスに変更不可能に表示されるとともに、図 7 に示した設定画面 6 0 のリスト 8 4 において「Main」の「Slope」の項目に変更不可能に表示される。

40

【 0 1 2 3 】

【数 6】

$$\text{SSC_slope} = \text{SSC_Deviation} \times \text{SSC_Frequency} \times 2 \quad \dots (6)$$

【 0 1 2 4 】

第 5 区間から第 8 区間までの三角波の周波数偏移の最大値「Maximum_SSC_deviati

50

on」は、最小周波数偏移入力部 6 6 により設定される周波数偏移の最小値「Minimum_SSC_deviation」と、周波数偏移振幅入力部 6 5 により設定される三角波の振幅「SSC_Deviation」との和として、下記の式 (7) に示すように算出される。なお、「Maximum_SSC_deviation」の値は、図 3 ~ 図 7 において符号 8 5 で示すテキストボックスに変更不可能に表示される。

【 0 1 2 5 】

【数 7】

$$\text{Maximum_SSC_deviation} = \text{Minimum_SSC_deviation} + \text{SSC_Deviation} \quad \cdots (7)$$

10

【 0 1 2 6 】

傾き絶対値算出部 4 2 b は、波形選択部 6 2 で「USB4」が選択されている場合には、第 0 周波数偏移入力部 7 1、第 1 周波数偏移入力部 7 2、第 2 周波数偏移入力部 7 3、及び第 3 周波数偏移入力部 7 4 により設定された時間区間ごとの周波数偏移と、第 1 区間入力部 6 8、第 2 区間入力部 6 9、及び第 3 区間入力部 7 0 により設定された時間区間ごとの時間幅 d t 1, d t 2, d t 3 と、時間幅算出部 4 2 a により算出された時間幅 d t 0, d t 4, d t 5, d t 9 とを用いて、時間区間ごとの変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値を算出するようになっている。一方、波形選択部 6 2 で「DP1.4」が選択されている場合には、傾き絶対値算出部 4 2 b は、第 0 周波数偏移入力部 7 1、第 1 周波数偏移入力部 7 2、及び第 2 周波数偏移入力部 7 3 により設定された時間区間ごとの周波数偏移と、第 1 区間入力部 6 8 及び第 2 区間入力部 6 9 により設定された時間区間ごとの時間幅 d t 1, d t 2 と、時間幅算出部 4 2 a により算出された時間幅 d t 0, d t 3, d t 4, d t 5, d t 9 とを用いて、時間区間ごとの変調用信号の波形の周波数偏移の傾きの絶対値を算出するようになっている。

20

【 0 1 2 7 】

ところで、累積加算部 2 6 においては、動作クロックの分解能や、使用可能なビット数の制限などによって、変調用信号の波形のフレームの先頭（若しくは最後尾）で出力が元の値に正しく戻らないことが起こり得る。このような場合、図 9 (a) に示すように、時間の経過とともに元の値からのずれが積算されて、周波数偏移の中心周波数が変化してしまうという問題がある。そこで、累積加算部 2 6 は、図 9 (b) に示すように、フレーム周波数カウンタ部 2 1 のカウンタ値に基づいて、変調用信号の波形の 1 フレームごとの値を所定値にリセットするようになっている。例えば、累積加算部 2 6 は、変調用信号の波形のフレームの先頭（若しくは最後尾）の値を、第 0 周波数偏移入力部 7 1 により設定された「Initial_Frequency」の値にリセットしてもよい。

30

【 0 1 2 8 】

図 1 に示す変調部 3 5 は、変調用信号発生器 2 0 のオフセット加算部 2 7 から出力された変調用信号で基準信号発生源 1 0 から出力された基準信号を周波数変調して SSC 変調信号を発生するものであり、加算器 3 5 a を含んで構成される。

【 0 1 2 9 】

加算器 3 5 a は、基準信号発生源 1 0 から入力される基準信号と、変調用信号発生器 2 0 から入力される変調用信号とを加算することにより、周波数をスペクトラム拡散した SSC 変調信号を出力する。

40

【 0 1 3 0 】

以下、本実施形態の SSC 発生器 1 を用いるスペクトラム拡散クロック発生方法について、図 1 0 及び図 1 1 のフローチャートを参照しながらその処理の一例を説明する。なお、以下では、波形選択部 6 2 において「USB4」が選択される場合を例に挙げる。

【 0 1 3 1 】

まず、表示部 4 1 は、変調用信号の波形を決定するパラメータを設定するための設定画面 6 0 を表示する（表示ステップ S 1 ）。

【 0 1 3 2 】

50

次に、操作部 40 は、ユーザによる設定画面 60 に対する操作入力を受け付ける（ステップ S2）。例えば、設定画面 60 に対する操作入力により、SSC 変調に関する各種パラメータが入力される。また、設定画面 60 の表示形式選択部 61 に対する操作入力により、各種パラメータを設定するための表示形式をイメージ形式にするか、あるいは、リスト形式にするかが選択される。また、設定画面 60 のグラフ表示ボタン 83 が操作部 40 により押下された場合には、表示部 41 は波形表示画面 90 を表示する。なお、ステップ S2 と、後述するパターン切替入力ステップ、及び周波数偏移入力ステップは、操作ステップに相当する。

