

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2007年1月25日 (25.01.2007)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2007/010905 A1

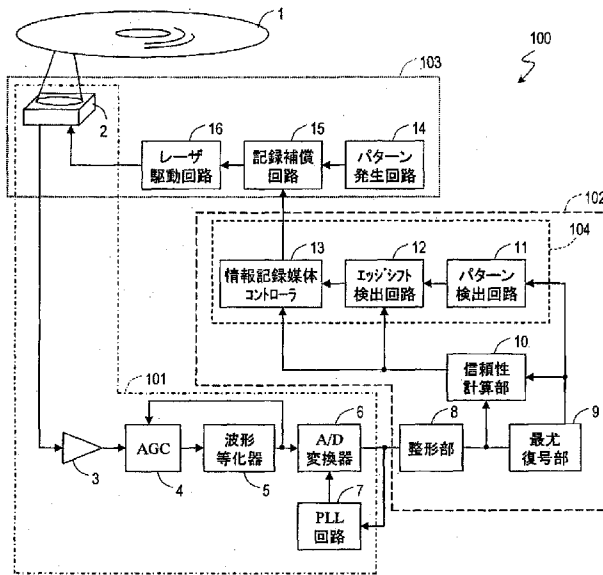
- (51) 国際特許分類:  
G11B 20/18 (2006.01) G11B 7/125 (2006.01)  
G11B 7/0045 (2006.01) G11B 20/10 (2006.01)  
G11B 7/007 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314188
- (22) 国際出願日: 2006年7月18日 (18.07.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2005-207769 2005年7月15日 (15.07.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 東海林 衛 (SHOJI,

- Mamoru). 日野 泰守 (HINO, Yasumori). 宮下 晴旬 (MIYASHITA, Harumitsu). 小林 勲 (KOBAYASHI, Isao).
- (74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA, Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大阪証券取引所ビル10階 奥田国際特許事務所 Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

[ 続葉有 ]

(54) Title: RECORDING/REPRODUCING DEVICE, RECORDING CONDITION ADJUSTING DEVICE AND RECORDING/REPRODUCING METHOD

(54) 発明の名称: 記録再生装置、記録条件調整装置および記録再生方法



- 16... LASER DRIVING CIRCUIT
- 15... RECORDING COMPENSATION CIRCUIT
- 14... PATTERN GENERATING CIRCUIT
- 13... INFORMATION RECORDING MEDIUM CONTROLLER
- 12... EDGE SHIFT DETECTING CIRCUIT
- 11... PATTERN DETECTING CIRCUIT
- 10... RELIABILITY COMPUTING SECTION
- 5... WAVEFORM EQUALIZER
- 6... A/D CONVERTER
- 7... PLL CIRCUIT
- 8... SHAPING SECTION
- 9... MAXIMUM-LIKELIHOOD DECODING

(57) Abstract: An operation of a reliability value of |Pa-Pbl-Pstd of maximum-likelihood decoding results of a portion, which is equivalent to a start/end edge of a recording mark edge and has a high error generating probability in the maximum-likelihood decoding method, is performed for each combination of a prescribed mark length and a length of a space just before the mark, and for each combination of the mark length and a space just after the mark. Based on the operation results, a recording parameter is optimized, and recording is performed by having the optimized recording parameter reflected.

(57) 要約: 記録マークのエッジの始末端部分に相当し、尚且つ最尤復号法においてエラーの発生確率が高い部分の、最尤復号結果の信頼性値 |Pa-Pb|-Pstd の演算を、所定のマーク長と直前のスペース長の組み合わせごとに行い、その演算結果から記録パラメータを最適化し、最適化した記録パラメータを反映した記録を行う。

WO 2007/010905 A1



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 記録再生装置、記録条件調整装置および記録再生方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、最尤復号法を用いた記録再生装置、記録条件調整装置および記録再生方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 可搬記録媒体に原デジタル情報を記録し、再生する記録再生装置では、同一形状の記録パルスを用いても、装置や記録媒体の個体差によって、媒体上に形成されるマークの形状がばらつき、再生される信号品質は大きくことなる場合がある。このようなばらつきによる信頼性の低下を防ぐために、記録媒体の装着時などに校正動作を行っている。校正とはユーザデータの信頼性を確保するために、再生系の特性の設定、記録パルスの形状などの最適化を行う制御である。

[0003] 一般的な情報再生装置においては、再生信号に含まれるクロック情報を抽出し、抽出されたクロック情報をもとに原デジタル情報を弁別するPLL回路をもちいている。

