

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年1月21日(21.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/009547 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 20/18 (2006.01) *G11B 7/0065* (2006.01)
G11B 7/005 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069131
- (22) 国際出願日: 2014年7月18日(18.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 (HITACHI CONSUMER ELECTRONICS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中村 悠介 (NAKAMURA Yusuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SIGNAL QUALITY EVALUATION DEVICE, SIGNAL QUALITY EVALUATION METHOD, AND INFORMATION RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 信号品質評価装置、信号品質評価方法、および情報記録媒体

【図13】

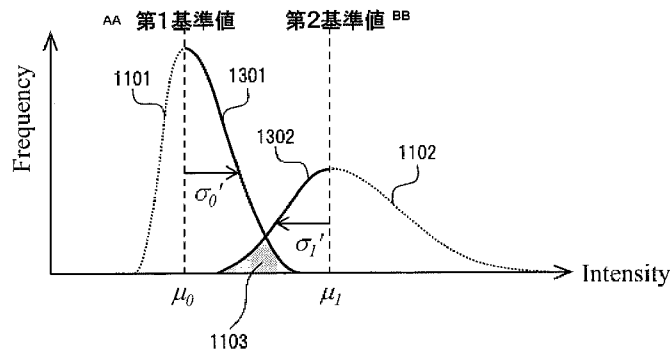


FIG. 13:
AA First reference value
BB Second reference value

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a signal quality evaluation device having a high correlation with a post-decoding error rate, a signal quality evaluation method, and an information recording medium. This can be achieved by means of, for example, a signal quality evaluation device for evaluating a playback signal from an information recording medium, the signal quality evaluation device being equipped with: a logical value determination part which determines, from a two-dimensional playback signal which includes information corresponding to a first logical value and a second logical value, a first playback signal corresponding to the first logical value and a second playback signal corresponding to the second logical value; a first reference value calculation part which generates a first reference value; a second reference value calculation part which generates a second reference value; a first determination part which determines a playback signal having a greater intensity than the first reference value from the first playback signal; a second determination part which determines a playback signal having a greater intensity than the second reference value from the second playback signal; and an evaluation value calculation part which calculates a quality evaluation value on the basis of an output of the first determination part and an output of the second determination part. The average value of the signal intensity of the first playback signal is smaller than the average value of the signal intensity of the second playback signal.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/009547 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

復号後のエラーレートと相関の高い信号品質評価装置、信号品質評価方法、および情報記録媒体を得る。一例として、情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価装置において、第 1 論理値および第 2 論理値に対応する情報を含む 2 次元の再生信号の中から、前記第 1 論理値に対応する第 1 再生信号と、前記第 2 論理値に対応する第 2 再生信号とを判別する論理値判定部と、第 1 基準値を生成する第 1 基準値算出部と、第 2 基準値を生成する第 2 基準値算出部と、前記第 1 再生信号の中から、信号強度が前記第 1 基準値以上となる再生信号を判定する第 1 判定部と、信号強度が前記第 2 再生信号の中から、前記第 2 基準値以下となる再生信号を判定する第 2 判定部と、前記第 1 判定部出力および前記第 2 判定部出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出部と、を具備し、前記第 1 再生信号の信号強度の平均値は、前記第 2 再生信号の信号強度の平均値よりも小さい信号品質評価装置で解決できる。

明 細 書

発明の名称：

信号品質評価装置、信号品質評価方法、および情報記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価装置、信号品質評価方法、および情報記録媒体に関する。

背景技術

[0002] ホログラム記録再生技術として、例えば特開2010-198707号公報（特許文献1）があり、本公報の0084段落に記載のように「再生信号から得られたOnピクセルとOffピクセルの輝度値分布において、標準偏差の二乗和平方根を平均値の差分で除算した値を評価指標とすることにより、ホログラムの信号品質を評価可能」である。

[0003] さらに、例えば特開2008-97688号公報（特許文献2）の0131段落に記載のように「暗ピクセル値の度数分布は0以下の数値がない（受光素子の出力にマイナス値がない）ので、標準偏差や平均値をそのまま求める構成では、少し誤差が生じることもある」との問題に対し、0132段落には「暗ピクセル値の度数分布が正規分布に近似できることを利用して、平均の代わりに最頻値（正規分布の場合、両者は一致する）を求めて μ 2としたり、度数分布の片側（ μ 2より大の部分）から標準偏差を求めて σ 2としたりする構成」について記載がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-198707号公報

特許文献2：特開2008-97688号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1、特許文献2の信号品質評価方法が想定しているOn

ピクセルとOffピクセルの輝度値分布は実際の応答とは異なることから、復号後のエラーレートとの相関が低く、適切な信号品質評価が難しいことが課題であった。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題は、たとえば、特許請求の範囲に記載の発明により解決される。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価装置において、第1論理値および第2論理値に対応する情報を含む2次元の再生信号の中から、前記第1論理値に対応する第1再生信号と、前記第2論理値に対応する第2再生信号とを判別する論理値判定部と、第1基準値を生成する第1基準値算出部と、第2基準値を生成する第2基準値算出部と、前記第1再生信号の中から、信号強度が前記第1基準値以上となる再生信号を判定する第1判定部と、前記第2再生信号の中から、信号強度が前記第2基準値以下となる再生信号を判定する第2判定部と、前記第1判定部出力および前記第2判定部出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出部と、を具備し、前記第1再生信号の信号強度の平均値は、前記第2再生信号の信号強度の平均値よりも小さいことを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、復号後のエラーレートと相関の高く、適切な信号品質評価が可能な信号品質評価装置、信号品質評価方法、および情報記録媒体を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]光情報記録再生装置の実施例を表す概略図

[図2]光情報記録再生装置内のピックアップの実施例を表す概略図

[図3]光情報記録再生装置内のピックアップの実施例を表す概略図

[図4]光情報記録再生装置内のピックアップの実施例を表す概略図

[図5]光情報記録再生装置の動作フローの実施例を表す概略図

[図6]光情報記録再生装置内の信号生成回路の実施例を表す概略図

- [図7]信号生成回路の動作フローの実施例を表す概略図
- [図8]光情報記録再生装置内の信号処理回路の実施例を表す概略図
- [図9]信号処理回路の動作フローの実施例を表す概略図
- [図10]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図11]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図12]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図13]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図14]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図15]信号品質評価回路の実施例を表す概略図
- [図16]信号品質評価回路の動作フローの実施例を表す概略図
- [図17]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図18]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図19]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図20]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図21]再生信号の輝度のヒストグラムの例を表す概略図
- [図22]ピクセルパターンによって輝度が異なることの例を示す表
- [図23]信号品質評価回路の実施例を表す概略図
- [図24]信号品質評価回路の動作フローの実施例を表す概略図
- [図25]信号品質評価回路の実施例を表す概略図
- [図26]信号品質評価回路の実施例を表す概略図
- [図27]信号品質評価回路の実施例を表す概略図
- [図28]信号品質評価回路の動作フローの実施例を表す概略図
- [図29]L L R 演算回路の実施例を表す概略図
- [図30]信号品質評価回路の実施例を表す概略図

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

実施例 1

[0010] 本発明の実施形態を図面にしたがって説明する。図1はホログラフィを利

用してデジタル情報を記録および／または再生する光情報記録媒体の記録再生装置を示すブロック図である。

[0011] 光情報記録再生装置 10 は、入出力制御回路 90 を介して外部制御装置 91 と接続されている。記録する場合には、光情報記録再生装置 10 は外部制御装置 91 から記録する情報信号を入出力制御回路 90 により受信する。再生する場合には、光情報記録再生装置 10 は再生した情報信号を入出力制御回路 90 により外部制御装置 91 に送信する。

[0012] 光情報記録再生装置 10 は、ピックアップ 11、再生用参照光光学系 12、キュア光学系 13、ディスク回転角度検出用光学系 14、位置検出光学系 15、及び回転モータ 50 を備えており、光情報記録媒体 1 は回転モータ 50 によって回転可能な構成となっている。

[0013] ピックアップ 11 は、参照光と信号光を光情報記録媒体 1 に出射してホログラフィを利用してデジタル情報を記録媒体に記録する役割を果たす。この際、記録する情報信号はコントローラ 89 によって信号生成回路 86 を介してピックアップ 11 内の空間光変調器に送り込まれ、信号光は空間光変調器によって変調される。

[0014] 光情報記録媒体 1 に記録した情報を再生する場合は、ピックアップ 11 から出射された参照光を記録時とは逆の向きに光情報記録媒体に入射させる光波を再生用参照光光学系 12 にて生成する。再生用参照光によって再生される再生光をピックアップ 11 内の後述する光検出器によって検出し、信号処理回路 85 によって信号を再生する。

[0015] 光情報記録媒体 1 に照射する参照光と信号光の照射時間は、ピックアップ 11 内のシャッタの開閉時間をコントローラ 89 によってシャッタ制御回路 87 を介して制御することで調整できる。

[0016] キュア光学系 13 は、光情報記録媒体 1 のプリキュアおよびポストキュアに用いる光ビームを生成する役割を果たす。プリキュアとは、光情報記録媒体 1 内の所望の位置に情報を記録する際、所望位置に参照光と信号光を照射する前に予め所定の光ビームを照射する前工程である。ポストキュアとは、

光情報記録媒体 1 内の所望の位置に情報を記録した後、該所望の位置に追記不可能とするために所定の光ビームを照射する後工程である。

[0017] ディスク回転角度検出用光学系 1 4 は、光情報記録媒体 1 の回転角度を検出するために用いられる。光情報記録媒体 1 を所定の回転角度に調整する場合は、ディスク回転角度検出用光学系 1 4 によって回転角度に応じた信号を検出し、検出された信号を用いてコントローラ 8 9 によってディスク回転モータ制御回路 8 8 を介して光情報記録媒体 1 の回転角度を制御する事が出来る。

[0018] 光源駆動回路 8 2 からは所定の光源駆動電流がピックアップ 1 1、キュア光学系 1 3、ディスク回転角度検出用光学系 1 4 内の光源に供給され、各々の光源からは所定の光量で光ビームを発光することができる。

[0019] また、ピックアップ 1 1、そして、ディスクキュア光学系 1 3 は、光情報記録媒体 1 の半径方向に位置をスライドできる機構が設けられており、アクセス制御回路 8 1 を介して位置制御がおこなわれる。

[0020] ところで、ホログラフィの角度多重の原理を利用した記録技術は、参照光角度のずれに対する許容誤差が極めて小さくなる傾向がある。

[0021] 従って、ピックアップ 1 1 内に、参照光角度のずれ量を検出する機構を設けて、サーボ信号生成回路 8 3 にてサーボ制御用の信号を生成し、サーボ制御回路 8 4 を介して該ずれ量を補正するためのサーボ機構を光情報記録再生装置 1 0 内に備えることが必要となる。

[0022] また、ピックアップ 1 1、キュア光学系 1 3、ディスク回転角度検出用光学系 1 4、位置検出光学系 1 5 は、いくつかの光学系構成または全ての光学系構成をひとつに纏めて簡素化しても構わない。

[0023] 図 2 は、光情報記録再生装置 1 0 におけるピックアップ 1 1 の基本的な光学系構成の一例における記録原理を示したものである。光源 2 0 1 を出射した光ビームはコリメートレンズ 2 0 2 を透過し、シャッタ 2 0 3 に入射する。シャッタ 2 0 3 が開いている時は、光ビームはシャッタ 2 0 3 を通過した後、例えば 2 分の 1 波長板などで構成される光学素子 2 0 4 によって p 偏光

と s 偏光の光量比が所望の比になるようになど偏光方向が制御された後、PBS (Polarization Beam Splitter) プリズム 205 に入射する。

[0024] PBS プリズム 205 を透過した光ビームは、信号光 206 として働き、ビームエキスパンダ 208 によって光ビーム径が拡大された後、位相マスク 209、リレーレンズ 210、PBS プリズム 211 を透過して空間光変調器 212 に入射する。

[0025] 空間光変調器 212 によって情報が付加された信号光は、PBS プリズム 211 を反射し、リレーレンズ 213 ならびに空間フィルタ 214 を伝播する。その後、信号光は対物レンズ 215 によって光情報記録媒体 1 に集光する。

[0026] 一方、PBS プリズム 205 を反射した光ビームは参照光 207 として働き、偏光方向変換素子 216 によって記録時または再生時に応じて所定の偏光方向に設定された後、ミラー 217 ならびにミラー 218 を経由してガルバノミラー 219 に入射する。ガルバノミラー 219 はアクチュエータ 220 によって角度を調整可能のため、レンズ 221 とレンズ 222 を通過した後、光情報記録媒体 1 に入射する参照光の入射角度を、所望の角度に設定することができる。なお、参照光の入射角度を設定するために、ガルバノミラーに代えて、参照光の波面を変換する素子を用いても構わない。

[0027] このように信号光と参照光とを光情報記録媒体 1 において、互いに重ね合うように入射させることで、記録媒体内には干渉縞パターンが形成され、このパターンを記録媒体に書き込むことで情報を記録する。また、ガルバノミラー 219 によって光情報記録媒体 1 に入射する参照光の入射角度を変化させることができるため、角度多重による記録が可能である。

[0028] 以降、同じ領域に参照光角度を変えて記録されたホログラムにおいて、1 つ 1 つの参照光角度に対応したホログラムをページと呼び、同領域に角度多重されたページの集合をブックと呼ぶことにする。

[0029] 図 3 は、光情報記録再生装置 10 におけるピックアップ 11 の基本的な光

学系構成の一例における再生原理を示したものである。記録した情報を再生する場合は、前述したように参照光を光情報記録媒体 1 に入射し、光情報記録媒体 1 を透過した光ビームを、アクチュエータ 2 2 3 によって角度調整可能なガルバノミラー 2 2 4 にて反射させることで、その再生用参照光を生成する。

[0030] この再生用参照光によって再生された再生光は、対物レンズ 2 1 5、リレーレンズ 2 1 3 ならびに空間フィルタ 2 1 4 を伝播する。その後、再生光は P B S プリズム 2 1 1 を透過して光検出器 2 2 5 に入射し、記録した信号を再生することができる。光検出器 2 2 5 としては例えば C M O S イメージセンサーや C C D イメージセンサーなどの撮像素子を用いることができるが、ページデータを再生可能であれば、どのような素子であっても構わない。

[0031] 図 4 はピックアップ 1 1 の別の構成を示した図である。図 4 において、光源 4 0 1 を出射した光ビームはコリメートレンズ 4 0 2 を透過し、シャッタ 4 0 3 に入射する。シャッタ 4 0 3 が開いている時は、光ビームはシャッタ 4 0 3 を通過した後、例えば 1 / 2 波長板などで構成される光学素子 4 0 4 によって p 偏光と s 偏光の光量比が所望の比になるように偏光方向を制御された後、偏光ビームスプリッタ 4 0 5 に入射する。

[0032] 偏光ビームスプリッタ 4 0 5 を透過した光ビームは、偏光ビームスプリッタ 4 0 7 を経由して空間光変調器 4 0 8 に入射する。空間光変調器 4 0 8 によって情報を付加された信号光 4 0 6 は偏光ビームスプリッタ 4 0 7 を反射し、所定の入射角度の光ビームのみを通過させるアングルフィルタ 4 0 9 を伝播する。その後、信号光ビームは対物レンズ 4 1 0 によってホログラム記録媒体 1 に集光する。

[0033] 一方、偏光ビームスプリッタ 4 0 5 を反射した光ビームは参照光 4 1 2 として働き、偏光方向変換素子 4 1 9 によって記録時又は再生時に応じて所定の偏光方向に設定された後、ミラー 4 1 3 ならびにミラー 4 1 4 を経由してレンズ 4 1 5 に入射する。レンズ 4 1 5 は参照光 4 1 2 を対物レンズ 4 1 0 のバックフォーカス面に集光させる役割を果たしており、対物レンズ 4 1 0

のバックフォーカス面にて一度集光した参照光は、対物レンズ410によって再度、平行光となってホログラム記録媒体1に入射する。

[0034] ここで、対物レンズ410又は光学ブロック421は、例えば符号420に示す方向に駆動可能であり、対物レンズ410又は光学ブロック421の位置を駆動方向420に沿ってずらすことにより、対物レンズ410と対物レンズ410のバックフォーカス面における集光点の相対位置関係が変化するため、ホログラム記録媒体1に入射する参照光の入射角度を所望の角度に設定することができる。なお、対物レンズ410又は光学ブロック421を駆動する代わりに、ミラー414をアクチュエータにより駆動することで参照光の入射角度を所望の角度に設定しても構わない。

[0035] このように、信号光と参照光をホログラム記録媒体1において、互いに重ね合うように入射させることで、記録媒体内には干渉縞パターンが形成され、このパターンを記録媒体に書き込むことで情報を記録する。また、対物レンズ410又は光学ブロック421の位置を駆動方向420に沿ってずらすことによって、ホログラム記録媒体1に入射する参照光の入射角度を変化させることができるため、角度多重による記録が可能である。

[0036] 記録した情報を再生する場合は、前述したように参照光をホログラム記録媒体1に入射し、ホログラム記録媒体1を透過した光ビームをガルバノミラー416にて反射させることで、その再生用参照光を生成する。この再生用参照光によって再生された再生光は、対物レンズ410、アングルフィルタ409を伝播する。その後、再生光は偏光ビームスプリッタ407を透過して光検出器418に入射し、記録した信号を再生することができる。

[0037] 図4で示した光学系は、信号光と参照光を同一の対物レンズに入射させる構成とすることで、図2で示した光学系構成に比して、大幅に小型化できる利点を有する。

[0038] 図5は、光情報記録再生装置10における記録、再生の動作フローを示したものである。ここでは、特にホログラフィを利用した記録再生に関するフローを説明する。

[0039] 図5（a）は、光情報記録再生装置10に光情報記録媒体1を挿入した後、記録または再生の準備が完了するまでの動作フローを示し、図5（b）は準備完了状態から光情報記録媒体1に情報を記録するまでの動作フロー、図5（c）は準備完了状態から光情報記録媒体1に記録した情報を再生するまでの動作フローを示したものである。