【0133】

次に、表示部 41 は、設定画面 60 のグラフ表示ボタン 83 が操作部 40 により押下された場合には、ステップ S2 における設定画面 60 に対する操作入力に応じて、変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面 90 を表示する（表示ステップ S3）。

10

【0134】

次に、変調制御部 42 は、ステップ S2 でユーザにより入力された各種パラメータを、基準信号発生源 10 や変調用信号発生器 20 に設定する（変調制御ステップ S4）。変調制御ステップ S4 は、設定画面 60 に対する操作入力に応じて、ステップ S6 以降の処理によって生成される変調用信号の波形を制御するためのステップである。

【0135】

次に、基準信号発生源 10 は、基準周波数 F_c の基準信号を発生する（基準信号発生ステップ S5）。

20

【0136】

次に、「START」が表示された状態の SSC 変調ボタン 79 が操作部 40 により押下されることで、変調用信号発生器 20 は、周期的バーストモード時の変調用信号を発生する（変調用信号発生ステップ）。このとき、変調部 35 は、変調用信号発生器 20 から出力された周期的バーストモード時の変調用信号で基準信号発生源 10 から出力された基準信号を周波数変調して、SSC 変調の掛かった信号（SSC 変調信号）を発生する（変調ステップ S6）。

【0137】

次に、変調制御部 42 は、ユーザによる変調選択部 67 への操作入力により、周期的バーストモードから連続的モードへの切り替えの指定、すなわち、変調用信号発生器 20 により発生される変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンに切り替える指定を行うパターン切替入力ステップが実行されたか否かを判断する（ステップ S7）。一方、パターン切替入力ステップが実行されていない場合には、再びステップ S6 以降の処理が実行される。一方、パターン切替入力ステップが実行された場合には、引き続きステップ S8 の処理が実行される。

30

【0138】

ステップ S8 において変調制御部 42 は、パターン切替入力ステップでの変調選択部 67 への操作入力を契機として、変調用信号の波形のパターンを第 1 パターンから第 2 パターンへ切り替えるための切替指示を切替制御部 25 に出力する（変調制御ステップ S8）。

40

【0139】

次に、変調用信号発生器 20 は、連続的モード時の変調用信号を 1 フレーム分だけ発生する（変調用信号発生ステップ）。このとき、変調部 35 は、変調用信号発生器 20 から出力された連続的モード時の変調用信号で基準信号発生源 10 から出力された基準信号を周波数変調して、SSC 変調信号を発生する（変調ステップ S9）。

【0140】

次に、変調用信号発生器 20 は、定常状態モード時の変調用信号を発生する（変調用信号発生ステップ）。このとき、変調部 35 は、変調用信号発生器 20 から出力された定常状態モード時の変調用信号で基準信号発生源 10 から出力された基準信号を周波数変調し

50

て、SSC変調信号を発生する(変調ステップS10)。

【0141】

次に、変調制御部42は、「STOP」が表示された状態のSSC変調ボタン79が操作部40により押下されたか否かを判断する(ステップS11)。「STOP」が表示された状態のSSC変調ボタン79が押下されていない場合には、再びステップS10以降の処理が実行される。一方、「STOP」が表示された状態のSSC変調ボタン79が押下された場合には、変調制御部42は、上記一連のスペクトラム拡散クロック発生処理を終了する。

【0142】

以下、図11のフローチャートを参照しながら、図10のフローチャートにおけるステップS2の処理の詳細を説明する。 10

【0143】

まず、設定画面60へのユーザによる操作入力により、変調用信号の波形の種類、変調周波数、周波数偏移の振幅、時間区間の時間幅の情報などが入力される(ステップS21)。すなわち、ステップS21は、変調用信号の波形の変調周波数を設定するための変調周波数入力ステップと、複数の時間区間のうちのいくつかの時間幅を設定するための時間幅入力ステップと、を含む。

【0144】

次に、第0周波数偏移入力部71へのユーザによる操作入力により、第0区間における基準周波数Fcからの変調用信号の波形の周波数偏移「Initial_Frequency」の値が入力される(第0周波数偏移入力ステップS22)。 20

【0145】

次に、第1周波数偏移入力部72へのユーザによる操作入力により、第1区間の最後における基準周波数Fcからの変調用信号の波形の周波数偏移「Overshoot_Peak」の値が入力される(第1周波数偏移入力ステップS23)。

【0146】

次に、第2周波数偏移入力部73へのユーザによる操作入力により、第2区間における変調用信号の波形の周波数偏移「Step1」の値が入力される(第2周波数偏移入力ステップS24)。

【0147】

次に、第3周波数偏移入力部74へのユーザによる操作入力により、第3区間における変調用信号の波形の周波数偏移「Step2」の値が入力される(第3周波数偏移入力ステップS25)。なお、波形選択部62においてDP1、4用の変調用信号の波形が選択された場合には、第3周波数偏移入力ステップS25の処理は省略される。 30

【0148】

次に、最小周波数偏移入力部66へのユーザによる操作入力により、変調用信号の波形の周波数偏移の最小値「Minimum_SSC_deviation」の値が入力される(最小周波数偏移入力ステップS26)。