[0004] 図33に従来の光ディスクドライブを示す。光ディスク17からの反射光は光学ヘッド18により再生信号に変換される。再生信号は波形等化器19により波形整形される。波形整形された再生信号はコンパレータ20で2値化される。通常、コンパレータ20のしきい値は、2値化信号出力の積分結果が0となるようにフィードバック制御されている。位相比較器21は2値化信号出力と再生クロックとの位相誤差を求める。位相誤差をLPF22により平均処理し、処理結果がVCO23の制御電圧となる。位相比較器21から出力される位相誤差が常に0になるように、位相比較器21はフィードバック制御される。熱記録される記録媒体においては、媒体上の熱干渉と前後の記録パターンとにもとづいて媒体上に形成されるマークの形状が異なってくる。したがって個々のパターンの記録に最適な記録パラメータ設定をしなければならない。

[0005] 記録パラメータを評価する指標が上記のような誤差検出出力である。誤差検出出力が最小となるように、記録パラメータの設定を行う。具体的には、初期設定された記録パラメータを用いてパターン発生回路26から出力された記録パターンに基づいて、

記録補償回路27は所定の波形のパルスを生成し、レーザ駆動回路28は光ディスクに情報を記録する。所定のパターンが記録されたトラックから情報を再生しているとき、誤差検出回路24は、コンパレータ20の出力とVCO23の出力との位相誤差の絶対値を積分することで、検出信号を得る。この検出信号は、再生クロックと2値化パルスエッジとの間のジッタと、相関をもつ。記録パラメータを変化させて、記録と再生とを繰り返す。検出値が最小となるときの記録パラメータを最適とする。

[0006] 誤差検出回路24の具体的な動作の様子を図34に示す。例えば6T、4T、6T、8Tの繰り返しパターンを有する記録パルスを用いた場合の、4Tマークと6Tスペースとの組み合わせパターンに対応するマーク終端エッジの最適化を図る場合をあげる。6Tスペースと8Tマークとの組み合わせパターンに対応するマーク始端エッジ、および8Tマークと6Tスペースとの組み合わせパターンに対応する終端エッジは最適な記録パラメータで記録されているものとする。

[0007] 記録補償回路27は、図34(a)に示すような周期のNRZI信号が与えられると、図34(b)のようなレーザ駆動波形パルスを生成する。T<sub>sfp</sub>はマーク始端位置を設定するパラメータで、T<sub>elp</sub>はマーク終端位置を設定するパラメータである。レーザ駆動回路28は、図34(b)のようなパターンに従って発光パワーを変調する。レーザ発光により図34(c)のようにトラック上に物理的にアモルファス領域が形成される。T<sub>elp</sub>を、T<sub>elp1</sub>、T<sub>elp2</sub>、T<sub>elp3</sub>と変化させた場合、形成されるマークの形状は図34(c)のように変化する。このような記録状態のトラックからの情報再生を考える。

[0008] 4Tマーク終端の記録パラメータを最適値のT<sub>elp2</sub>としたとき、図34(d)に実線で示す再生信号が得られる。コンパレータ出力の積分値が0となるようしきい値が定められる。コンパレータ出力と再生クロックとの位相差を検出し、位相誤差の積分値が0となるように再生クロック(図34(e))が生成される。

[0009] 次に、4Tマーク終端の記録パラメータを最適値より小さくし、T<sub>elp1</sub>とした場合を考える。このとき図34(f)に実線で示す再生信号が得られる。4Tマーク終端エッジが時間軸方向に変化するため、コンパレータのしきい値T<sub>v</sub>は、図34(d)と比べて、図34(f)の一点鎖線のように大きくなる。コンパレータ出力が変化したため、位相誤差の積分値が0となるよう、図34(e)と比べて再生クロックの位相が進み、図34(g)のような

再生クロックが生成される。

- [0010] 逆に、4Tマーク終端の記録パラメータを最適値より大きくし、Telp3とした場合を考える。このとき図34(h)に実線で示す再生信号が得られる。4Tマーク終端エッジが時間軸方向に変化するため、コンパレータのしきい値 $T_v$ は、図34(d)とくらべて図34(h)の一点鎖線ように小さくなる。コンパレータ出力が変化したため、位相誤差の積分値が0となるよう、図34(e)と比べて再生クロックは位相が遅れ、図34(i)のような再生クロックが生成される。
- [0011] マーク終端エッジ(再生信号の立ち上がり)と再生クロックとの時間差(いわゆるデータクロック間ジッタ)を測定すると、図34の(j)～(l)のような分布が得られる。ただし4Tマーク終端および8Tマーク終端エッジは、おなじ分散値の正規分布となるようなばらつきを持つことを仮定している。
- [0012] 図34(d)、図34(e)のような再生信号と再生クロックの場合、立ち上がりエッジ(マーク終端エッジ)でのコンパレータ出力と再生クロックとの時間差の分布を求めると、図34(k)のようになる。4Tマーク終端と8Tマーク終端の分布のそれぞれの平均値が0となる。
- [0013] しかし4Tマーク終端のパラメータがTelp1(最適値Telp2より小さい値)のときは、図34(j)のように4Tマーク終端エッジの分布の平均値と8Tマーク終端エッジの分布との平均値は0とはならず、0から同じ距離離れた分布となる。したがって立ち上がりエッジのトータルの分散は図34(k)の場合に比べて大きくなる。同様に4Tマーク終端のパラメータがTelp3(最適値Telp2より大きい値)のときは、図34(l)のように4Tマーク終端エッジの分布の平均値と8Tマーク終端エッジの分布との平均値は0とはならず、0から同じ距離離れた分布となる。図34(l)と図34(j)とは4Tマーク終端と8Tマーク終端の分布が入れ替わっていることになる。この場合も、立ち上がりエッジのトータルの分散は図34(k)の場合に比べて大きくなる。
- [0014] 位相誤差の絶対値を累積した結果を誤差検出出力とする場合、記録パラメータTelpの変化に従って、図34(m)のように誤差検出値が変化する。したがって記録パラメータを変化させ、誤差検出回路24の出力が最小となるパラメータを最適値とする。
- [0015] 上記の例では4Tマーク終端のパラメータTelpを最適化する際の手順について説