[0040] 図5（a）に示すように媒体を挿入すると（501）、光情報記録再生装置10は、例えば挿入された媒体がホログラフィを利用してデジタル情報を記録または再生する媒体であるかどうかディスク判別を行う（502）。

[0041] ディスク判別の結果、ホログラフィを利用してデジタル情報を記録または再生する光情報記録媒体であると判断されると、光情報記録再生装置10は光情報記録媒体に設けられたコントロールデータを読み出し（503）、例えば光情報記録媒体に関する情報や、例えば記録や再生時における各種設定条件に関する情報を取得する。

[0042] コントロールデータの読み出し後は、コントロールデータに応じた各種調整やピックアップ11に関わる学習処理（504）を行い、光情報記録再生装置10は、記録または再生の準備が完了する（505）。

[0043] 準備完了状態から情報を記録するまでの動作フローは図5（b）に示すように、まず記録するデータを受信して（511）、該データに応じた情報をピックアップ11内の空間光変調器に送り込む。

[0044] その後、光情報記録媒体に高品質の情報を記録できるように、必要に応じて例えば光源301のパワー最適化やシャッタ303による露光時間の最適化等の各種記録用学習処理を事前に行う（512）。

[0045] その後、シーク動作（513）ではアクセス制御回路81を制御して、ピックアップ11ならびにキュア光学系13の位置を光情報記録媒体の所定の位置に位置づけする。光情報記録媒体1がアドレス情報を持つ場合には、アドレス情報を再生し、目的の位置に位置づけされているか確認し、目的の位置に配置されていなければ、所定の位置とのずれ量を算出し、再度位置づける動作を繰り返す。

- [0046] その後、キュア光学系 13 から出射する光ビームを用いて所定の領域をプリキュアし（514）、ピックアップ 11 から出射する参照光と信号光を用いてデータを記録する（515）。
- [0047] データを記録した後は、キュア光学系 13 から出射する光ビームを用いてポストキュアを行う（516）。必要に応じてデータをベリファイしても構わない。
- [0048] 準備完了状態から記録された情報を再生するまでの動作フローは図 5（c）に示すように、まずシーク動作（521）で、アクセス制御回路 81 を制御して、ピックアップ 11 ならびに再生用参照光光学系 12 の位置を光情報記録媒体の所定の位置に位置づけする。光情報記録媒体 1 がアドレス情報を持つ場合には、アドレス情報を再生し、目的の位置に位置づけされているか確認し、目的の位置に配置されていないければ、所定の位置とのずれ量を算出し、再度位置づけする動作を繰り返す。
- [0049] その後、ピックアップ 11 から参照光を出射し、光情報記録媒体に記録された情報を読み出し（522）、再生データを送信する（523）。
- [0050] ここで、記録時における信号生成回路 86 の動作について詳細に説明する。図 6 は光情報記録再生装置 10 の信号生成回路 86 のブロック図であり、図 7 は信号生成回路 86 における信号生成フローである。
- [0051] 入出力制御回路 90 にユーザデータの入力が始まると、入出力制御回路 90 はコントローラ 89 にユーザデータの入力が始まったことを通知する。コントローラ 89 は本通知を受け、信号生成回路 86 に入出力制御回路 90 から入力される 1 ページ分のデータを記録処理するよう命ずる。入出力制御回路 90 から入力されるデータに対し、CRC（Cyclic Redundancy Check）演算回路 601 で再生時エラー検出が行えるようにユーザデータを CRC 化する制御を行い（701）、スクランブル回路 602 で ON ピクセル数と OFF ピクセル数をほぼ等しくし、同一パターンの繰り返しを防ぐことを目的に擬似乱数データ列を加えるスクランブル化を施す（702）。

[0052] 畳み込み符号化回路603で、スクランブルしたデータに対して誤り訂正符号の一種である畳み込み符号化を行い(703)、インターリーブ回路604で畳み込み符号化結果のビット順序の入れ替えを行い(704)、RLL(Run Length Limited)変調回路605でRLL規則を守らせるように変調する(705)。

[0053] このRLL変調は、チャンネルデータ列において“0”の最小および最大のラン長を制限する変調方式である。例えば、最小ラン長2のRLL変調は、“0”のラン長が2である“1001”は許容するが、“0”のラン長が1である“101”などは許容しない。

[0054] その後、2次元化回路606で変調データを2次元に並べ替え1ページ分の2次元データを構成し、再生時の基準となるマーカや、ページ情報となるヘッダを付加し(706)、ピックアップ11内の空間光変調器312に2次元データを転送する。

[0055] 次に、再生時における信号処理回路85の動作について詳細に説明する。図8は光情報記録再生装置10の信号処理回路85のブロック図であり、図9は信号処理回路85における信号処理フローである。

[0056] コントローラ89はピックアップ11内の光検出器225が画像データを検出すると、信号処理回路85にピックアップ11から入力される1ページ分のデータを再生処理するよう命ずる。画像位置検出回路801でピックアップ11から入力される画像データ内からマーカを検出して有効データ範囲を抽出する制御を行う(901)。次に検出されたマーカを用いて画像歪み補正回路802で、画像の傾き・倍率・ディストーションなどの歪み補正を行い、画像データを期待される2次元データのサイズに変換する制御する(902)。等化回路803でこの2次元データに対して後段のLLR(Log Likelihood Ratio)演算回路804の処理に適した特性に等化する(903)。

[0057] ここで等化方法について説明する。等化は2次元FIR(Finite Impulse Response)フィルタで実施し、そのフィルタ係数

は線形最小平均自乗誤差法 LMMSE (Linear Minimum Mean Squared Error) 等の適応アルゴリズムを用いて算出することが可能である。LMMSEとは非特許文献「Japanese Journal of Applied Physics Vol. 45, No. 2B, 2006, PP. 1079-1083」に記載されるように等化後の信号と理想信号との自乗誤差の平均値が最小となるフィルタ係数を算出するアルゴリズムである。なお、LMMSEを例に説明したが、これに限定するものではなくボルテラフィルタのような非線形フィルタ等の他の構成、アルゴリズムを適用してもよい。

- [0058] 次に、LLR演算回路804で対数尤度比(LLR)を演算し(904)、RLR復調回路805でLLR演算回路804出力に基づいてRLR変調データを復調する(905)。RLR復調回路805は、BCJR(Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv)アルゴリズムなどを使用した事後確率(APP: A Posteriori Probability)復号器で構成される。
- [0059] 次に、デインターリーブ回路806でインターリーブ回路604のビット順序の入れ替えを戻すようにRLR復調回路805出力のLLRを入れ替え(906)、畳み込み符号復号回路807でデインターリーブ回路806出力のLLRに基づいてBCJRアルゴリズムなどで畳み込み符号を復号する(907)。
- [0060] 繰り返し処理を実行する場合には(908)、インターリーブ回路808で畳み込み符号復号回路807出力を再度インターリーブし、RLR復調回路805に事前情報として入力する(909)。以上のRLR復調回路805、デインターリーブ回路806、畳み込み符号復号回路807、インターリーブ回路808における処理を複数回繰り返すことで、復号の性能を上げることが出来る。
- [0061] この繰り返し処理を終了する場合には(908)、2値化回路809で畳み込み符号復号回路807出力のLLRが0以上であれば1、0未満であれ

ば0とする2値化処理を行い（910）、デスクランブル回路810で擬似乱数データ列を加えるスクランブルを解除した後（911）、CRC演算回路811でユーザデータ内に誤りが含まれないかの確認を行う（912）。その後、入出力制御回路90にユーザデータを転送する。

[0062] 再生信号品質を評価する場合には、画像歪み補正回路802、等化回路803、LLR演算回路804などの出力である再生信号を信号品質評価回路812に入力し、信号品質評価値を算出する。この評価値はコントローラ89に入力し、前述の各種記録用学習処理、ベリファイ、等化回路803のフィルタ係数学習、復号における繰り返し処理回数の決定、評価値が低い領域をバースト誤りしているとして処理するイレージャ訂正実施の決定、などに使用することができる。

[0063] ここで、信号品質評価回路812について詳細に説明する。図10に画像歪み補正回路802から得られた再生信号の信号強度である輝度のヒストグラムを示す。横軸が輝度、縦軸が各輝度に対応するピクセル数である。記録時には第1の論理値であるOffピクセル（“0”）と第2の論理値であるOnピクセル（“1”）の2値のデータであったとしても、ディスクノイズや光検出器のアンプノイズなどの影響を受けるため、ヒストグラムにおけるOffピクセルに対応する輝度分布1001、およびOnピクセルに対応する輝度分布1002は広がってしまう。単純化のために閾値Thで2値化する復号処理を考えた場合、この再生信号における誤りとは、輝度分布1001のThより輝度が大きい面積と輝度分布1002のThより輝度が小さい面積を合計した面積1003である。

[0064] この面積1003を算出することを試みる。まず、輝度分布1001および輝度分布1002の分布が正規分布であるとする、その確率密度関数は（数1）で表される。 μ は輝度分布の平均値、 σ は輝度分布の標準偏差、 x は輝度を示す。

[0065] [数1]

$$\text{【数1】 } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0066] また、相補誤差関数 erfc は (数 2) で表される。

[0067] [数2]

$$\text{【数 2】 } \text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-t^2) dt$$

[0068] ここで、輝度分布 1001 の総和が 1 とすると、 T_h 以上の面積が bER (bit Error Rate) に相当する。これを SbER ($\text{Simulated bit Error Rate}$) と呼ぶことにする。(数 1)、(数 2) を用いて SbER を導出すると (数 3) となる。 μ_0 は輝度分布 1001 の平均値、 σ_0 は輝度分布 1001 の標準偏差を示す。

[0069] [数3]

$$\begin{aligned} \text{【数 3】 } \text{SbER}_0 &= \int_{T_h}^{\infty} f_0(x) dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_0^2}} \int_{T_h}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x-\mu_0)^2}{2\sigma_0^2}\right) dx \\ &= \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{T_h - \mu_0}{\sqrt{2}\sigma_0}\right) \end{aligned}$$

[0070] 面積 1003 は、輝度分布 1001 および輝度分布 1002 の SbER の和であるので、(数 3) と同様に輝度分布 1002 に対しても SbER を計算すると (数 20) となる。 μ_1 は輝度分布 1002 の平均値、 σ_1 は輝度分布 1002 の標準偏差を示す。 P_0 、 P_1 は夫々 Off ピクセル (“0”) と On ピクセル (“1”) の発生確率であるが、スクランブル回路 602 により発生確率はほぼ等しいため 0.5 とした。

[0071] [数20]

$$\begin{aligned} \text{【数 20】 } \text{SbER} &= P_0 \cdot \text{SbER}_0 + P_1 \cdot \text{SbER}_1 \\ &= \frac{1}{2} (\text{SbER}_0 + \text{SbER}_1) \quad \left(\because P_0 = P_1 = \frac{1}{2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(\int_{T_h}^{\infty} f_0(x) dx + \int_{-\infty}^{T_h} f_1(x) dx \right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{T_h - \mu_0}{\sqrt{2}\sigma_0}\right) + \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{-T_h + \mu_1}{\sqrt{2}\sigma_1}\right) \right\} \end{aligned}$$

[0072] 以上の方法によれば、復号結果の b E R と相関の高い評価値 S b E R を得ることができる。

[0073] ところで、実際の再生信号では輝度分布 1 0 0 1 および輝度分布 1 0 0 2 は正規分布に従わないことが明らかになっている。これは、一般的な光検出器は光の強度を検出するものであり、ディスクノイズなどの印加されたノイズが例え正規分布を呈していたとしても、光強度を検出する際に分布が 2 乗され、 χ^2 乗分布に近い特性を示す。よって、実際には図 1 1 に示すヒストグラムのように、O f f ピクセルに対応する輝度分布 1 1 0 1、および O n ピクセルに対応する輝度分布 1 1 0 2、S b E R に対応する面積 1 1 0 3 となる。

[0074] しかし、(数 2 0) のように輝度分布が正規分布だと仮定した計算を行うと、図 1 2 に示すように平均値 μ_0 、標準偏差 σ_0 を有する正規分布である輝度分布 1 2 0 1 と、平均値 μ_1 、標準偏差 σ_1 を有する正規分布である輝度分布 1 2 0 2 から得られる面積 1 2 0 3 を求めてしまうことになる。この面積 1 2 0 3 は求めるべき面積 1 1 0 3 とは異なるため、復号結果の b E R との相関が低くなる。

[0075] この問題を解決するため、図 1 3 に示すように、輝度分布 1 1 0 1 の第 1 基準値より大きい輝度分布 1 3 0 1 のみを用いた標準偏差 σ_0' 、輝度分布 1 1 0 2 の第 2 基準値より小さい輝度分布 1 3 0 2 のみを用いた標準偏差 σ_1' を使用する。図 1 3 では第 1 基準値を平均値 μ_0 、第 2 基準値を平均値 μ_1 として表記している。なお、標準偏差 σ_0' は (数 1 8) に示すように輝度分布 1 1 0 1 の平均値 μ_0 と輝度分布 1 3 0 1 の輝度 x から求め、標準偏差 σ_1' は (数 1 9) に示すように輝度分布 1 1 0 2 の平均値 μ_1 と輝度分布 1 3 0 2 の輝度 x から求める。

[0076] [数18]

$$【数 1 8】 \sigma_0' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - \mu_0)^2}$$

[0077] [数19]

$$[\text{数 } 19] \quad \sigma_1' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - \mu_1)^2}$$

[0078] このようにすれば、例え前述の分布が正規分布だと仮定した計算を行ったとしても、図14に示すように輝度分布1401、輝度分布1402から得られる面積1403は求めるべき面積1103とほぼ等しい面積となる。以上から復号結果のbERとの相関を高くすることが可能である。

[0079] 以上の説明は、輝度分布が正規分布からずれる例で説明したが、光検出器のダイナミックレンジが無制限でないことから、輝度が飽和することでも正規分布からのずれは生じる。この場合、図17に示すヒストグラムのように、Offピクセルに対応する輝度分布1701、およびOnピクセルに対応する輝度分布1702、SbERに対応する面積1703となる。輝度分布1702の右側が飽和していることから、単純に標準偏差を求めると図17の標準偏差 σ_1 のように正規分布である場合と比較して小さな値となってしまう。

[0080] しかし、(数20)のように輝度分布が正規分布だと仮定した計算を行うと、図18に示すように平均値 μ_1 、標準偏差 σ_1 を有する正規分布である輝度分布1801と輝度分布1701から得られる面積1802を求めてしまうことになる。この面積1802は求めるべき面積1703とは異なるため、復号結果のbERとの相関が低くなる。

[0081] この問題を解決するため、図19に示すように、輝度分布1701の平均値 μ_0 より大きい輝度分布1901のみを用いた標準偏差 σ_0' 、輝度分布1702の平均値 μ_1 より小さい輝度分布1902のみを用いた標準偏差 σ_1' を使用する。

[0082] このようにすれば、例え前述の分布が正規分布だと仮定した計算を行ったとしても、図20に示すように輝度分布2001、輝度分布2002から得られる面積2003は求めるべき面積1703と極めて近い面積となる。以

上から復号結果の bER との相関を高くすることが可能である。

[0083] 次に、図 15、図 16 を使用して評価値算出の流れについて説明する。図 15 は信号品質評価回路 812 のブロック図であり、図 16 は信号品質評価回路 812 における信号処理フローである。

[0084] 信号評価時において、画像歪み補正回路 802 から得られた再生信号を評価信号として、まず論理値判定回路 1501 に入力する。論理値判定回路 1501 では、入力された 2 次元データのピクセルが $O f f$ ピクセルに対応するのか、 $O n$ ピクセルに対応するのかを判定する (1601)。これは予め既知である 2 次元データを再生すればどのピクセルが $O n / O f f$ として記録されていたかは判定可能である。これはページ全体が既知でもよく、ページのある一部の領域が既知でもよい。ある一部の領域とは例えば 8×16 ピクセルの既知領域が 108 ピクセル間隔で格子状に配置されている構成などである。さらに、一部の既知データだけでは評価値の精度が低くなるため、一定の領域のピクセルの輝度の平均値、中央値、予めレジスタなどで設定した値などを閾値 $T h$ として再生像を 2 値化し、この 2 値化結果に基づいて $O n / O f f$ ピクセルを判定してもよい。次に、 $O f f$ ピクセルに対応すると判定されたデータは、平均値 $\mu 0$ 算出回路 1502 で平均値 $\mu 0$ を算出し (1602)、輝度判定回路 1503 で輝度が平均値 $\mu 0$ 以上かの判定を行い (1603)、標準偏差 $\sigma 0'$ 算出回路 1504 で平均値 $\mu 0$ と平均値 $\mu 0$ 以上の輝度値を用いて標準偏差 $\sigma 0'$ を算出する (1604)。対して、 $O n$ ピクセルに対応すると判定されたデータは、平均値 $\mu 1$ 算出回路 1505 で平均値 $\mu 1$ を算出し (1602)、輝度判定回路 1506 で輝度が平均値 $\mu 1$ 以下かの判定を行い (1603)、標準偏差 $\sigma 1'$ 算出回路 1507 で平均値 $\mu 1$ と平均値 $\mu 1$ 以下の輝度値を用いて標準偏差 $\sigma 1'$ を算出する (1604)。その後、評価値算出回路 1508 で、これら平均値 $\mu 0$ 、 $\mu 1$ 、標準偏差 $\sigma 0'$ 、 $\sigma 1'$ に基づいて評価値を算出する (1605)。この評価値の算出方法は、(数 4) に基づく $S b E R$ 、(数 5) に基づく正規化ノイズ、 $S b E R$ に基づき (数 6) で算出する正規化ノイズ、(数 7) (数

8) に基づく S N R、など平均値および／または標準偏差から求められる指標であれば何でもよい。

[0085] [数4]

$$\text{【数 4】 } SbER = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Th - \mu_0}{\sqrt{2} \sigma_0'} \right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{-Th + \mu_1}{\sqrt{2} \sigma_1'} \right) \right\}$$