【0149】

なお、上記のステップS22～S26の処理は、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための周波数偏移入力ステップに相当する。 40

【0150】

以上説明したように、本実施形態に係るSSC発生器1は、変調用信号の波形の周波数偏移を複数の時間区間において任意に設定するための設定画面60を表示するため、トレーニング中の変調用信号の波形の調整を行う際のユーザビリティの向上を図ることができる。また、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60が、変調用信号発生器20により発生される変調用信号の波形のパターンを第1パターンから第2パターンに切り替えるための変調選択部67を含むことにより、例えば、周期的バーストモードから連続的模式へのシームレスな変更を行うことができる。

【0151】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60において時間区間ごとにトレーニング中の変調用信号の波形の周波数偏移を設定可能とすることで、トレーニング中の変調用信号の波形の周波数偏移を任意に設定することができる。

【0152】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、第1区間入力部68、第2区間入力部69、及び第3区間入力部70により設定されない残りの時間区間の時間幅を算出する時間幅算出部42aを備えるため、ユーザの設定項目を少なくしてユーザビリティを上げることができる。

【0153】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、波形イメージ表示領域76において、周期的バーストモード時と連続的モード時とでそれぞれの波形イメージ76a、76bを切り替えて示すことにより、変調用信号発生器20がどちらのモードの変調用信号を出力しているかをユーザに視覚的に識別させることができる。

10

【0154】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、波形イメージ表示領域76に表示された波形イメージ76a、76bに対応付けて、第1区間入力部68、第2区間入力部69、第3区間入力部70、第0周波数偏移入力部71、第1周波数偏移入力部72、第2周波数偏移入力部73、及び第3周波数偏移入力部74を配置している。このため、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定すべき項目をユーザが一目で分かるように表示するとともに、ユーザに変調用信号の波形の全体像をイメージさせやすくなっている。

20

【0155】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60が、第1周波数偏移入力部72、第2周波数偏移入力部73、第3周波数偏移入力部74、第1区間入力部68、第2区間入力部69、第3区間入力部70、及び傾き絶対値情報をリスト形式で表示する。このため、本実施形態に係るSSC発生器1は、時間区間ごとの周波数偏移や傾き絶対値情報をユーザに分かりやすく明確に表示することができる。

【0156】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60に対する操作入力に応じて、変調用信号の波形のグラフを更新して表示する波形表示画面90を備えているため、波形イメージ表示領域76における波形イメージ76a、76bでは分かりにくい波形の時間変化をユーザが一目で分かるように表示することができる。

30

【0157】

また、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60にて変調用信号の各種パラメータを任意に設定することができるため、あらかじめ波形ファイルを用意することなく、用途に応じて様々な波形をその都度生成することができる。特に、本実施形態に係るSSC発生器1は、設定画面60にて規格の要求を超えた変調用信号の各種パラメータを設定することが可能であるため、規格外のSSC変調信号に対するDUTの耐性を試験することもできる。

【0158】

(第2の実施形態)

40

続いて、本発明の第2の実施形態に係るパルスパターン発生装置及びパルスパターン発生方法、並びに、誤り率測定装置及び誤り率測定方法について、図面を参照しながら説明する。なお、第1の実施形態と同様の構成については同一の符号を付して適宜説明を省略する。また、第1の実施形態と同様の動作についても適宜説明を省略する。

【0159】

図12に示すように、第2の実施形態に係る誤り率測定装置100は、DUT200から送信される被測定信号のBERを測定するものであって、パルスパターン発生装置50と、データ記憶部51と、信号受信部52と、同期検出部53と、誤り率算出部54と、操作部55と、表示部56と、制御部57と、を備える。

【0160】

50

データ記憶部 51 は、RAM などのメモリによって構成され、基準になるデータ信号（低レベル電圧：「0」と高レベル電圧：「1」のデータ）をあらかじめ記憶している。

【0161】

図 13 に示すように、パルスパターン発生装置 50 は、スペクトラム拡散された SSC 変調信号を用いて所望のパルスパターン信号を発生するものであり、第 1 の実施形態の SSC 発生器 1 と、パルスパターン発生部 2 と、を備える。

【0162】

パルスパターン発生装置 50 は、データ記憶部 51 から読み込んだデータ信号を、SSC 発生器 1 により発生された SSC 変調信号を用いて変調することにより、パルスパターン信号を生成する。そして、パルスパターン発生装置 50 は、このようにして生成されたパルスパターン信号を試験信号として DUT 200 に送信するようになっている。このとき、DUT 200 は、パルスパターン発生装置 50 から送信されたパルスパターン信号を受信して、受信したパルスパターン信号を被測定信号として信号受信部 52 に送信する。

【0163】

パルスパターン発生部 2 は、SSC 発生器 1 により発生された SSC 変調信号と、データ記憶部 51 から入力されるデータ信号を入力とし、データ信号を SSC 変調信号で変調した所望の繰り返しパターンによるパルスパターン信号を発生するようになっている。例えば、パルスパターン発生部 2 は、DUT 200 に入力する既知パターンのパルスパターン信号（試験信号）として、SSC 変調信号により変調された PRBS（Pseudo-Random Bit Sequence：擬似ランダム・ビット・シーケンス）パターン、繰り返し信号としての 0, 1 の連続パターン、任意のパターンからなるプログラマブルパターンを発生する。

【0164】

図 12 に示す信号受信部 52 は、DUT 200 から送信された被測定信号を受信し、受信した被測定信号を同期検出部 53 に出力するようになっている。また、信号受信部 52 は、判断部 52a と、切替指示出力部 52b とを含む。

【0165】

判断部 52a は、遷移トリガに基づいて、DUT 200 に搭載されたリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したか否かを判断するようになっている。ここで、この遷移トリガは、DUT 200 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したことを示すトリガであり、DUT 200 から送信されたものであってもよく、DUT 200 から送信された被測定信号に基づいて信号受信部 52 が生成したものであってもよい。

【0166】

切替指示出力部 52b は、判断部 52a により DUT 200 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したと判断された場合に、SSC 発生器 1 の切替制御部 25 に切替指示を出力するようになっている。

【0167】

同期検出部 53 は、データ記憶部 51 から読み込んだデータ信号と、信号受信部 52 から出力された被測定信号との同期を取るようになっている。そして、同期検出部 53 は、同期が取れた状態の被測定信号を誤り率算出部 54 に出力する。

【0168】

誤り率算出部 54 は、DUT 200 を試験するための試験信号の入力に伴って DUT 200 から出力される被測定信号と試験信号とを比較して、被測定信号の誤り率を算出するものである。例えば、誤り率算出部 54 は、同期検出部 53 から出力された被測定信号と、データ記憶部 51 に記憶されているデータ信号とを順次比較することにより、被測定信号の誤りビットを検出するとともに、被測定信号の BER を算出するようになっている。

【0169】

操作部 55 は、ユーザによる操作入力を受け付けるためのものであり、第 1 の実施形態における操作部 40 と同様に構成され、ユーザによる表示部 56 の表示画面に対応する入力面への接触操作が制御部 57 に通知されるようになっている。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 0 】

表示部 5 6 は、第 1 の実施形態における表示部 4 1 と同様に構成され、制御部 5 7 による表示制御に基づき、誤り率算出部 5 4 により算出された被測定信号の B E R などの各種表示内容を表示するようになっている。

【 0 1 7 1 】

制御部 5 7 は、第 1 の実施形態における変調制御部 4 2 と同様に構成され、誤り率測定装置 1 0 0 を構成する上記各部の動作を制御するようになっている。また、制御部 5 7 は、R O M 等に記憶された所定のプログラムを R A M に移して実行することにより、誤り率算出部 5 4 の少なくとも一部をソフトウェア的に構成することが可能である。なお、誤り率算出部 5 4 の少なくとも一部は、F P G A や A S I C などのデジタル回路で構成すること
10

【 0 1 7 2 】

なお、本実施形態における操作部 5 5、表示部 5 6、及び制御部 5 7 は、それぞれ第 1 の実施形態における操作部 4 0、表示部 4 1、及び変調制御部 4 2 を兼ねていてもよい。

【 0 1 7 3 】

D U T 2 0 0 は、リンク状態管理機構を搭載しており、リンク状態管理機構が例えば図 1 5 に示すような任意のステートに遷移した状態で、誤り率測定装置 1 0 0 から入力された試験信号を誤り率測定装置 1 0 0 の被測定信号として出力する（折り返す）ようになっ
20

【 0 1 7 4 】

D U T 2 0 0 は、信号受信部 2 1 0 と、信号送信部 2 2 0 と、を含む。さらに、信号受信部 2 1 0 は、クロック再生回路 2 1 1 と、データ抽出部 2 1 2 と、を含む。

【 0 1 7 5 】

クロック再生回路 2 1 1 は、誤り率測定装置 1 0 0 から送信された試験信号から再生クロック信号を生成する。データ抽出部 2 1 2 は、クロック再生回路 2 1 1 から出力される再生クロック信号を動作クロックとして使用して、誤り率測定装置 1 0 0 から入力された
30

【 0 1 7 6 】

信号送信部 2 2 0 は、データ抽出部 2 1 2 により抽出された試験信号のデータを被測定信号として誤り率測定装置 1 0 0 に出力するようになっている。また、信号送信部 2 2 0 は、D U T 2 0 0 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したことを示す遷移トリガを、誤り率測定装置 1 0 0 の信号受信部 5 2 に送信するようになっ
40

【 0 1 7 7 】

以下、本実施形態のパルスパターン発生方法及び誤り率測定方法について、図 1 4 のフローチャートを参照しながらその処理の一例を説明する。

【 0 1 7 8 】

まず、パルスパターン発生装置 5 0 の S S C 発生器 1 は、S S C 変調信号を発生する（ステップ S 3 1）。

【 0 1 7 9 】

次に、パルスパターン発生装置 5 0 のパルスパターン発生部 2 は、データ記憶部 5 1 から読み込んだデータ信号を S S C 変調信号で変調して、所望の繰り返しパターンによるパルスパターン信号を発生する（ステップ S 3 2）。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 0 】