[0086] [数5]

$$\text{【数 5】 } Normalized\ Noise = \frac{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}{\mu_1 - \mu_0}$$

[0087] [数6]

$$\text{【数 6】 } Normalized\ Noise = \frac{1}{2 \operatorname{erfc}^{-1}(2 SbER)}$$

[0088] [数7]

$$\text{【数 7】 } SNR = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}$$

[0089] [数8]

$$\text{【数 8】 } SNR = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1' + \sigma_0'}$$

[0090] 以上の回路構成、処理手順によれば、復号後のエラーレートと相関の高い信号品質評価装置を実現することができる。また、この指標を用いて各種記録用学習処理を行った上で光情報記録媒体に記録することで、再生時の読み取り精度が高い記録媒体を作成することができる。

[0091] なお、第1、2基準値を平均値 μ_0 、 μ_1 として説明したがこれに限定する必要はなく、Off／Onピクセルに対応する輝度の中央値（中間値）や、分布がピークとなる時の輝度値、さらには予めレジスタなどによりユーザが設定しておいた値を用いてもよい。これにより、分布がより複雑な応答をしている場合においても、求めるべき面積1103に近い面積を算出することが可能となる。例えば、上述の輝度飽和の例では、本当は図17の平均値 μ_1 もずれてしまうが、中央値を使用すればずれない。

- [0092] また、平均値 μ_0 、 μ_1 、標準偏差 σ_0' 、 σ_1' を全て使用した例で説明したが、全て使用する必要はなく、平均値のみ、標準偏差のみから指標値を算出してもよい。これにより、指標値の演算を簡略化でき、回路規模を抑圧可能となる。
- [0093] また、1601から1605の処理は2次元データ全体に対してではなく、2つ以上に分割した領域毎に算出してもよい。これにより、2次元データ内の品質の違いを評価することが可能となる。この場合、分割した領域内に1つ以上の既知データ領域を設けることで、再生品質に拘わらず正しい評価値を算出することが可能となる。
- [0094] また、評価する画像を画像歪み補正回路802出力画像として説明したが、これに限定する必要はなく、等化回路803やLLR演算回路804の出力画像、さらにはRLR復調回路805、畳み込み符号復号回路807など復号途中のデータを使用してもよい。等化や輝度ムラ補正された等化回路803出力画像を使用することでノイズ成分をより強調して評価することが可能であり、誤り訂正に使用されるLLRであるLLR演算回路804出力画像や復号途中のデータを使用することで復号後のbERとより相関の高い指標を得ることが可能である。
- [0095] また、第1の論理値がOffピクセル（“0”）、第2の論理値がOnピクセル（“1”）として説明したが、第1の論理値がOnピクセル、第2の論理値がOffピクセルとしたり、Onピクセルが“0”、Offピクセルが“1”としたりして取り扱うなど相互に入れ替えて定義してもよい。例えば、第1の論理値がOnピクセル、第2の論理値がOffピクセルとすることにより、図13における輝度分布1101の第1基準値以下、輝度分布1102の第2基準値以上を使用することになり、分布が交差している辺りが正規分布から外れるような特性を有している場合においてもbERとより相関の高い指標を得ることが可能となる。
- [0096] また、本実施例のSbER、SNR、正規化ノイズを記録再生における各種推奨値および／または限界値としてテーブル化して記録媒体に保存してお

いてもよい。これにより、再生時において再生品質目標値として、また再生調整の目標値として使用することが可能となる。なお、前記テーブルには、必ずしも全て情報を含む必要はなく、任意の必要な情報のみを保存しても構わない。

[0097] また、指標値を標準偏差 σ_0' 、 σ_1' を用いて算出したが、LLRも同様に標準偏差 σ_0' 、 σ_1' を用いて算出した方がエラーレートとの相関をより高くすることが可能である。この場合のLLR演算回路804の構成を図29に示す。図15の信号品質評価回路812と異なるのは、LLR算出回路2901である。LLR算出回路2901では、実施例1の方法により求めた平均値 μ_0 、 μ_1 、標準偏差 σ_0' 、 σ_1' とLLR演算回路804入力を用いて（数21）に従ってLLRを算出する。（数21）における y がLLR演算回路804入力である。

[0098] [数21]

$$\text{【数 2 1】 } LLR = \log \left(\frac{\sigma_0'}{\sigma_1'} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_0}{\sigma_0'} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_1}{\sigma_1'} \right)^2$$

[0099] また、再生信号の信号強度を輝度として輝度分布で議論したが、位相記録再生の場合などには信号強度が位相となる。この場合には輝度を位相に読み替えて処理すれば、位相記録再生、振幅位相記録再生などの場合においても同様に適用可能である。

[0100] 以上のことは他の実施例においても同様に適用可能である。

実施例 2

[0101] 本実施例が実施例1と異なるのは、輝度分布がRL変調方式および符号間干渉量に依存して変わるという点である。

[0102] 図21に本実施例におけるヒストグラムの例を示す。Offピクセルに対応する輝度分布2101、およびOnピクセルに対応する輝度分布2102、SBERに対応する面積2107の考え方は実施例1と同じである。しかし、RL変調方式および符号間干渉量によって、Offピクセルでも周囲のピクセルによって輝度が変わってしまう。例として、前述のように最小ラ

ン長2のRLL変調を施した記録データを再生した時、3ピクセルに跨る符号間干渉が発生したものとする。その場合に取り得る値が変わることを図22を用いて説明する。例えば3ピクセルに跨る符号間干渉の応答がPR121（121の重みで干渉が生じている）であるとする。ピクセルパターンが“000”（Pattern0）の時は、000と121の畳み込み結果が得られる輝度であり0となる。同様に“001” “100”（Pattern1）の時の輝度は1、“011” “110”（Pattern3）の時の輝度は3、“111”（Pattern4）の時の輝度は4となる。このように同じOn/Offピクセルでも周囲の輝度によって違いが現れる。以上から、Offピクセルに対応する輝度分布2101は、Pattern0の輝度分布2103とPattern1の輝度分布2104から成り、Onピクセルに対応する輝度分布2102は、Pattern3の輝度分布2105とPattern4の輝度分布2106から成る。このように1つの分布が複数の分布から成っている場合、正規分布からの乖離が大きくなってしまふ。この問題を解決するため、分布をPattern0～3に分解して考える。すなわち、SbERである面積2107を（数9）のように求めればよい。P0、P1、P2、P3は夫々Pattern0～3の発生確率であり、これはRLL変調回路605の特性から事前に求めることができる。

[0103] [数9]

$$\text{【数 9】 } SbER = P_0 \cdot SbER_0 + P_1 \cdot SbER_1 + P_2 \cdot SbER_2 + P_3 \cdot SbER_3$$

$$= P_0 \cdot \int_{Th}^{\infty} f_0(x) dx + P_1 \cdot \int_{Th}^{\infty} f_1(x) dx + P_2 \cdot \int_{-\infty}^{Th} f_2(x) dx + P_3 \cdot \int_{-\infty}^{Th} f_3(x) dx$$

[0104] しかし、RLL変調方式および符号間干渉量によっては、4つのパターン全てを計算しなくてもよい。なぜなら、誤りに最も寄与するのは閾値Thに近いPattern1とPattern2であるため、（数10）のように、この2つのSbERを求めさえすれば復号後のbERと相関が十分に高いと言える。

[0105]

[数10]

$$【数 1 0】 SbER \approx P_1 \cdot SbER_1 + P_2 \cdot SbER_2$$

$$\begin{aligned} &= P_1 \cdot \int_{Th}^{\infty} f_1(x) dx + P_2 \cdot \int_{-\infty}^{Th} f_2(x) dx \\ &= \frac{1}{2} \left\{ P_1 \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{Th - \mu_1}{\sqrt{2} \sigma_1} \right) + P_2 \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{-Th + \mu_2}{\sqrt{2} \sigma_2} \right) \right\} \end{aligned}$$

[0106] 次に、図23、図24を使用して評価値算出の流れについて説明する。図23は信号品質評価回路812のブロック図であり、図24は信号品質評価回路812における信号処理フローである。

[0107] 信号評価時において、画像歪み補正回路802から得られた再生信号を評価信号として、まずパターン判定回路2301に入力する。パターン判定回路2301では、入力された2次元データのピクセルがPattern1に対応するのか、Pattern2に対応するのかを判定する(2401)。次に、Pattern1に対応すると判定されたデータは、平均値 $\mu 1$ 算出回路2302で平均値 $\mu 1$ を算出し(2402)、輝度判定回路2303で輝度が平均値 $\mu 1$ 以上かの判定を行い(2403)、標準偏差 $\sigma 1$ 算出回路2304で平均値 $\mu 1$ と平均値 $\mu 1$ 以上の輝度値を用いて標準偏差 $\sigma 1$ を算出する(2404)。対して、Pattern2に対応すると判定されたデータは、平均値 $\mu 2$ 算出回路2305で平均値 $\mu 2$ を算出し(2402)、輝度判定回路2306で輝度が平均値 $\mu 2$ 以下かの判定を行い(2403)、標準偏差 $\sigma 2$ 算出回路2307で平均値 $\mu 2$ と平均値 $\mu 2$ 以下の輝度値を用いて標準偏差 $\sigma 2$ を算出する(2404)。その後、評価値算出回路2308で、これら平均値 $\mu 1$ 、 $\mu 2$ 、標準偏差 $\sigma 1$ 、 $\sigma 2$ に基づいて評価値を算出する(2405)。

[0108] 以上の回路構成、処理手順によれば、復号後のエラーレートと相関の高い信号品質評価装置を実現することができる。また、この指標を用いて各種記録用学習処理を行った上で光情報記録媒体に記録することで、再生時の読み取り精度が高い記録媒体を作成することができる。

[0109] なお、より簡易に構成する場合には図25に示すように、図23における輝度判定回路2303、2306ならびに図24における手順2403を省略することも可能である。これは、複数の分布に分割して考えることで、分布の一部を使用するまでもなく正規分布に近いと考えることができるためである。

[0110] また、Pattern1、Pattern2を使用する例を用いて説明したがこれに限定する必要はなく、異なるパターンを使用してもよいし、4つ全てのパターンを使用しても良い。

[0111] また、最小ラン長2のRLL変調、3ピクセルに跨る符号間干渉を考慮した場合には、説明したように4つの分布に分解できるが、RLL変調を使用しなければ5つの分布となるため、中心の分布の誤る確率は0.5であるとして処理してもよい。さらに、符号間干渉がより多くのピクセルに跨っている場合にはさらに分布が増える。この場合にも、同様に拡張し、誤りに影響し易い中心の複数分布を使用するなどすることが可能である。

[0112] 以上のことは他の実施例においても同様に適用可能である。

実施例 3

[0113] 本実施例が実施例1と異なるのは、輝度分布の平均値 μ 、標準偏差 σ から指標値を求めるのではなく、相互情報量に基づいて指標値を算出する点である。

[0114] RLL復調回路805、畳み込み符号復号回路807における復号処理では相互情報量を繰り返し受け渡しすることで訂正能力を向上させている。よって、誤り訂正後のBERとの相関が高い指標とするためには相互情報量に基づいた指標値とするのが望ましい。

[0115] 相互情報量はLLR演算回路804出力であるLLRを使用して算出することができる。まず、LLRとは等化回路103出力 y の記録ビット x が0である確率と1である確率の比の対数表現であり、(数11)で表すことができる。なお、 $P(x=0|y)$ は y において x が0である確率、 $P(x=1|y)$ は y において x が1である確率を意味する。

[0116] [数11]

$$\text{【数 1 1】 } LLR = \ln \frac{P(x=1|y)}{P(x=0|y)}$$

[0117] しかし、 $P(x=0|y)$ 、 $P(x=1|y)$ を復号時に直接的に求めることはできないので、LLR演算回路804では等化回路103出力 y の平均値 T_h よりも大きいものは1、それ以外を0と仮定し（数12）で計算している。なお、 μ_0 、 μ_1 は輝度分布の平均値、 σ_0 、 σ_1 は輝度分布の標準偏差である。

[0118] [数12]

$$\text{【数 1 2】 } LLR = \log \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_1} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_0}{\sigma_0} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_1}{\sigma_1} \right)^2$$

[0119] なお、LLR演算方法を上記で説明したが、これに限定するものではなく他の方法により計算してもよい。

[0120] ここで、LLRを用いて $P(x=0|y)$ 、 $P(x=1|y)$ を表現してみる。自明である（数13）と、（数11）から（数14）（数15）を導くことができる。

[0121] [数13]

$$\text{【数 1 3】 } P(x=1|y) + P(x=0|y) = 1$$

[0122] [数14]

$$\text{【数 1 4】 } P(x=0|y) = \frac{\exp(LLR)}{\exp(LLR) + 1}$$

[0123] [数15]

$$\text{【数 1 5】 } P(x=1|y) = \frac{1}{\exp(LLR) + 1}$$

[0124] 相互情報量は（数16）で定義されるため、（数14）（数15）を用いると（数17）を得ることが可能である。

[0125] [数16]

$$\text{【数 1 6】 } I(y; x) = \{-P(y) \cdot \log_2 P(y)\} - \{-P(x) \cdot \log_2 P(x)\}$$

[0126] [数17]

$$\text{【数 1 7】 } I(y; x) = 1 + P(x = 0|y) \cdot \log_2 P(x = 0|y) + P(x = 1|y) \cdot \log_2 P(x = 1|y)$$

[0127] 次に、図 2 6 を使用して評価値算出の流れについて説明する。図 2 6 は信号品質評価回路 8 1 2 のブロック図である。

[0128] L L R 演算回路 8 0 4 出力である L L R を相互情報量算出回路 2 6 0 1 に入力し、(数 1 4) (数 1 5) (数 1 7) に基づき相互情報量を算出する。次に、相互情報量平均化回路 2 6 0 2 で相互情報量を 2 次元データ全体に対して、もしくは 2 つ以上に分割した領域毎に平均化することで評価値を算出する。分割した領域毎に算出することにより、2 次元データ内の品質の違いを評価することが可能となる。

[0129] なお、L L R 算出にあたり平均値 T_h よりも大きいものを 1、それ以外を 0 とする仮定を用いず、既知データを使用して平均値 μ_0 、 μ_1 、標準偏差 σ_0 、 σ_1 を求めることでより精度の高い相互情報量を算出可能である。この場合 L L R 演算回路 8 0 4 出力の L L R を用いずに、既知データから求めた L L R を別途計算して使用することが望ましい。

[0130] また、実施例 1、2 と同様に、分布の一部を使用して評価値を算出してもよい。この場合の評価値算出の流れについて説明する。図 2 7 は信号品質評価回路 8 1 2 のブロック図であり、図 2 8 は信号品質評価回路 8 1 2 における信号処理フローである。

[0131] 信号評価時において、L L R 演算回路 8 0 4 から得られた L L R を論理値判定回路 2 7 0 1 に入力する。論理値判定回路 2 7 0 1 では、入力された 2 次元データのピクセルが O f f ピクセルに対応するのか、O n ピクセルに対応するのかを判定する (2 8 0 1)。次に、O f f ピクセルに対応すると判定された L L R は、平均値 μ_0 算出回路 2 7 0 2 で平均値 μ_0 を算出し (2 8 0 2)、L L R 判定回路 2 7 0 3 で L L R が平均値 μ_0 以上かの判定を行う (2 8 0 3)。対して、O n ピクセルに対応すると判定された L L R は、平均値 μ_1 算出回路 2 7 0 4 で平均値 μ_1 を算出し (2 8 0 2)、L L R 判

定回路 2705 で LL R が平均値 μ 1 以下かの判定を行う (2803)。その後、相互情報量算出回路 2601 で相互情報量を算出し (2804)、相互情報量平均化回路 2602 で相互情報量を平均化し (2805)、指標値として出力する。

[0132] 以上の回路構成、処理手順によれば、訂正後のエラーレートと相関の高い信号品質評価装置を実現することができる。また、この指標を用いて各種記録用学習処理を行った上で光情報記録媒体に記録することで、再生時の読み取り精度が高い記録媒体を作成することができる。

実施例 4

[0133] 本実施例が実施例 1 と異なるのは、輝度分布の平均値 μ 、標準偏差 σ から指標値を求めるのではなく、 χ^2 乗分布に基づいて指標値を算出する点である。実施例 1 では、分布が χ^2 乗分布であるために分布の一部に基づく標準偏差から指標値を算出したが、 χ^2 乗分布にフィッティングさせればよりエラーレートと相関の高い指標とすることが可能となる。

[0134] 図 30 に本実施例の構成を示す。論理値判定回路 3001 では、入力された 2 次元データのピクセルが Off ピクセルに対応するのか、On ピクセルに対応するのかを判定する。次に、Off ピクセルに対応すると判定されたデータは、シフト量 s_0 算出回路 3002 でシフト量 s_0 を算出し、自由度 k_0 算出回路 3004 で自由度 k_0 を算出する。対して、On ピクセルに対応すると判定されたデータは、シフト量 s_1 算出回路 3003 でシフト量 s_1 を算出し、自由度 k_1 算出回路 3005 で自由度 k_1 を算出する。その後、評価値算出回路 3006 で、(数 1) の確率密度関数の代わりに、(数 2) の確率密度関数を用いて、SBER を算出する。(数 2) における k は自由度、 s は輝度のシフト量、 Γ はガンマ関数である。

[0135] [数 22]

$$【数 2 2】 f(x) = \frac{(x-s)^{(k-2)/2} e^{-(x-s)/2}}{2^{k/2} \Gamma(k/2)}$$

[0136] 以上の回路構成、処理手順によれば、復号後のエラーレートと相関の高い

信号品質評価装置を実現することができる。また、この指標を用いて各種記録用学習処理を行った上で光情報記録媒体に記録することで、再生時の読み取り精度が高い記録媒体を作成することができる。なお、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。変形例として、以下の構成が挙げられる。