次に、判断部 5 2 a は、D U T 2 0 0 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したか否かを判断する（判断ステップ S 3 3）。この判断は、D U T 2 0 0 から遷移トリガが送信されたか否か、あるいは、D U T 2 0 0 から送信された被測定信号に基づいて信号受信部 5 2 が遷移トリガを生成したか否かに基づいて行われる。

【 0 1 8 1 】

次に、切替指示出力部 5 2 b は、判断ステップ S 3 3 により D U T 2 0 0 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移したと判断された場合に、S S C 発生器 1 の切替制御部 2 5 に切替指示を出力する（切替指示出力ステップ S 3 4）。

【 0 1 8 2 】

次に、誤り率算出部 5 4 は、D U T 2 0 0 を試験するための試験信号の入力に伴って D U T 2 0 0 から出力される被測定信号と試験信号とを比較して、被測定信号の誤り率を算出する（誤り率算出ステップ S 3 5）。ここで、試験信号は、ステップ S 3 2 により発生されたパルスパターン信号である。

【 0 1 8 3 】

以上説明したように、本実施形態に係るパルスパターン発生装置 5 0 は、S S C 発生器 1 からの S S C 変調信号とデータ記憶部 5 1 から入力されるデータ信号とから所望の繰り返しパターンによるパルスパターン信号を発生することができる。

【 0 1 8 4 】

また、本実施形態に係る誤り率測定装置 1 0 0 は、S S C 変調信号により変調されたパルスパターン信号を試験信号として用いて、D U T 2 0 0 のリンク状態管理機構が所定のステートに遷移した場合に、D U T 2 0 0 の誤り率測定を行うことができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 5 】

- 1 S S C 発生器
- 2 パルスパターン発生部
- 1 0 基準信号発生源
- 2 0 変調用信号発生器
- 3 5 変調部
- 4 2 変調制御部
- 4 2 a 時間幅算出部
- 4 2 b 傾き絶対値算出部
- 5 0 パルスパターン発生装置
- 5 4 誤り率算出部
- 6 0 設定画面
- 6 4 変調周波数入力部
- 6 7 変調選択部
- 6 8 第 1 区間入力部
- 6 9 第 2 区間入力部
- 7 0 第 3 区間入力部
- 7 1 第 0 周波数偏移入力部
- 7 2 第 1 周波数偏移入力部
- 7 3 第 2 周波数偏移入力部
- 7 4 第 3 周波数偏移入力部
- 7 6 波形イメージ表示領域
- 7 6 a , 7 6 b 波形イメージ
- 7 7 周波数偏移設定可能箇所表示部
- 7 8 時間幅設定可能箇所表示部
- 9 0 波形表示画面
- 1 0 0 誤り率測定装置

10

20

30

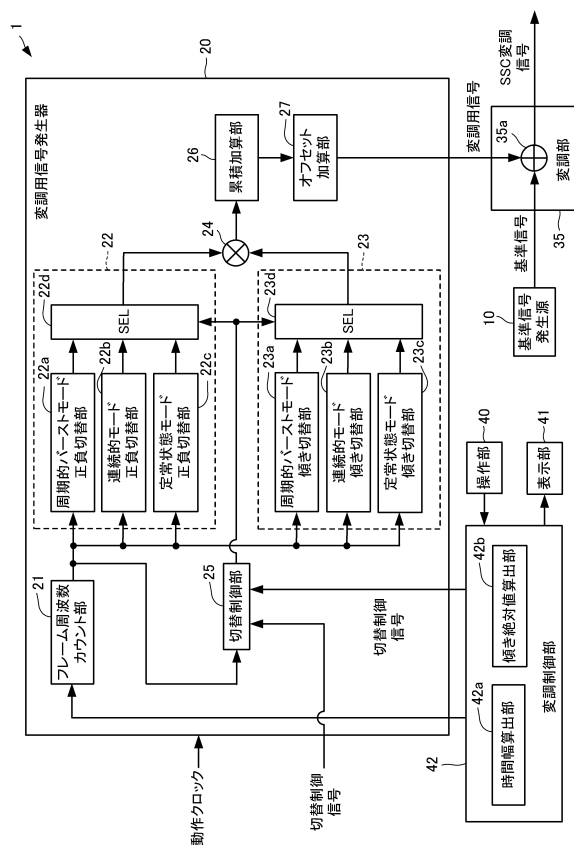
40

50

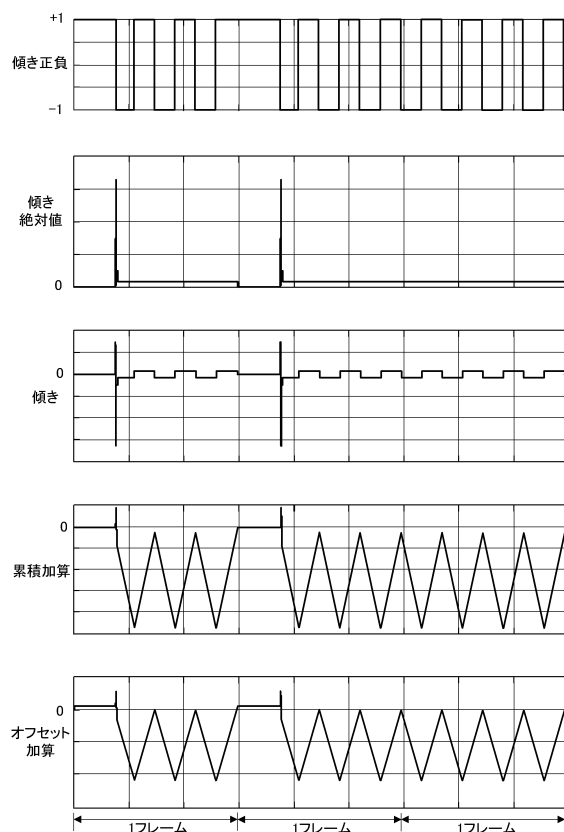
2 0 0 D U T

【図面】

【图 1】



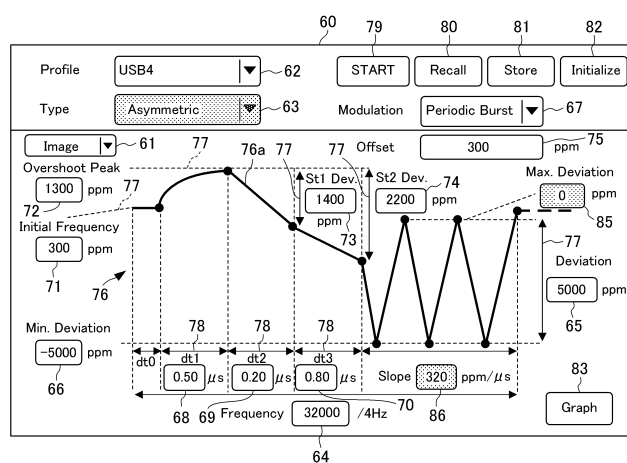
【 図 2 】



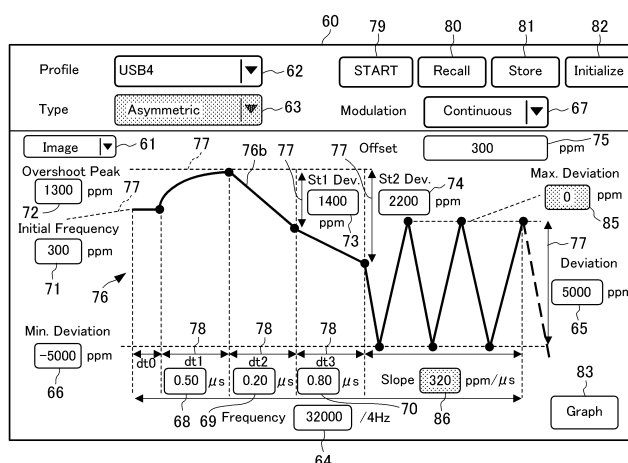
10

20

【图 3】