[0137] 変形例 1 として、情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価装置において、第 1 論理値および第 2 論理値に対応する情報を含む 2 次元の再生信号の中から、前記第 1 論理値に対応する第 1 再生信号と、前記第 2 論理値に対応する第 2 再生信号とを判別する論理値判定部と、第 1 基準値を生成する第 1 基準値算出部と、第 2 基準値を生成する第 2 基準値算出部と、前記第 1 再生信号の中から、信号強度が前記第 1 基準値以上となる再生信号を判定する第 1 判定部と、前記第 2 再生信号の中から、信号強度が前記第 2 基準値以下となる再生信号を判定する第 2 判定部と、前記第 1 判定部出力および前記第 2 判定部出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出部と、を具備し、前記第 1 再生信号の平均値は、前記第 2 再生信号の平均値よりも小さい、ことを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0138] 変形例 2 として、変形例 1 に記載の信号品質評価装置において、前記第 1 基準値とは、前記第 1 再生信号の信号強度分布の平均値であり、前記第 2 基準値とは、前記第 2 再生信号の信号強度分布の平均値である、ことを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0139] 変形例 3 として、変形例 1 に記載の信号品質評価装置において、前記第 1 基準値とは、前記第 1 再生信号の信号強度分布の中央値であり、前記第 2 基準値とは、前記第 2 再生信号の信号強度分布の中央値である、ことを特徴と

する信号品質評価装置がある。

[0140] 変形例 4 として、変形例 1 に記載の信号品質評価装置において、前記評価値算出部では、前記第 1 判定部出力に対して前記第 1 再生信号における前記第 1 基準値からの第 1 標準偏差を算出し、前記第 2 判定部出力に対して前記第 2 再生信号における前記第 2 基準値からの第 2 標準偏差を算出し、前記第 1 基準値、前記第 1 標準偏差、前記第 2 基準値、前記第 2 標準偏差に基づいて品質評価値を算出する、ことを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0141] 変形例 5 として、変形例 4 に記載の信号品質評価装置において、前記第 1 基準値を μ_0 、前記第 1 標準偏差を σ_0' 、前記第 2 基準値を μ_1 、前記第 2 標準偏差を σ_1' とするとき、前記品質評価値を

[0142] [数 5]

$$\text{【数 5】 } \textit{Normalized Noise} = \frac{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}{\mu_1 - \mu_0}$$

[0143] によって算出する、ことを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0144] 変形例 6 として、変形例 1 に記載の信号品質評価装置において、前記第 1 再生信号の信号強度分布が、前記第 1 論理値および前記第 2 論理値のパターンに応じた 2 つ以上の第 1 複数分布から成っており、前記第 1 判定部では、前記第 1 複数分布のうち前記第 2 再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第 1 基準値以上となる再生信号を判定し、前記第 2 再生信号の信号強度分布が、前記第 1 論理値および前記第 2 論理値のパターンに応じた 2 つ以上の第 2 複数分布から成っており、前記第 2 判定部では、前記第 2 複数分布のうち前記第 1 再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第 2 基準値以下となる再生信号を判定する、ことを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0145] 変形例 7 として、変形例 1 に記載の信号品質評価装置において、前記第 1 判定部出力および前記第 2 判定部出力の相互情報量を算出する相互情報量算出部と、前記相互情報量算出部出力の平均値を算出する相互情報量平均化部と、を具備することを特徴とする信号品質評価装置がある。

[0146] 変形例 8 として、情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価

方法において、第1論理値および第2論理値に対応する情報を含む2次元の再生信号の中から、前記第1論理値に対応する第1再生信号と、前記第2論理値に対応する第2再生信号とを判別する論理値判定ステップと、第1基準値を生成する第1基準値算出ステップと、第2基準値を生成する第2基準値算出ステップと、前記第1再生信号の中から、信号強度が前記第1基準値以上となる再生信号を判定する第1判定ステップと、前記第2再生信号の中から、信号強度が前記第2基準値以下となる再生信号を判定する第2判定ステップと、前記第1判定ステップ出力および前記第2判定ステップ出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出ステップと、を具備し、前記第1再生信号の平均値は、前記第2再生信号の平均値よりも小さい、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0147] 変形例9として、変形例8に記載の信号品質評価方法において、前記第1基準値とは、前記第1再生信号の信号強度分布の平均値であり、前記第2基準値とは、前記第2再生信号の信号強度分布の平均値である、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0148] 変形例10として、変形例8に記載の信号品質評価方法において、前記第1基準値とは、前記第1再生信号の信号強度分布の中央値であり、前記第2基準値とは、前記第2再生信号の信号強度分布の中央値である、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0149] 変形例11として、変形例8に記載の信号品質評価方法において、前記評価値算出ステップでは、前記第1判定ステップ出力に対して前記第1再生信号における前記第1基準値からの第1標準偏差を算出し、前記第2判定ステップ出力に対して前記第2再生信号における前記第2基準値からの第2標準偏差を算出し、前記第1基準値、前記第1標準偏差、前記第2基準値、前記第2標準偏差に基づいて品質評価値を算出する、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0150] 変形例12として、変形例11に記載の信号品質評価方法において、前記第1基準値を μ_0 、前記第1標準偏差を σ_0' 、前記第2基準値を μ_1 、前

記第2標準偏差を σ_1' とすると、前記品質評価値を

[0151] [数5]

$$\text{【数 5】 } \textit{Normalized Noise} = \frac{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}{\mu_1 - \mu_0}$$

[0152] によって算出する、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0153] 変形例13として、変形例8に記載の信号品質評価方法において、前記第1再生信号の信号強度分布が、前記第1論理値および前記第2論理値のパターンに応じた2つ以上の第1複数分布から成っており、前記第1判定ステップでは、前記第1複数分布のうち前記第2再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第1基準値以上となる再生信号を判定し、前記第2再生信号の信号強度分布が、前記第1論理値および前記第2論理値のパターンに応じた2つ以上の第2複数分布から成っており、前記第2判定ステップでは、前記第2複数分布のうち前記第1再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第2基準値以下となる再生信号を判定する、ことを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0154] 変形例14として、変形例8に記載の信号品質評価方法において、前記第1判定ステップ出力および前記第2判定ステップ出力の相互情報量を算出する相互情報量算出ステップと、前記相互情報量算出ステップ出力の平均値を算出する相互情報量平均化ステップと、を具備することを特徴とする信号品質評価方法がある。

[0155] 変形例15として、変形例1～7に記載の信号品質評価装置、または、変形例8～14に記載の信号品質評価方法を用いて記録調整した信号が記録されている、ことを特徴とする情報記録媒体がある。

[0156] また、光情報記録媒体は、ホログラフィを利用する記録媒体に限らず、たとえばDVD (Digital Versatile Disc)、または、BD (Blu-ray Disc (登録商標)) などでも良い。

[0157] また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。

また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

- [0158] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

符号の説明

- [0159] 1・・・光情報記録媒体、10・・・光情報記録再生装置、11・・・ピックアップ、12・・・再生用参照光光学系、13・・・ディスクCure光学系、14・・・ディスク回転角度検出用光学系、15・・・位置検出光学系、50・・・回転モータ、81・・・アクセス制御回路、82・・・光源駆動回路、83・・・サーボ信号生成回路、84・・・サーボ制御回路、85・・・信号処理回路、86・・・信号生成回路、87・・・シャッタ制御回路、88・・・ディスク回転モータ制御回路、89・・・コントローラ、90・・・入出力制御回路、91・・・外部制御装置、201・・・光源、202・・・コリメートレンズ、203・・・シャッタ、204・・・1/2波長板、205・・・偏光ビームスプリッタ、206・・・信号光、207・・・参照光、208・・・ビームエキスパンダ、209・・・フェーズ(位相)マスク、210・・・リレーレンズ、211・・・偏光ビームスプリッタ、212・・・空間光変調器、213・・・リレーレンズ、214・・・空間フィルタ、215・・・対物レンズ、216・・・偏光方向変換素子、217・・・ミラー、218・・・ミラー、219・・・ミラー、220・・・アクチュエータ、221・・・レンズ、222・・・レンズ、223・・・アクチュエータ、224・・・ミラー、225・・・光検出器、401・・・光源、402・・・コリメートレンズ、403・・・シャッタ、4

04・・・光学素子、405・・・偏光ビームスプリッタ、406・・・信号光、407・・・偏光ビームスプリッタ、408・・・空間光変調器、409・・・ビームエキスパンダ、410・・・リレーレンズ、411・・・フェーズ（位相）マスク、412・・・リレーレンズ、413・・・空間フィルタ、414・・・ミラー、415・・・ミラー、416・・・ミラー、417・・・アクチュエータ、418・・・光検出器、419・・・レンズ、420・・・レンズ、421・・・ミラー、422・・・アクチュエータ、423・・・参照光、424・・・偏光方向変換素子、425・・・対物レンズ、601・・・CRC演算回路、602・・・スクランブル回路、603・・・畳み込み符号化回路、604・・・インターリーブ回路、605・・・RL変調回路、606・・・2次元化回路、801・・・画像位置検出回路、802・・・画像歪み補正回路、803・・・等化回路、804・・・LLR演算回路、805・・・RL復調回路、806・・・デインターリーブ回路、807・・・畳み込み符号復号回路、808・・・インターリーブ回路、809・・・2値化回路、810・・・デスクランブル回路、811・・・CRC演算回路、1501・・・論理値判定回路、1502・・・平均値 μ_0 算出回路、1503・・・輝度判定回路、1504・・・標準偏差 σ_0' 算出回路、1505・・・平均値 μ_1 算出回路、1506・・・輝度判定回路、1507・・・標準偏差 σ_1' 算出回路、1508・・・評価値算出回路、2301・・・パターン判定回路、2302・・・平均値 μ_1 算出回路、2303・・・輝度判定回路、2304・・・標準偏差 σ_1 算出回路、2305・・・平均値 μ_2 算出回路、2306・・・輝度判定回路、2307・・・標準偏差 σ_2 算出回路、2308・・・評価値算出回路、2601・・・相互情報量算出回路、2602・・・相互情報量平均化回路、2701・・・論理値判定回路、2702・・・平均値 μ_0 算出回路、2703・・・LLR判定回路、2704・・・平均値 μ_1 算出回路、2705・・・LLR判定回路、2901・・・LLR算出回路、3001・・・論理値判定回路、3002・・・シフト量 s_0 算出回路、3003・・・

- ・シフト量 s_1 算出回路、3004・・・自由度 k_0 算出回路、3005・
- ・自由度 k_1 算出回路、3006・・・評価値算出回路

請求の範囲

- [請求項1] 情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価装置において、
- 第1論理値および第2論理値に対応する情報を含む2次元の再生信号の中から、前記第1論理値に対応する第1再生信号と、前記第2論理値に対応する第2再生信号とを判別する論理値判定部と、
- 第1基準値を生成する第1基準値算出部と、
- 第2基準値を生成する第2基準値算出部と、
- 前記第1再生信号の中から、信号強度が前記第1基準値以上となる再生信号を判定する第1判定部と、
- 前記第2再生信号の中から、信号強度が前記第2基準値以下となる再生信号を判定する第2判定部と、
- 前記第1判定部出力および前記第2判定部出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出部と、
- を具備し、前記第1再生信号の信号強度の平均値は、前記第2再生信号の信号強度の平均値よりも小さい、
- ことを特徴とする信号品質評価装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の信号品質評価装置において、
- 前記第1基準値とは、前記第1再生信号の信号強度分布の平均値であり、前記第2基準値とは、前記第2再生信号の信号強度分布の平均値である、
- ことを特徴とする信号品質評価装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の信号品質評価装置において、
- 前記第1基準値とは、前記第1再生信号の信号強度分布の中央値であり、前記第2基準値とは、前記第2再生信号の信号強度分布の中央値である、
- ことを特徴とする信号品質評価装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の信号品質評価装置において、

前記評価値算出部では、前記第1判定部出力に対して前記第1再生信号における前記第1基準値からの第1標準偏差を算出し、前記第2判定部出力に対して前記第2再生信号における前記第2基準値からの第2標準偏差を算出し、前記第1基準値、前記第1標準偏差、前記第2基準値、前記第2標準偏差に基づいて品質評価値を算出する、
ことを特徴とする信号品質評価装置。

[請求項5]

請求項4に記載の信号品質評価装置において、

前記第1基準値を μ_0 、前記第1標準偏差を σ_0' 、前記第2基準値を μ_1 、前記第2標準偏差を σ_1' とすると、前記品質評価値を
[数5]

$$\text{【数5】 } \textit{Normalized Noise} = \frac{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}{\mu_1 - \mu_0}$$

によって算出する、

ことを特徴とする信号品質評価装置。

[請求項6]

請求項1に記載の信号品質評価装置において、

前記第1再生信号の信号強度分布が、前記第1論理値および前記第2論理値のパターンに応じた2つ以上の第1複数分布から成っており、

前記第1判定部では、前記第1複数分布のうち前記第2再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第1基準値以上となる再生信号を判定し、

前記第2再生信号の信号強度分布が、前記第1論理値および前記第2論理値のパターンに応じた2つ以上の第2複数分布から成っており、

前記第2判定部では、前記第2複数分布のうち前記第1再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第2基準値以下となる再生信号を判定する、

ことを特徴とする信号品質評価装置。

- [請求項7] 請求項1に記載の信号品質評価装置において、
前記第1判定部出力および前記第2判定部出力の相互情報量を算出する相互情報量算出部と、
前記相互情報量算出部出力の平均値を算出する相互情報量平均化部と、
を具備することを特徴とする信号品質評価装置。
- [請求項8] 情報記録媒体から再生した信号を評価する信号品質評価方法において、
第1論理値および第2論理値に対応する情報を含む2次元の再生信号の中から、前記第1論理値に対応する第1再生信号と、前記第2論理値に対応する第2再生信号とを判別する論理値判定ステップと、
第1基準値を生成する第1基準値算出ステップと、
第2基準値を生成する第2基準値算出ステップと、
前記第1再生信号の中から、信号強度が前記第1基準値以上となる再生信号を判定する第1判定ステップと、
前記第2再生信号の中から、信号強度が前記第2基準値以下となる再生信号を判定する第2判定ステップと、
前記第1判定ステップ出力および前記第2判定ステップ出力に基づいて品質評価値を算出する評価値算出ステップと、
を具備し、前記第1再生信号の信号強度の平均値は、前記第2再生信号の信号強度の平均値よりも小さい、
ことを特徴とする信号品質評価方法。
- [請求項9] 請求項8に記載の信号品質評価方法において、
前記第1基準値とは、前記第1再生信号の信号強度分布の平均値であり、前記第2基準値とは、前記第2再生信号の信号強度分布の平均値である、
ことを特徴とする信号品質評価方法。
- [請求項10] 請求項8に記載の信号品質評価方法において、

前記第 1 基準値とは、前記第 1 再生信号の信号強度分布の中央値であり、前記第 2 基準値とは、前記第 2 再生信号の信号強度分布の中央値である、

ことを特徴とする信号品質評価方法。

[請求項11]

請求項 8 に記載の信号品質評価方法において、

前記評価値算出ステップでは、前記第 1 判定ステップ出力に対して前記第 1 再生信号における前記第 1 基準値からの第 1 標準偏差を算出し、前記第 2 判定ステップ出力に対して前記第 2 再生信号における前記第 2 基準値からの第 2 標準偏差を算出し、前記第 1 基準値、前記第 1 標準偏差、前記第 2 基準値、前記第 2 標準偏差に基づいて品質評価値を算出する、

ことを特徴とする信号品質評価方法。

[請求項12]

請求項 11 に記載の信号品質評価方法において、

前記第 1 基準値を μ_0 、前記第 1 標準偏差を σ_0' 、前記第 2 基準値を μ_1 、前記第 2 標準偏差を σ_1' とするとき、前記品質評価値を [数5]

$$\text{【数 5】 } \textit{Normalized Noise} = \frac{\sqrt{\sigma_1'^2 + \sigma_0'^2}}{\mu_1 - \mu_0}$$

によって算出する、

ことを特徴とする信号品質評価方法。

[請求項13]

請求項 8 に記載の信号品質評価方法において、

前記第 1 再生信号の信号強度分布が、前記第 1 論理値および前記第 2 論理値のパターンに応じた 2 つ以上の第 1 複数分布から成っており、

前記第 1 判定ステップでは、前記第 1 複数分布のうち前記第 2 再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第 1 基準値以上となる再生信号を判定し、

前記第 2 再生信号の信号強度分布が、前記第 1 論理値および前記第

2 論理値のパターンに応じた 2 つ以上の第 2 複数分布から成っており、

前記第 2 判定ステップでは、前記第 2 複数分布のうち前記第 1 再生信号の信号強度分布に近い分布から、前記第 2 基準値以下となる再生信号を判定する、

ことを特徴とする信号品質評価方法。

[請求項14]

請求項 8 に記載の信号品質評価方法において、

前記第 1 判定ステップ出力および前記第 2 判定ステップ出力の相互情報量を算出する相互情報量算出ステップと、

前記相互情報量算出ステップ出力の平均値を算出する相互情報量平均化ステップと、

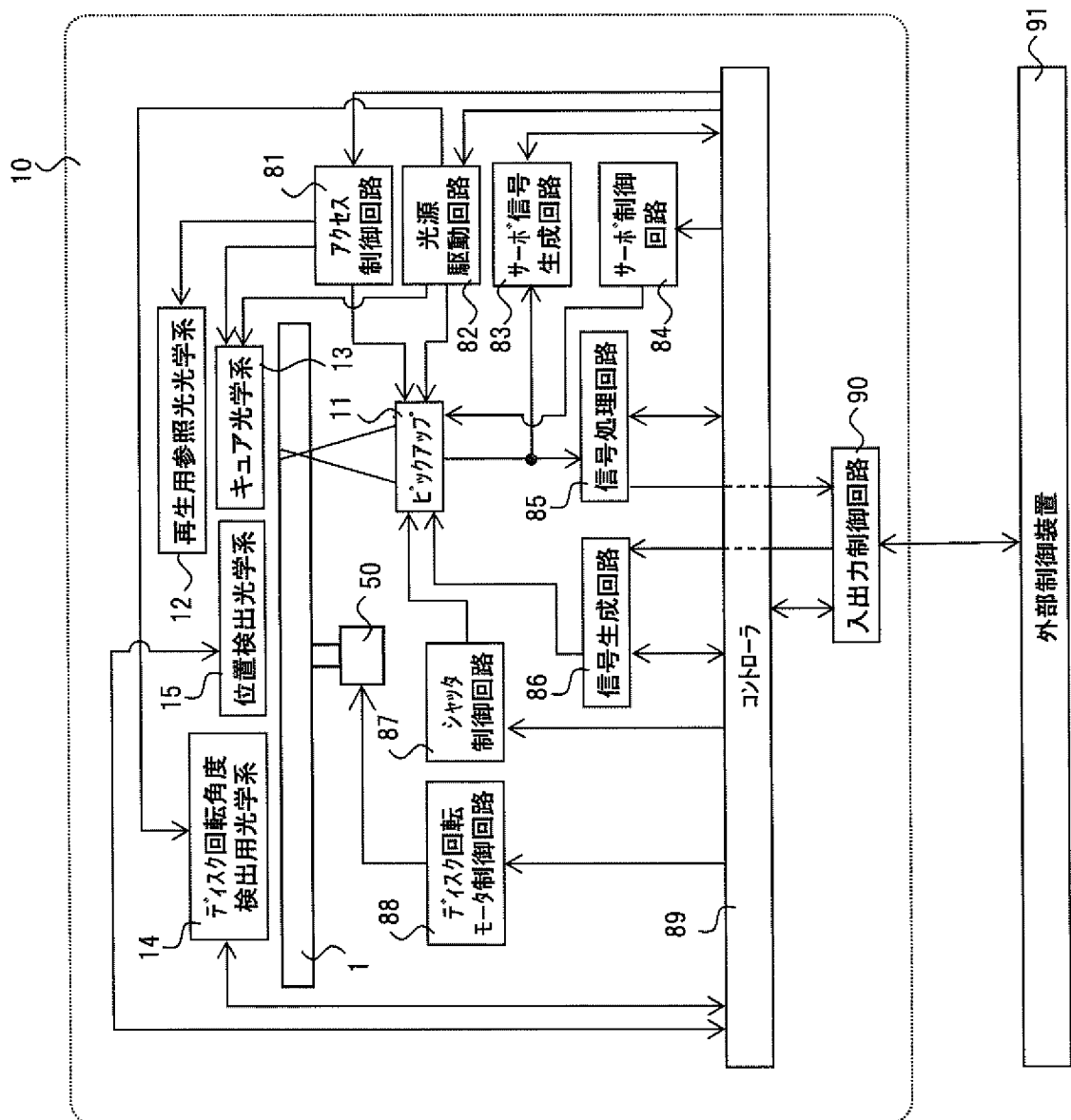
を具備することを特徴とする信号品質評価方法。

[請求項15]