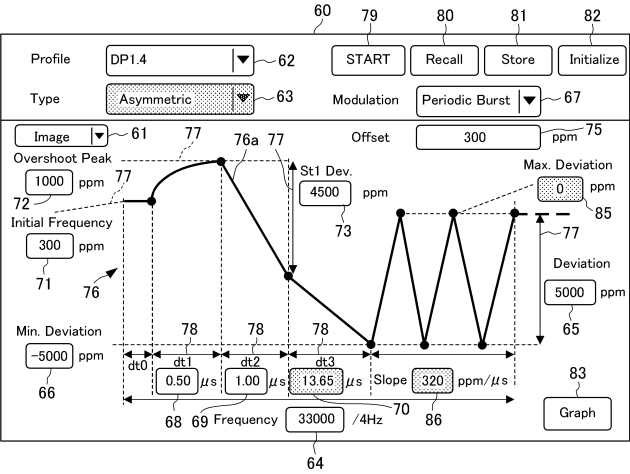
【 図 4 】



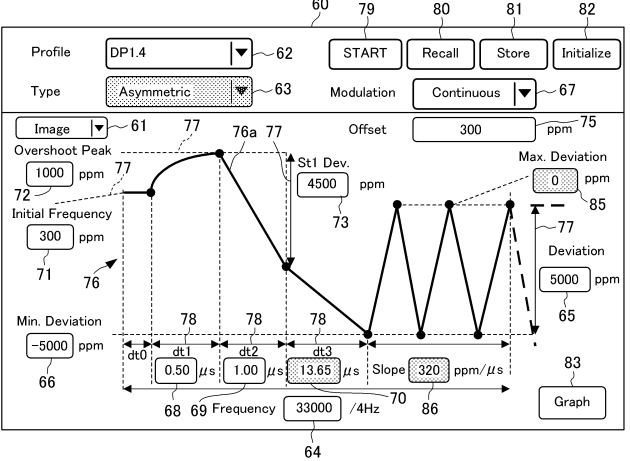
30

40

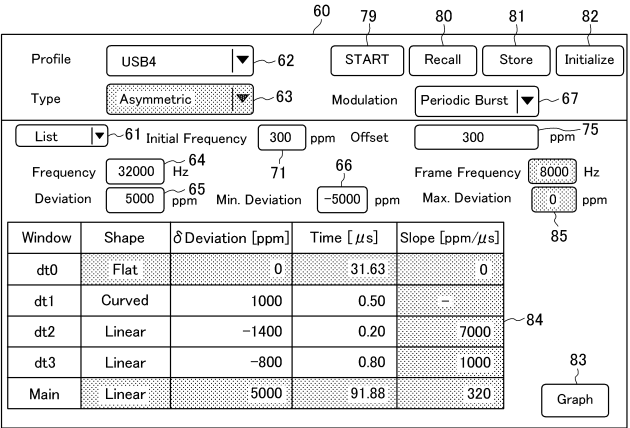
【 図 5 】



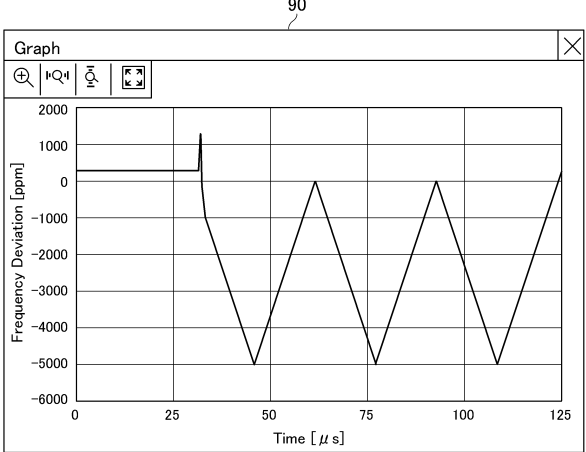
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