請求項 1 ～ 7 に記載の信号品質評価装置、または、請求項 8 ～ 14 に記載の信号品質評価方法を用いて算出した信号品質評価値が記録されている、

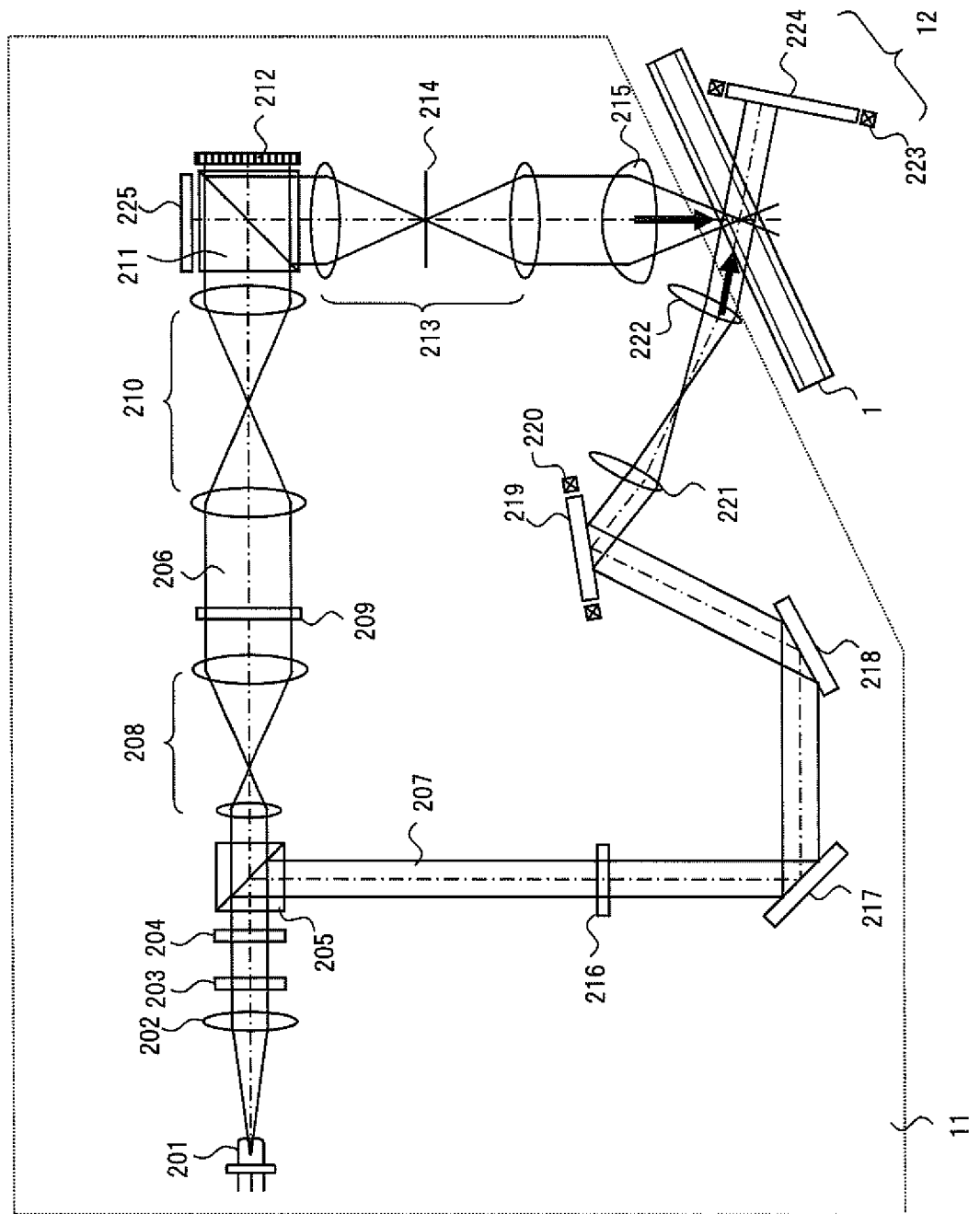
ことを特徴とする情報記録媒体。

【**※**】



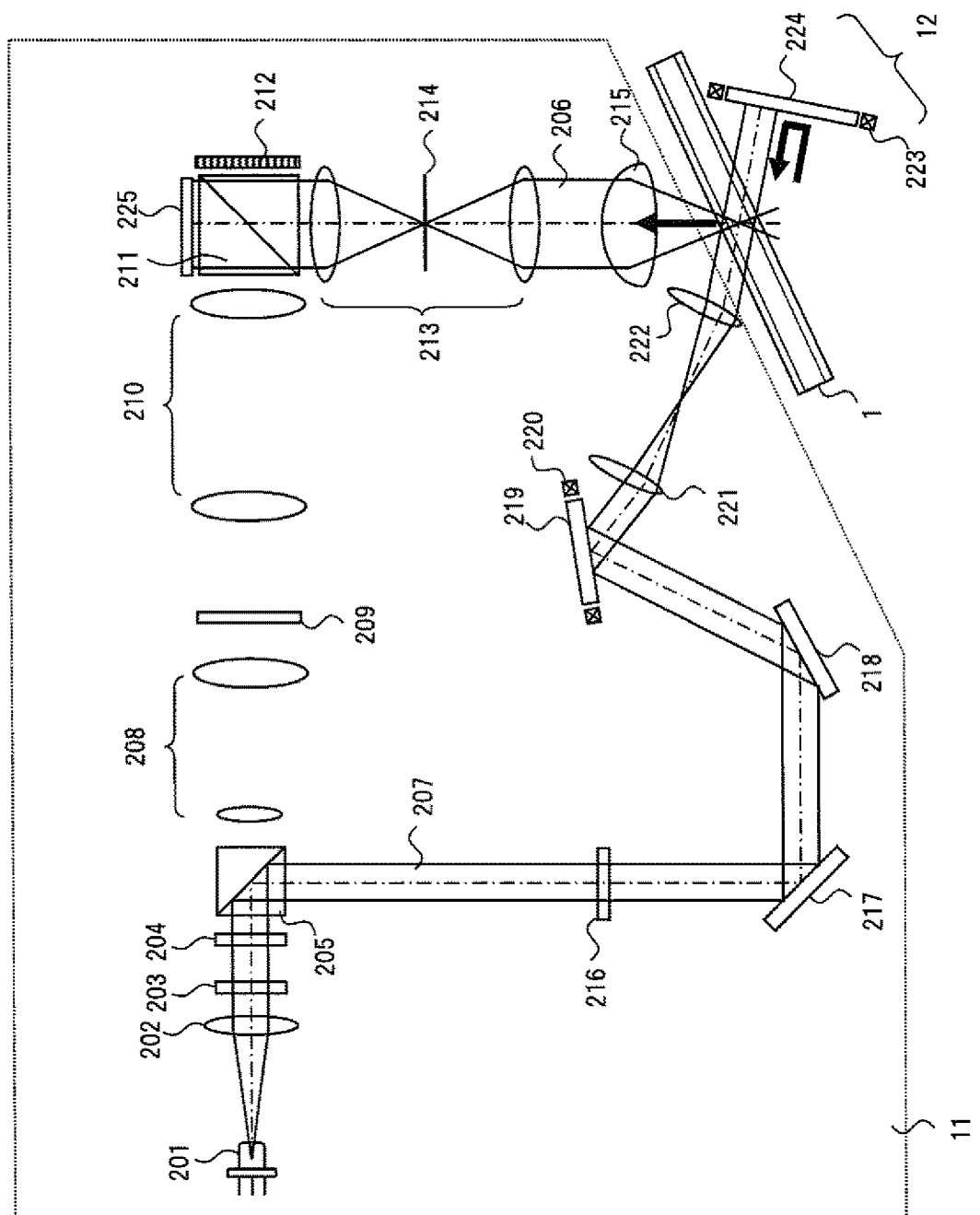
【図2】

【図2】



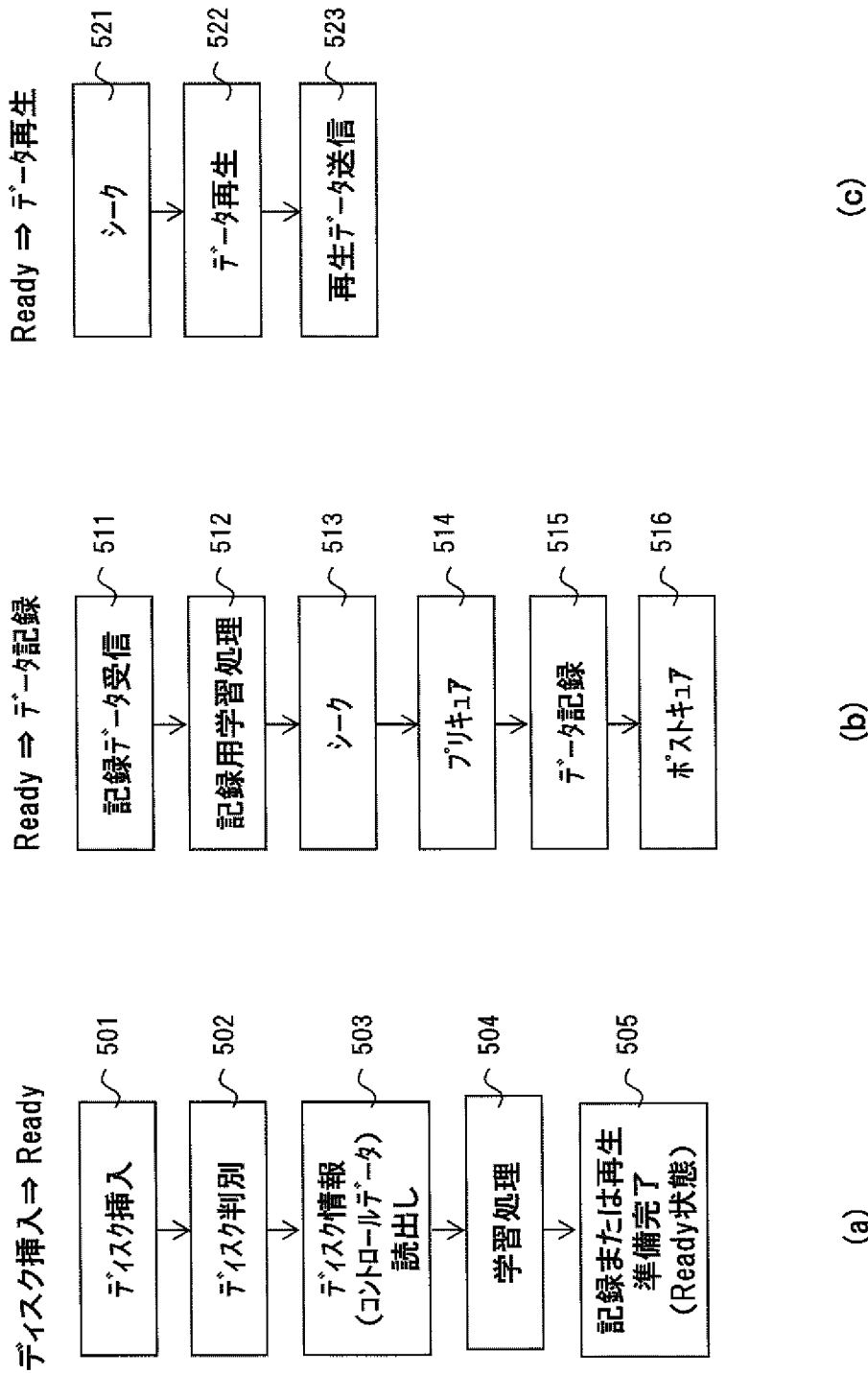
【図3】

【図3】



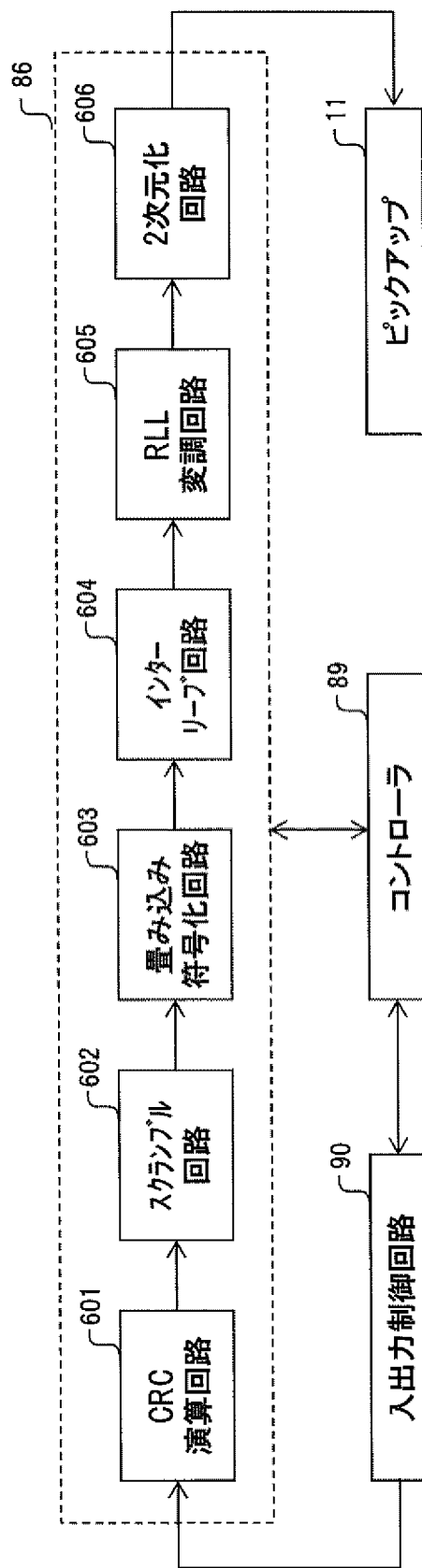
【図5】

【図5】



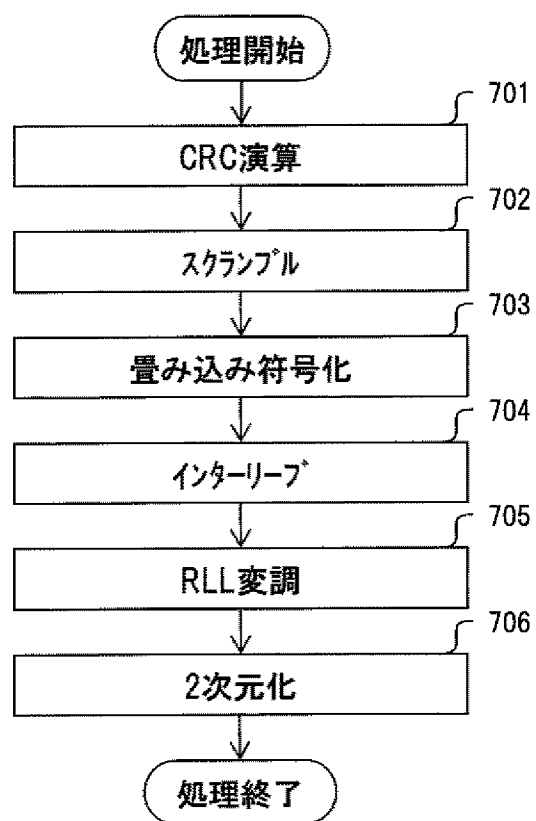
【図6】

【図6】



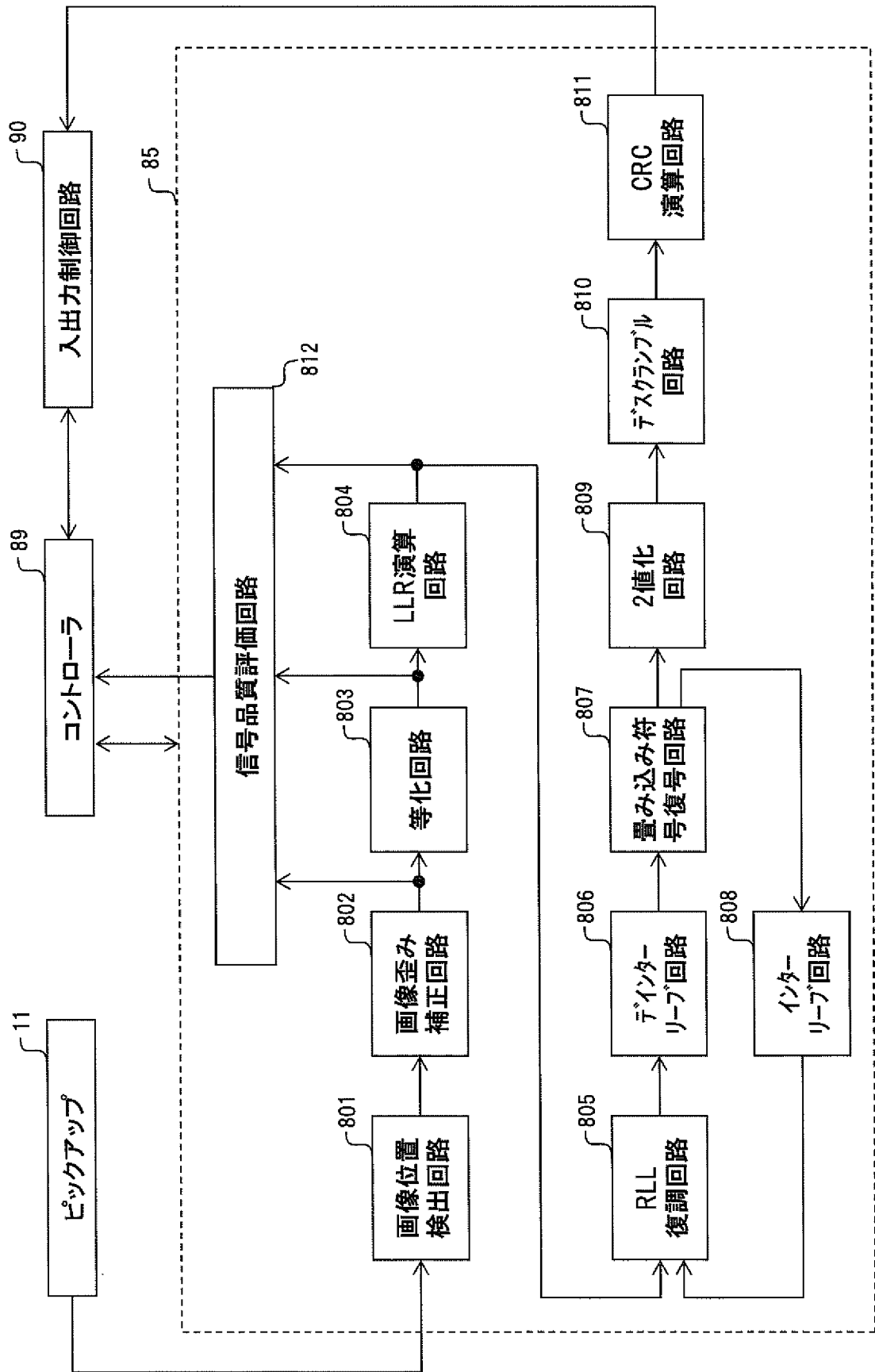
[図7]

【図7】



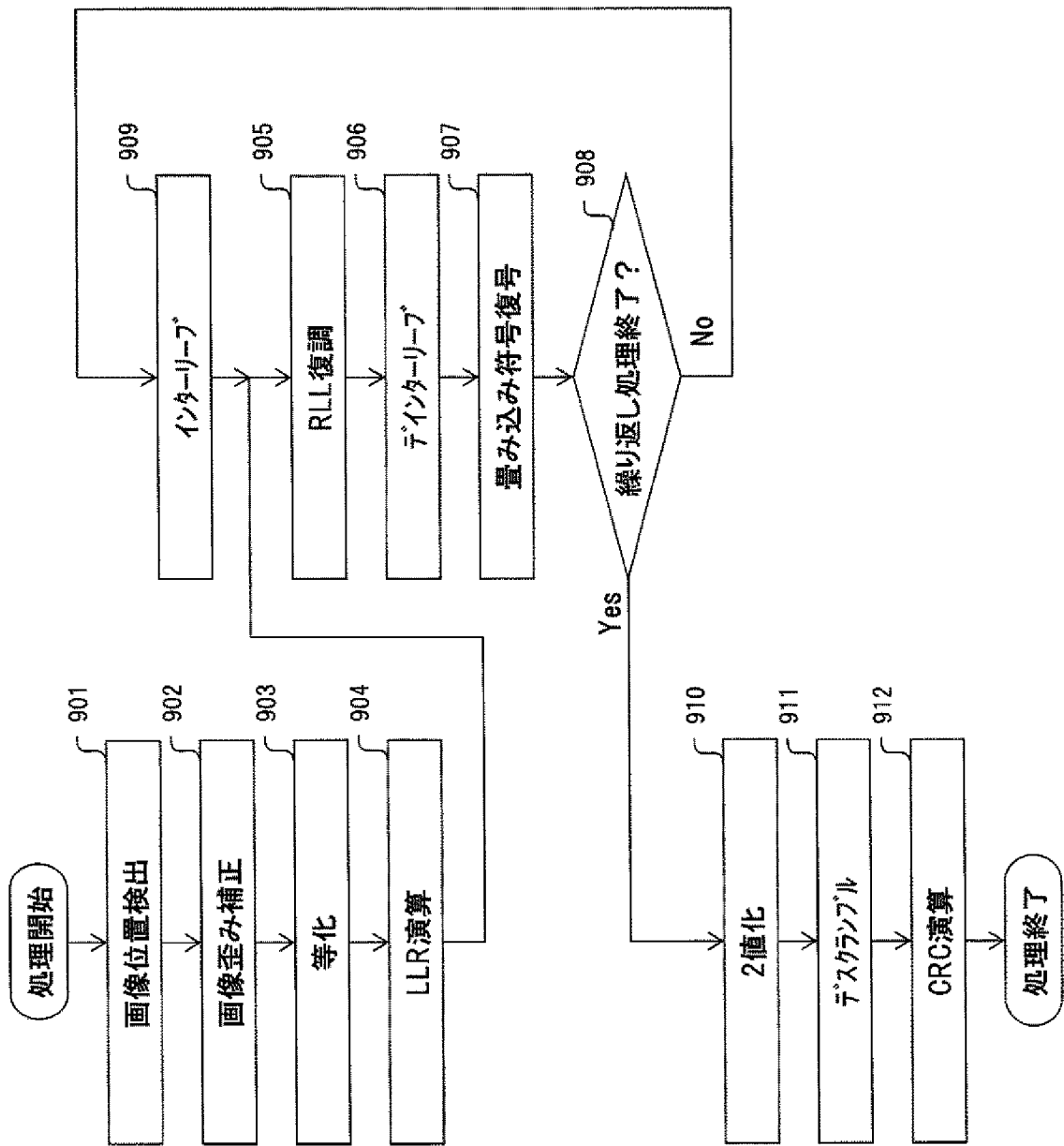
【図8】

【図8】



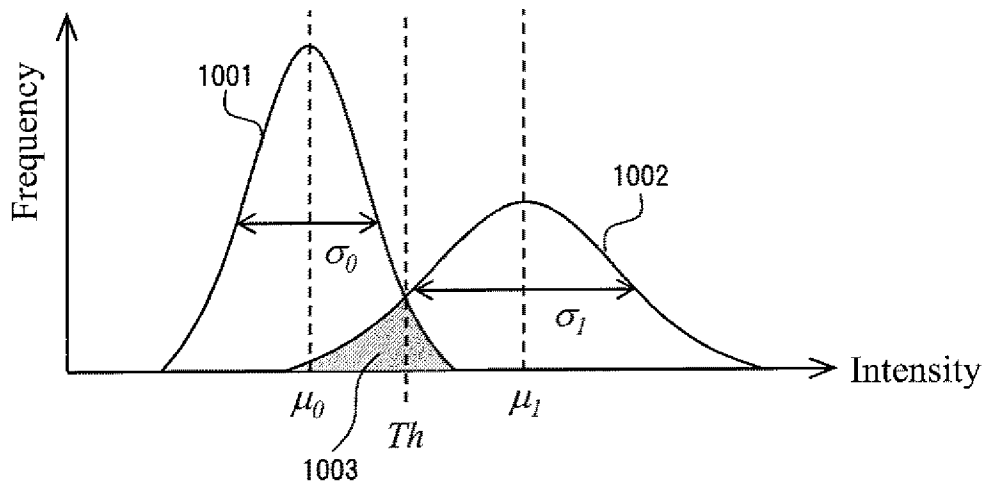
【図9】

【図9】



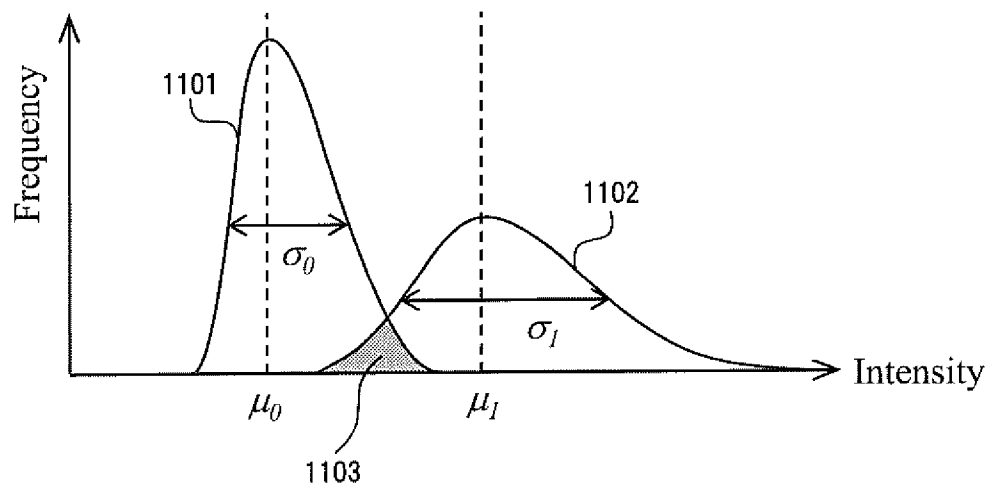
【図10】

【図10】



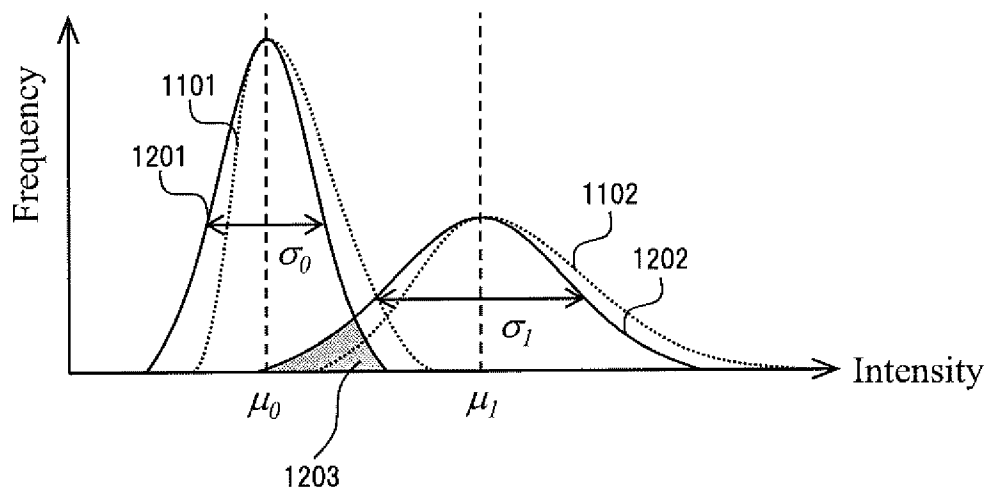
[図11]

【図11】



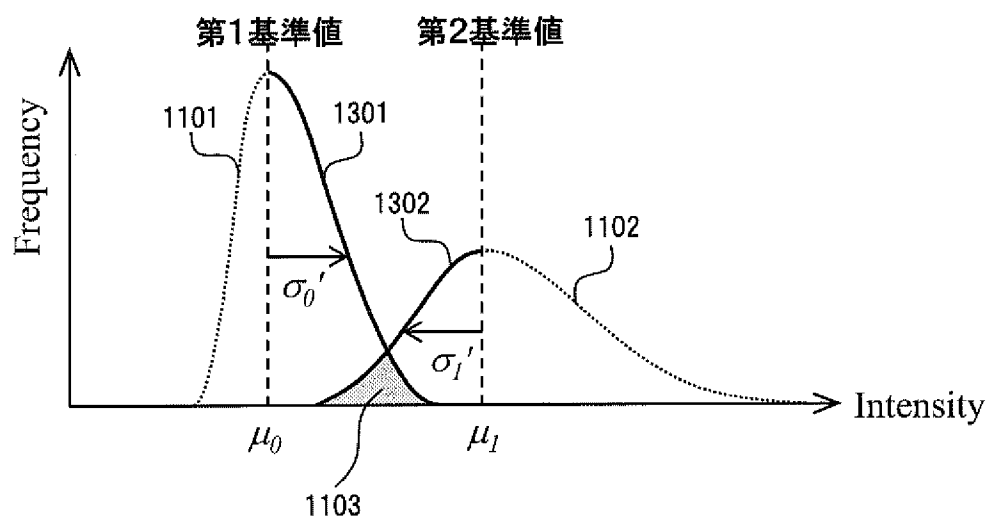
[図12]

【図12】



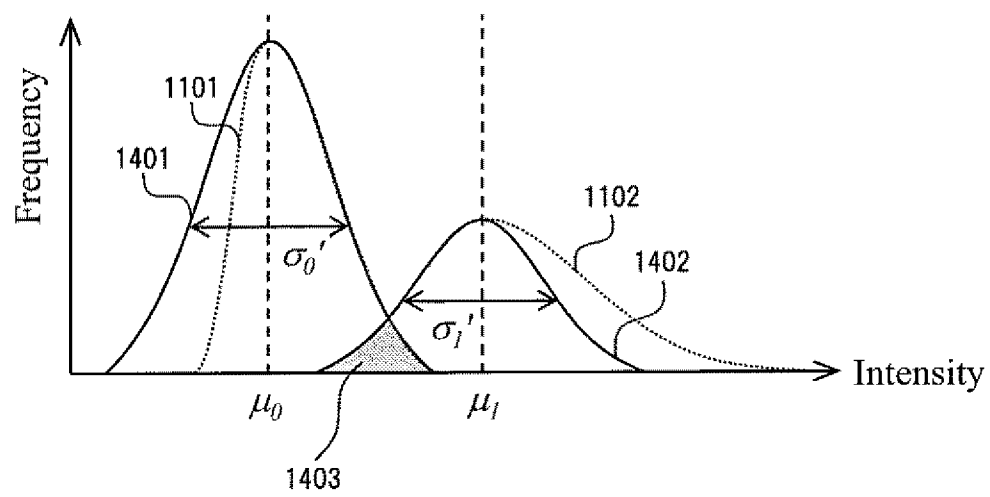
[図13]

【図13】



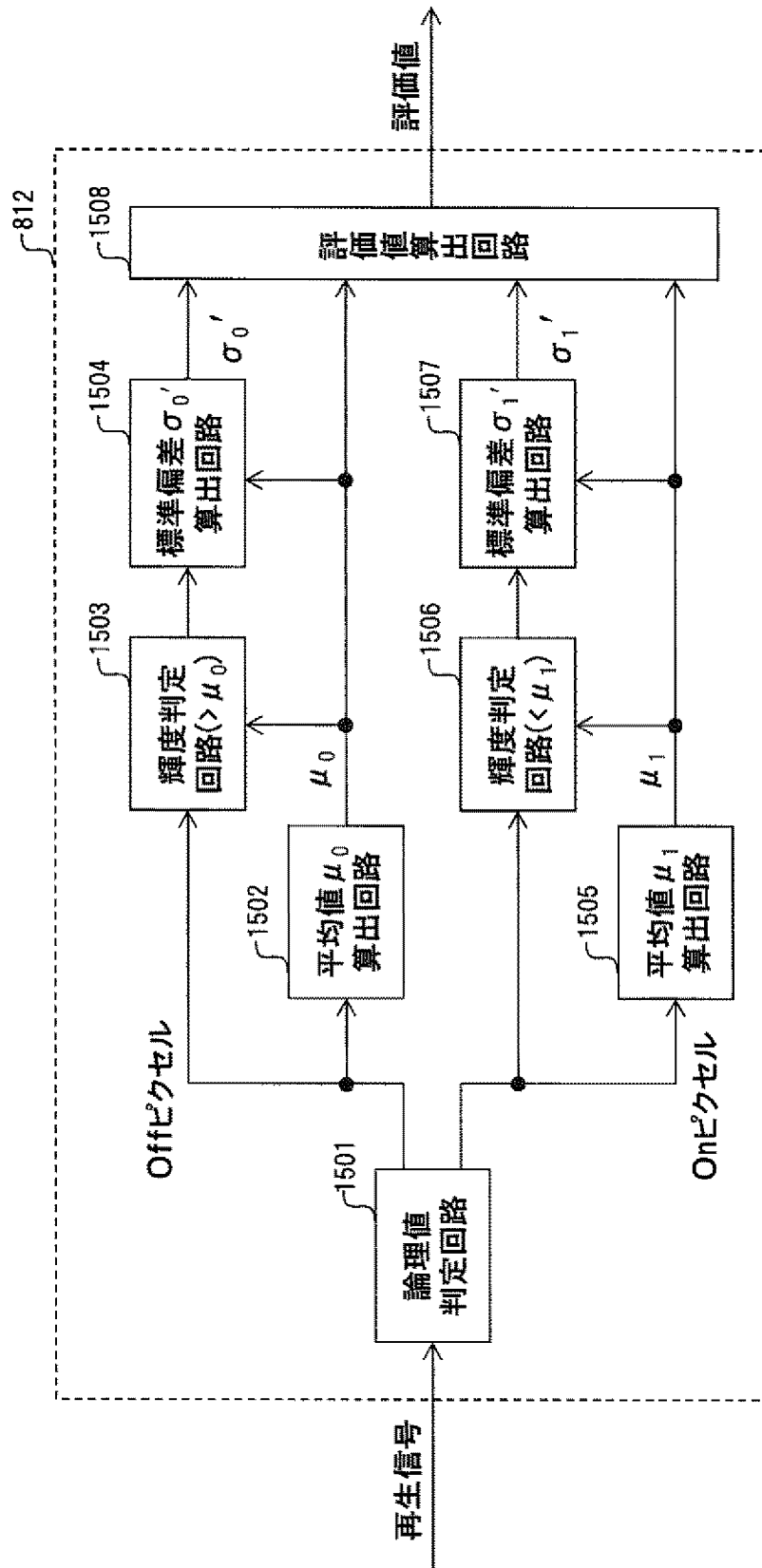
[図14]

【図14】



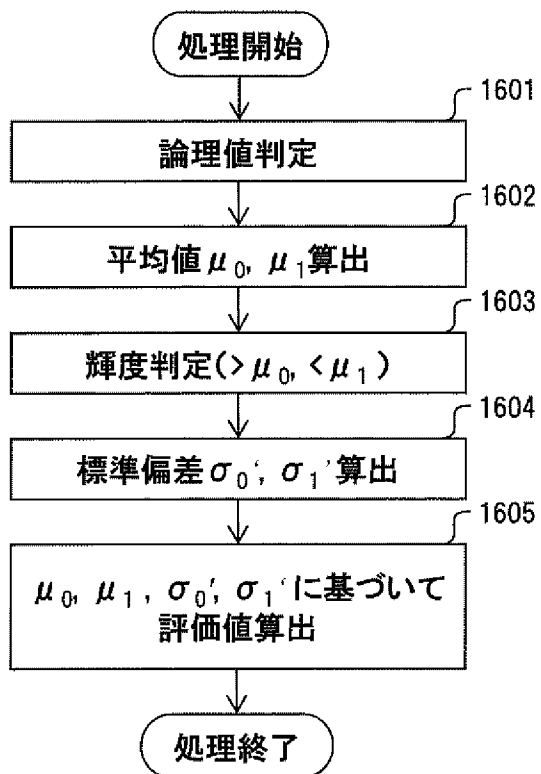
【図15】

【図15】



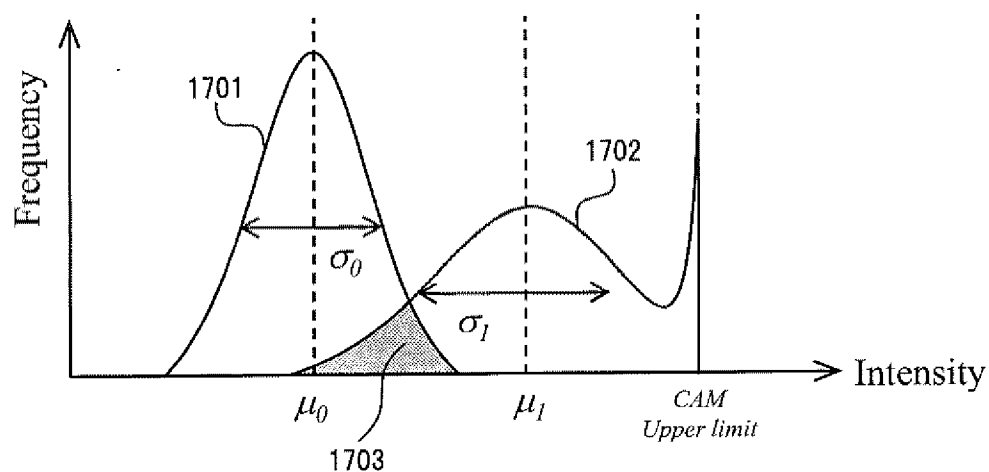
[図16]

【図16】



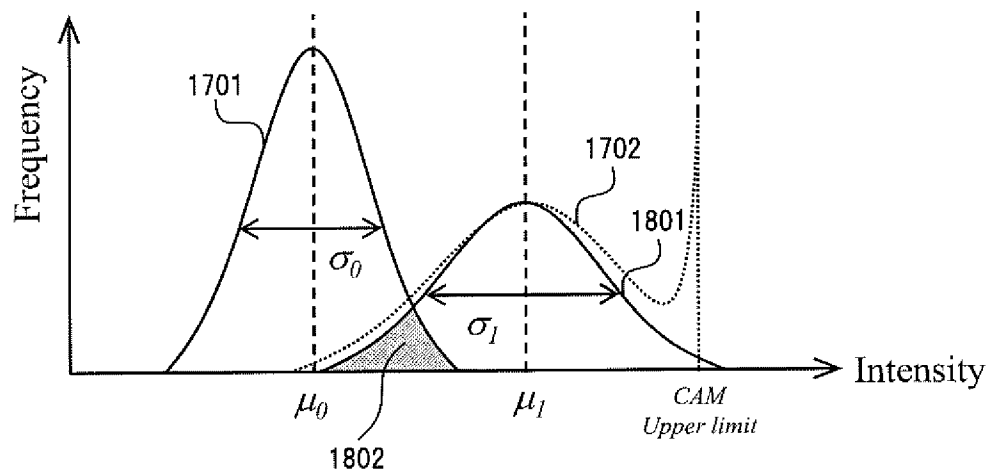
[図17]

【図17】



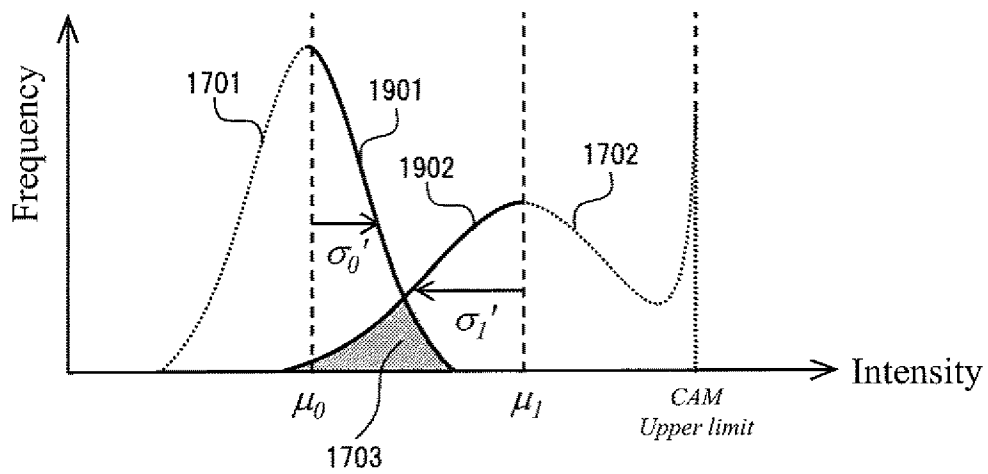
[図18]

【図18】



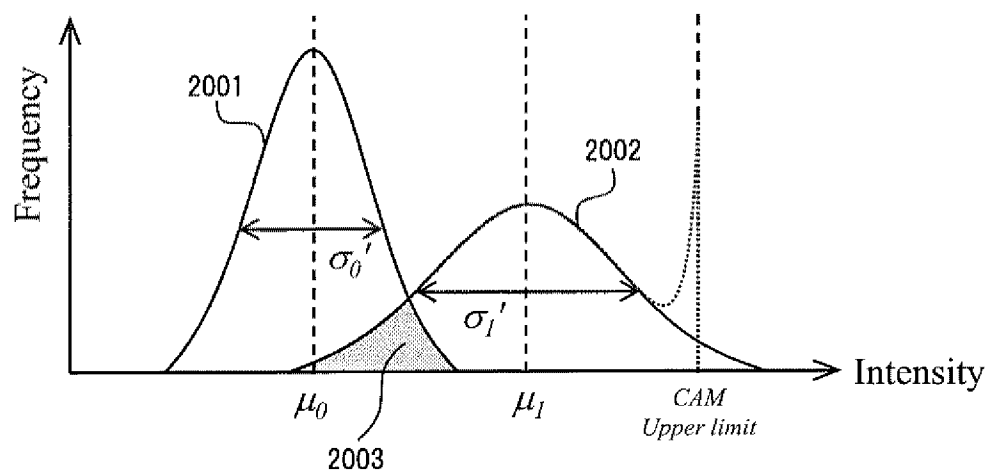
[図19]

【図19】



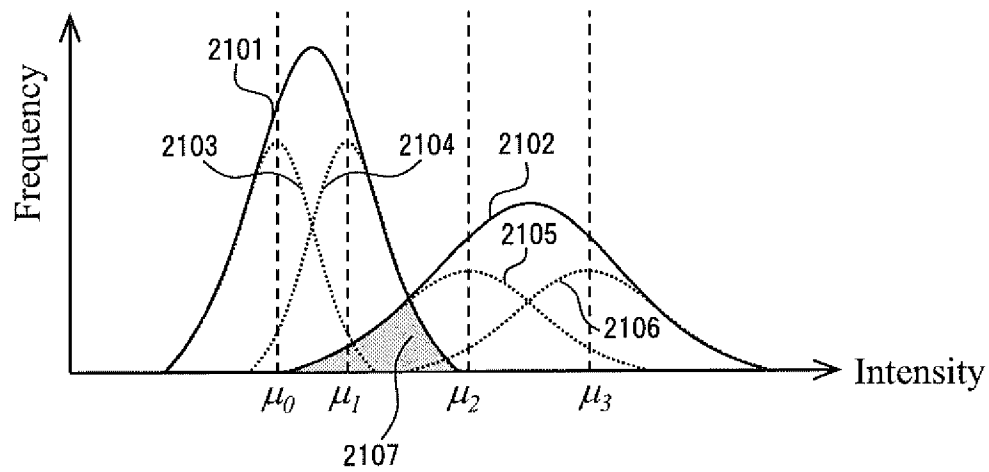
[図20]

【図20】



[図21]

【図21】



[図22]

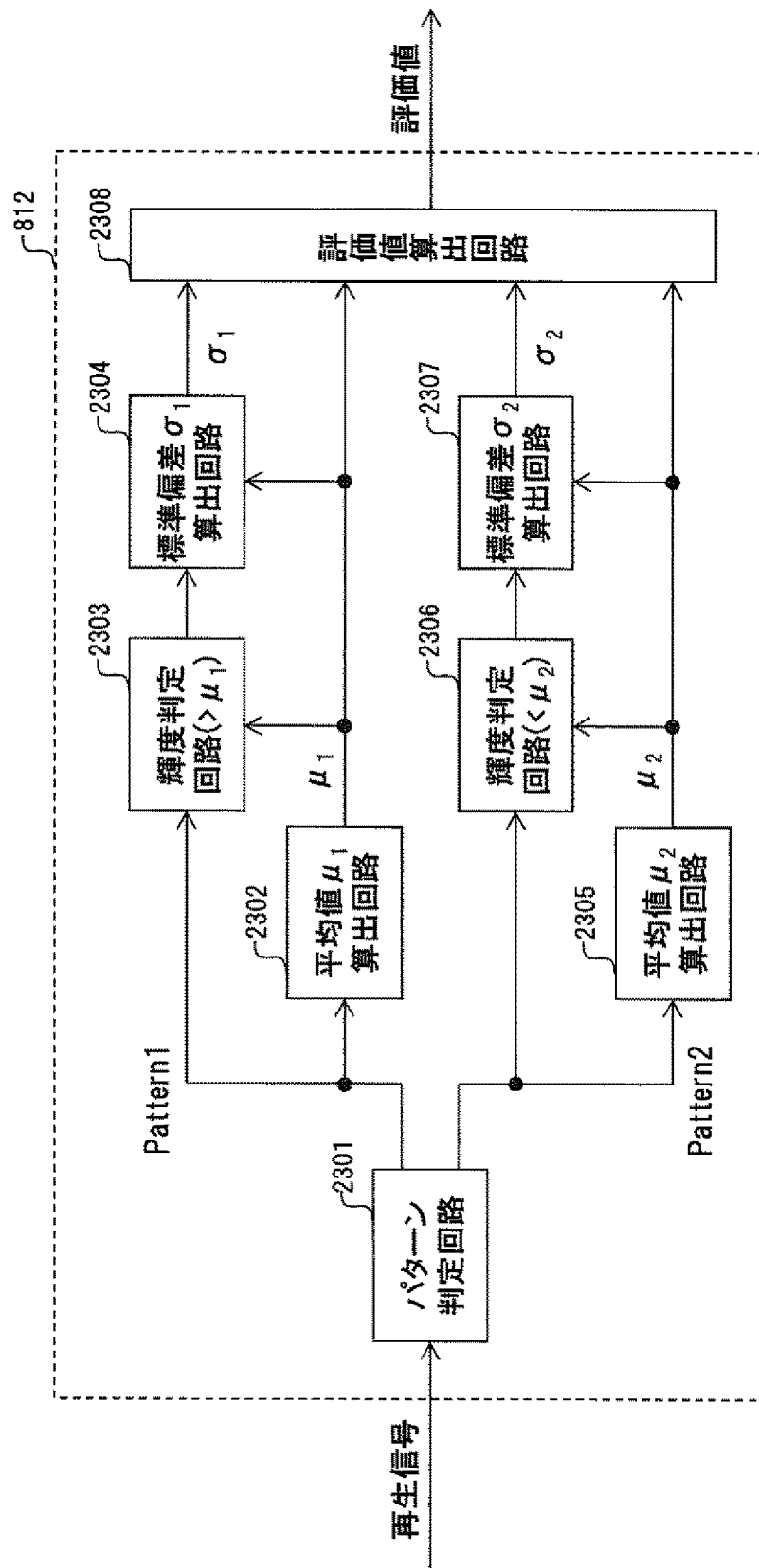
【図22】

Pixel pattern			Label	Intensity※
0	0	0	Pattern0	0
0	0	1	Pattern1	1
0	1	0	-	-
0	1	1	Pattern2	3
1	0	0	Pattern1	1
1	0	1	-	-
1	1	0	Pattern2	3
1	1	1	Pattern3	4

※PR121の場合

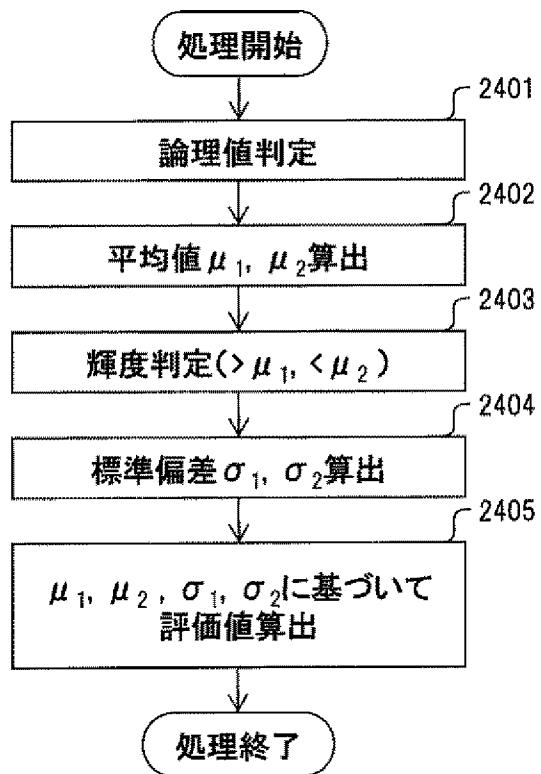
【図23】

【図23】

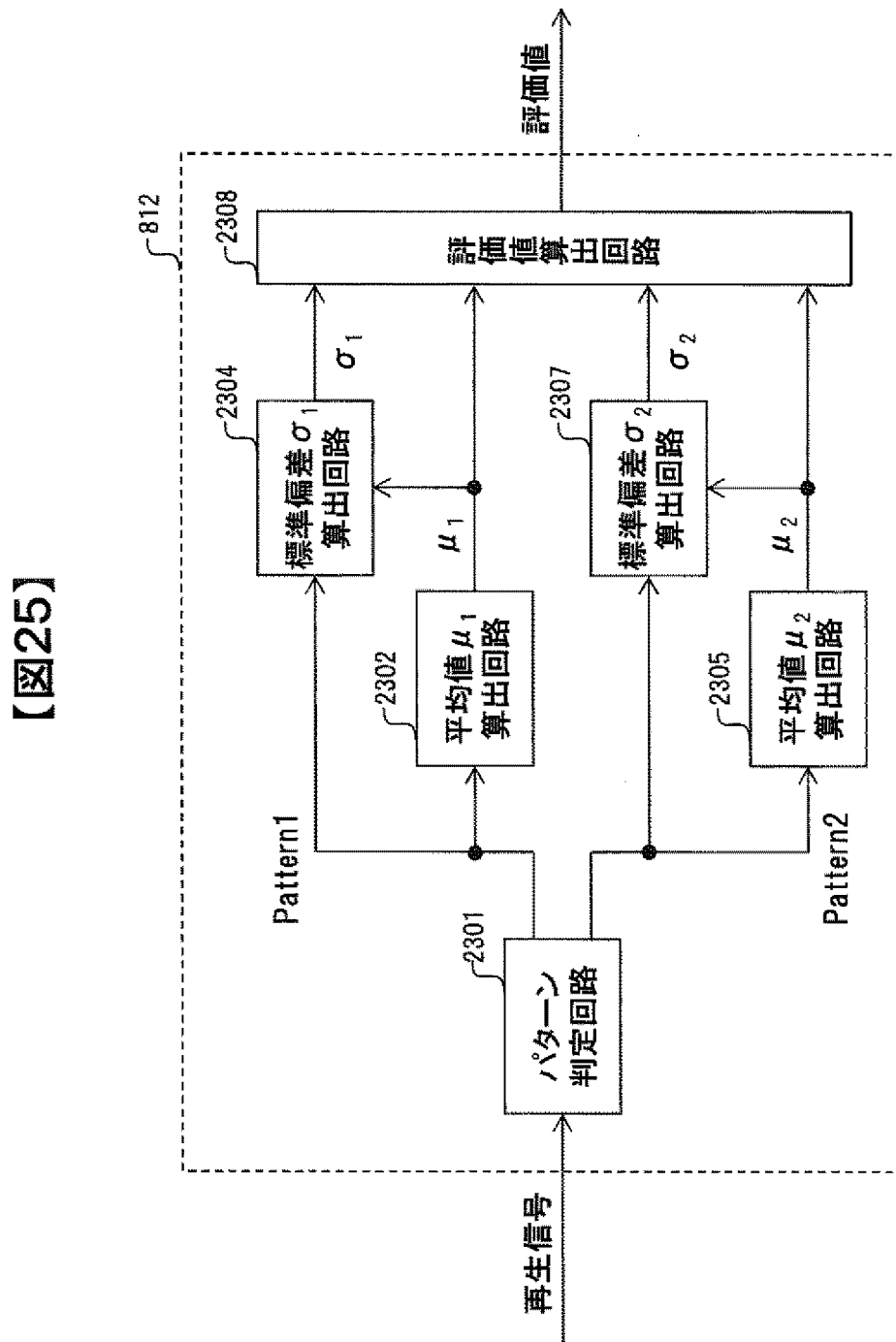


[図24]