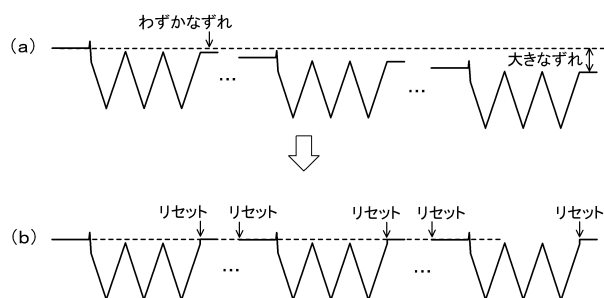
20

30

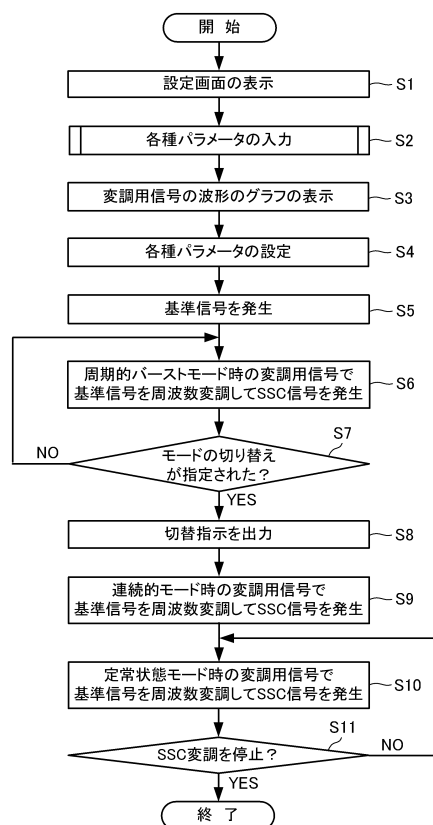
40

50

【图 9】



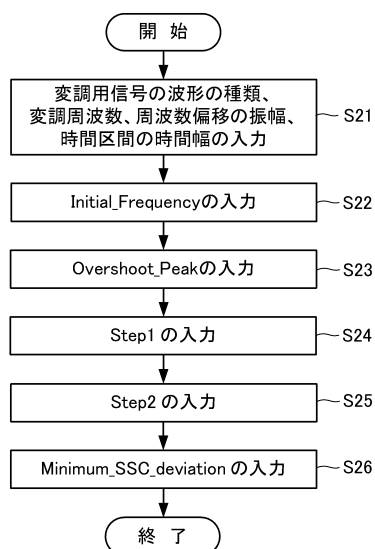
【 ㊦ 1 0 】



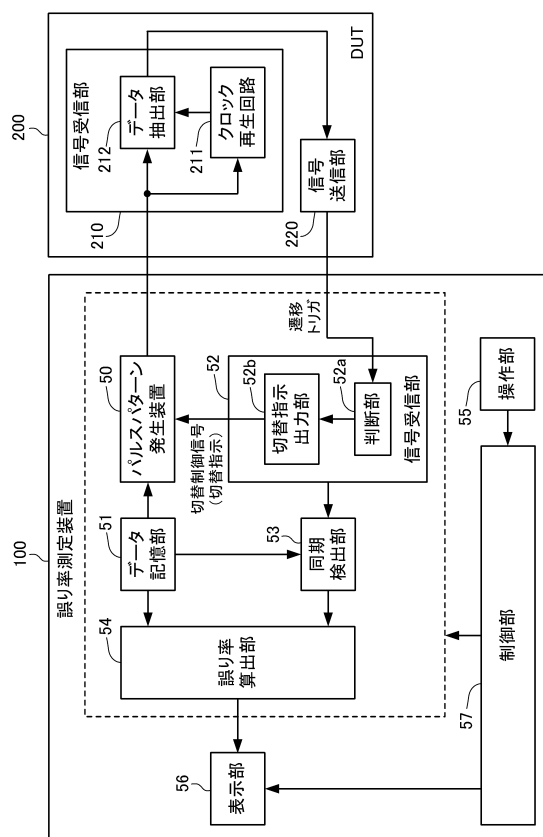
10

20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

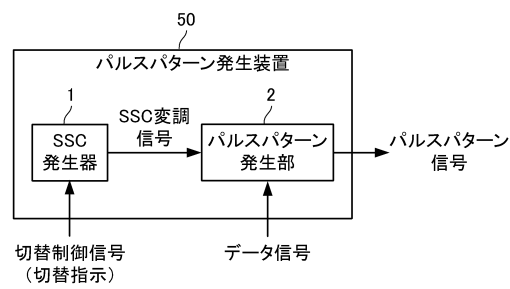


30

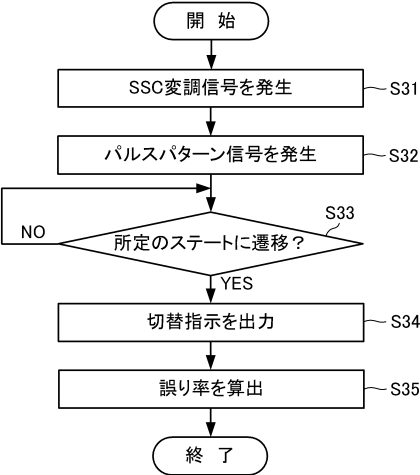
40

50

【 図 1 3 】

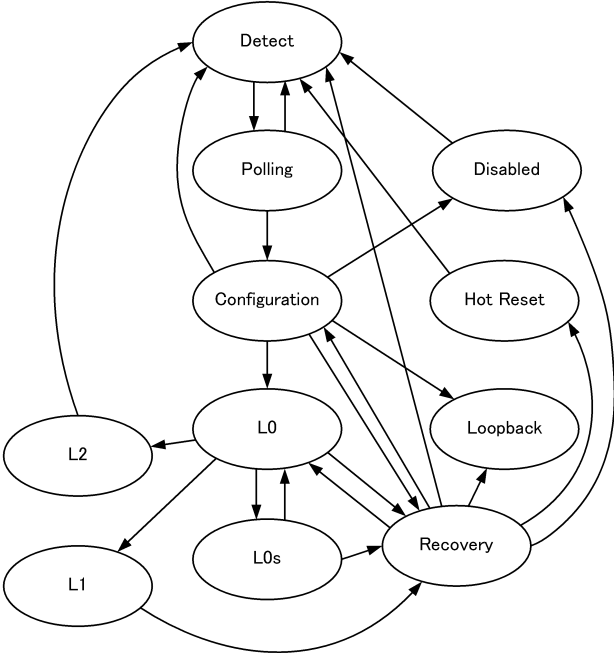


【 図 1 4 】

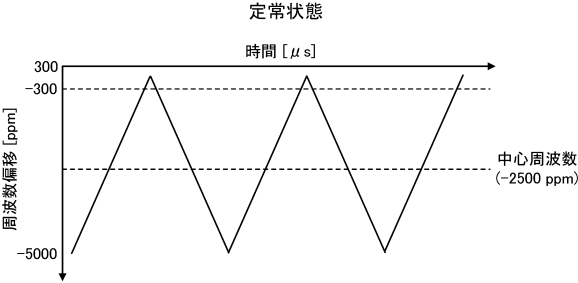


10

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



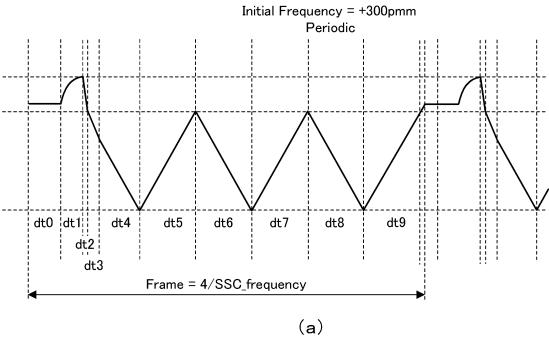
20

30

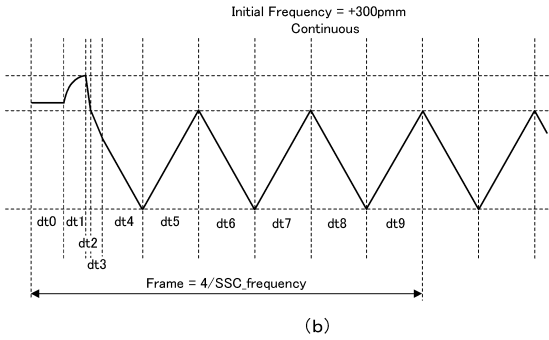
40

50

【 図 17 】



10



20

30

40

50