【図24】

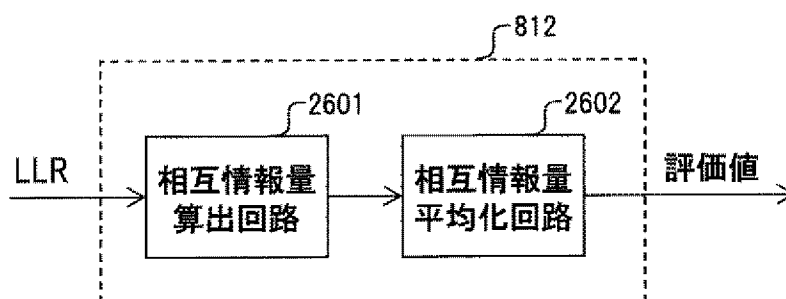


【図25】

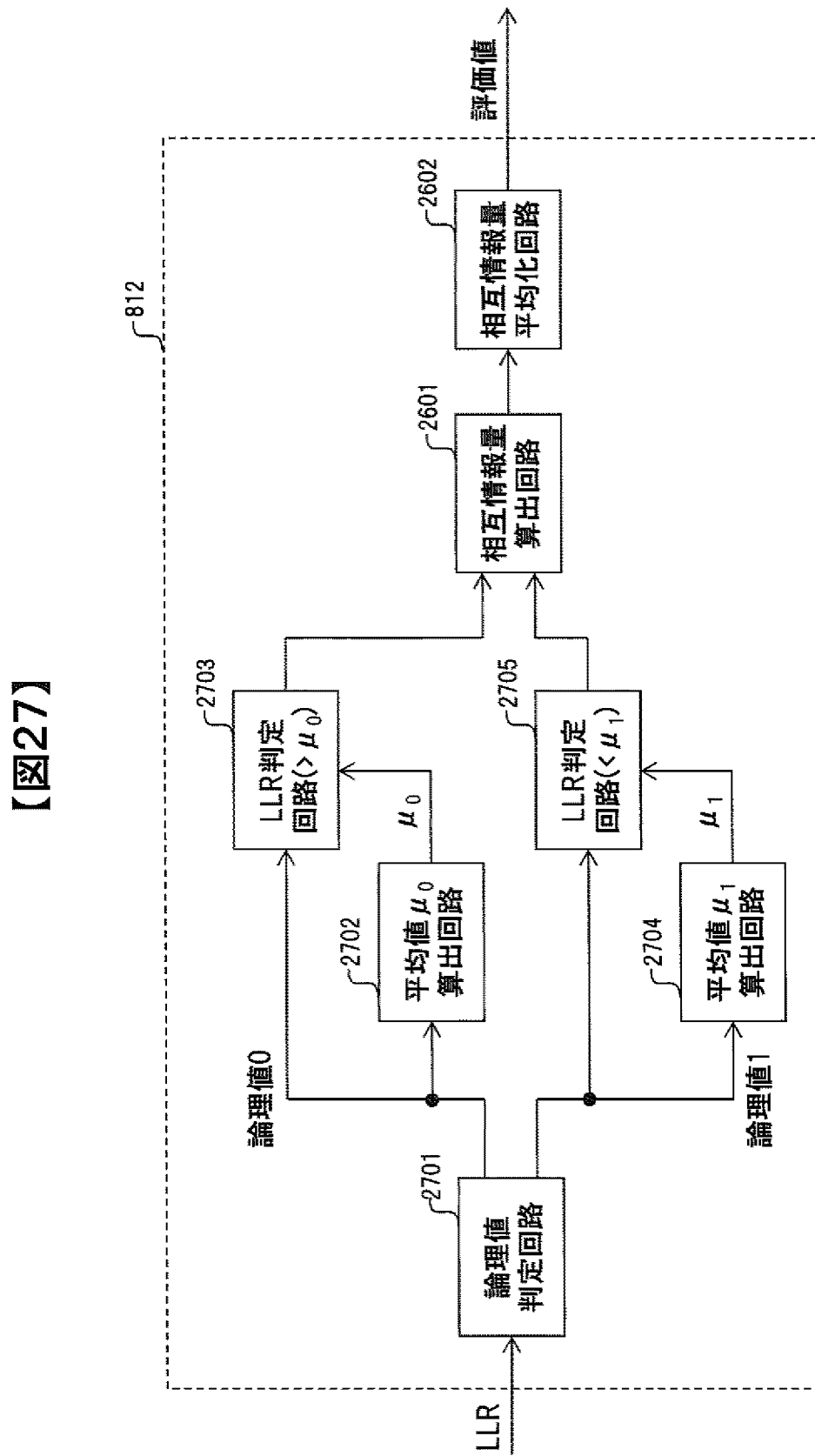


【図26】

【図26】

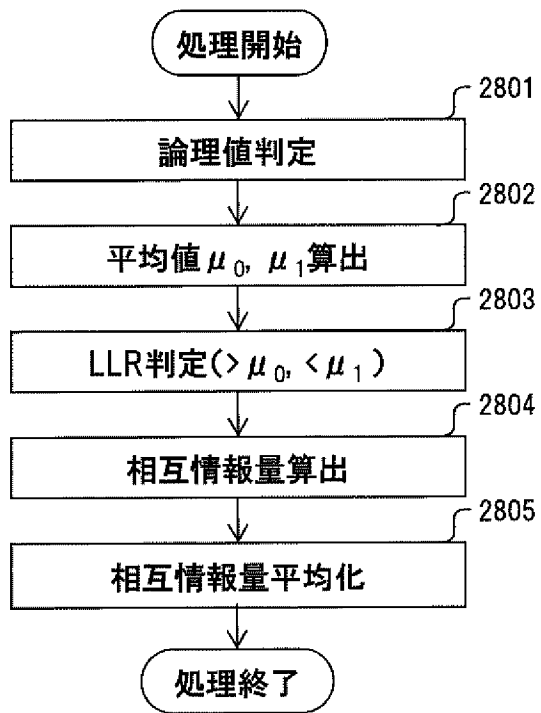


【図27】

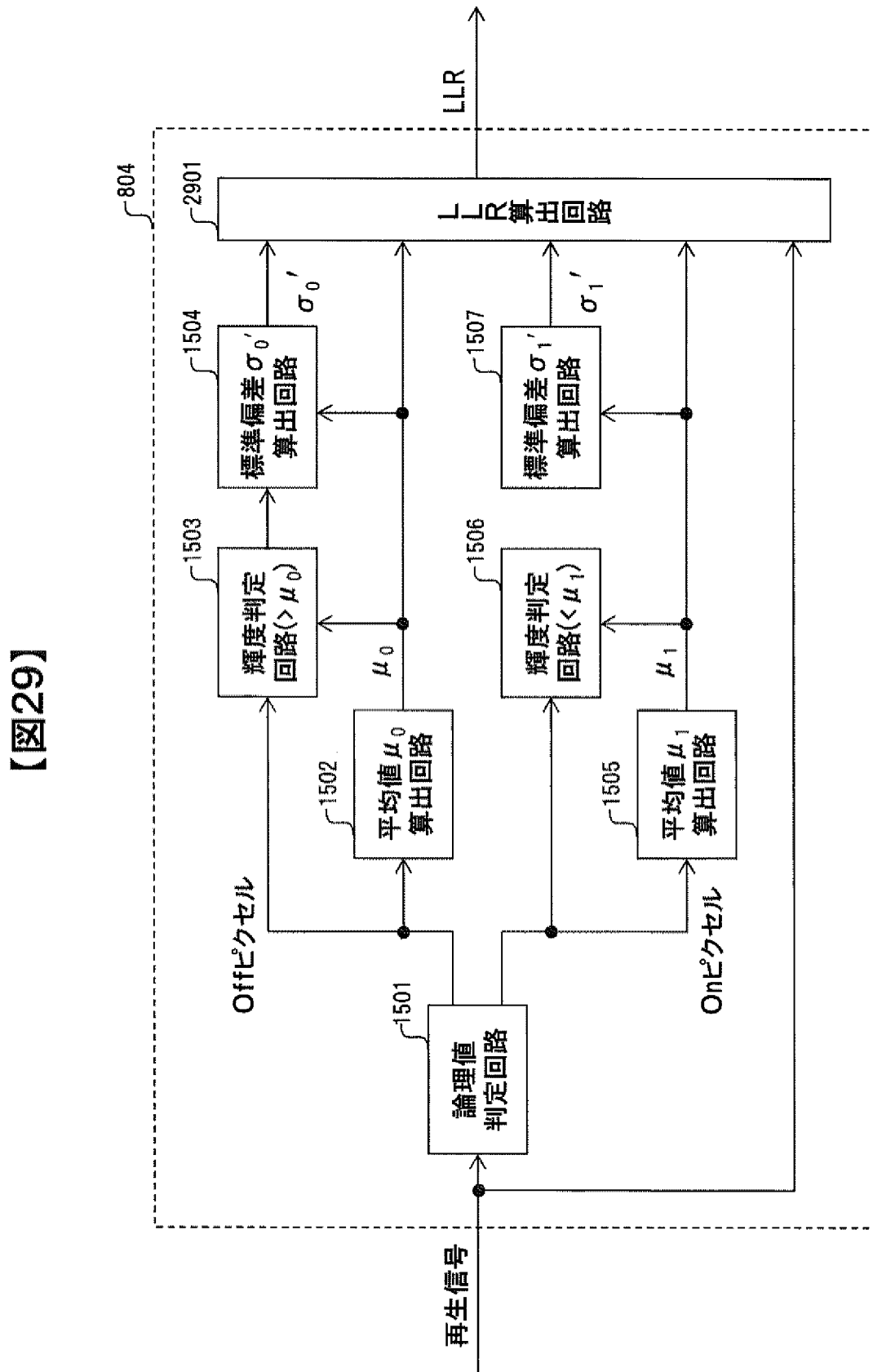


[図28]

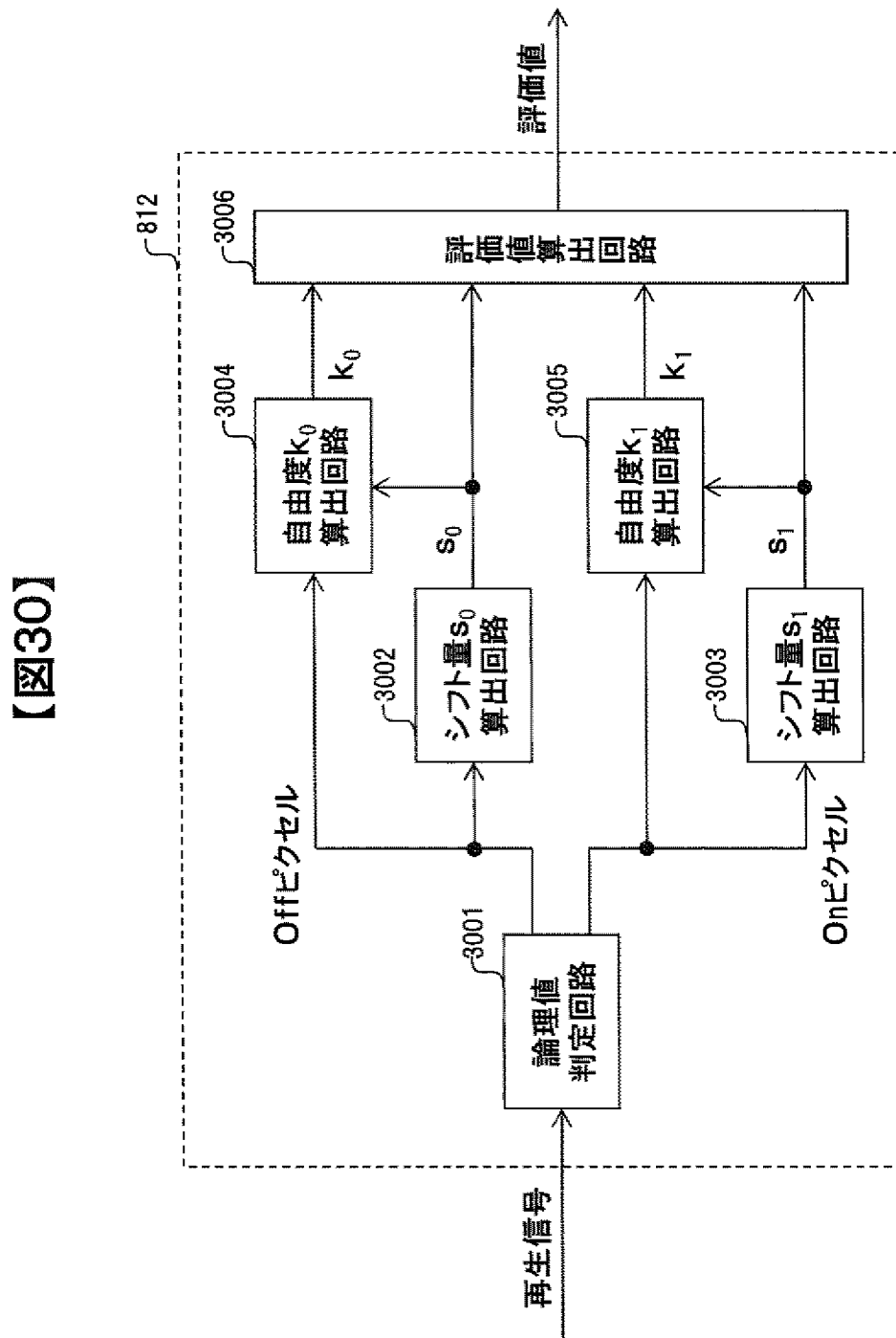
【図28】



【図29】



【図30】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B20/18(2006.01)i, G11B7/005(2006.01)i, G11B7/0065(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B20/18, G11B7/005, G11B7/0065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2008-097688 A (Sharp Corp.), 24 April 2008 (24.04.2008), paragraphs [0007], [0095] to [0132]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5, 8-12, 15 6, 7, 13, 14
A	JP 2008-204511 A (Nippon Hoso Kyokai), 04 September 2008 (04.09.2008), paragraphs [0041] to [0071]; fig. 3 to 5 (Family: none)	1-15
A	JP 2010-198707 A (Hitachi, Ltd.), 09 September 2010 (09.09.2010), paragraphs [0042] to [0050]; fig. 3, 4 & US 2010/0220570 A1 & EP 2224434 A1 & CN 101819804 A	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 October, 2014 (06.10.14)

Date of mailing of the international search report
14 October, 2014 (14.10.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069131

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/001588 A1 (Panasonic Corp., Sony Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0013], [0089], [0157] to [0174]; fig. 13, 14 & JP 5391081 B & US 2010/0002556 A1 & US 2012/0201112 A1 & EP 2309510 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B20/18(2006.01)i, G11B7/005(2006.01)i, G11B7/0065(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B20/18, G11B7/005, G11B7/0065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-097688 A（シャープ株式会社）2008.04.24, 段落【0007】、【0095】－【0132】、図1－図3	1-5, 8-12, 15
A	（ファミリーなし）	6, 7, 13, 14
A	JP 2008-204511 A（日本放送協会）2008.09.04, 段落【0041】－【0071】、図3－図5（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2010-198707 A（株式会社日立製作所）2010.09.09, 段落【0042】－【0050】、図3、図4 & US 2010/0220570 A1 & EP 2224434 A1 & CN 101819804 A	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 4 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

堀 洋介

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

5 D

3 9 9 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2010/001588 A1 (パナソニック株式会社, ソニー株式会社) 2010.01.07, 段落【0013】, 【0089】, 【0157】－【0174】, 図13, 図14 & JP 5391081 B & US 2010/0002556 A1 & US 2012/0201112 A1 & EP 2309510 A1	1-15