明したが、その他のパラメータについてもそれぞれに対応した特定パターンを用いてテスト記録を行い、誤差検出出力にもとづいて最適パラメータをもとめる。

- [0016] 以上の手順に従ってすべての記録パラメータをもとめる際の動作をフローチャートで示すと、図35のようになる。テスト記録を行う媒体の領域にアクセスし(S161)、マーク始端あるいはマーク終端の記録パラメータを所定領域(例えばセクタ)ごとに変化させながら、テスト記録を行う(S163)。テスト記録領域から情報の再生を行い、パラメータを変化させた領域ごとに誤差検出出力を得る(S164)。誤差検出出力が最小となるパラメータを求める(S165)。次のパラメータを求めるために以上の動作をすべてのパラメータが求まるまで繰り返す(S162)(特許文献1、特許文献2参照)。

特許文献1:特開2000-200418号公報

特許文献2:特開2001-109597号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0017] ところが、上記のように記録パラメータをジッタが最小となるように設定する方法では、最尤復号法を採用したシステムにおいて、エラーの発生する確率が最小とはならない場合があった。最尤復号法は典型的には、再生信号波形から信号パターンを予め推定しておいて、再生信号波形と推定信号波形とを比較しながら、再生信号を最も確からしい信号パターンを有する信号に復号する方法である。最尤復号法では、再生信号波形と推定信号波形の差異が小さいほど、エラーの発生する確率も小さくなる。

- [0018] 本発明は、最尤復号を行うときのエラーの発生する確率が最小となるように、情報の記録時に記録パラメータを最適化する記録条件調整装置、記録再生装置および記録制御方法を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0019] 本発明の記録条件調整装置は、情報記録媒体から再生された第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成する整形部と、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成する最尤復号部と、前記最尤復号部が

最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算する計算部と、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する調整部とを備えることを特徴とする。

- [0020] ある実施形態において、前記調整部は、前記分散の度合いが小さくなるように前記記録信号のパワーを調整する。
- [0021] ある実施形態において、前記調整部は、前記分散の度合いが所定値以下となるように前記記録信号のパワーを調整する。
- [0022] ある実施形態において、前記調整部は、前記第3の指標の平均値に基づいて前記記録信号のエッジの位置を調整する。
- [0023] ある実施形態において、前記調整部は、前記平均値の絶対値が小さくなるように前記記録信号のエッジの位置を調整する。
- [0024] ある実施形態において、前記調整部は、前記平均値の絶対値が所定値以下となるように前記記録信号のエッジの位置を調整する。
- [0025] ある実施形態において、前記調整部は、前記第3の指標の平均値に基づいて前記記録信号のエッジの位置を調整し、前記調整部は、前記分散の度合いが所定値以下で、前記平均値の絶対値が所定値より大きい場合は、前記平均値の絶対値が所定値以下となるように、前記記録信号のパワーよりもエッジの位置を優先して調整し、前記調整部は、前記平均値の絶対値が所定値以下で、前記分散の度合いが所定値より大きい場合は、前記分散の度合いが所定値以下となるように、前記記録信号のエッジの位置よりもパワーを優先して調整する。
- [0026] 本発明の記録条件調整方法は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成するステップと、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成するステップと、前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号

部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算するステップと、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整するステップとを包含することを特徴とする。

[0027] 本発明のプログラムは、記録条件の調整処理を実行させるためのプログラムであって、前記記録条件の調整処理は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成するステップと、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成するステップと、前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算するステップと、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整するステップとを包含することを特徴とする。

[0028] 本発明の情報記録装置は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から第1デジタル信号を生成する再生部と、記録条件調整装置とを備えた情報記録装置であって、前記記録条件調整装置は、前記第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成する整形部と、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成する最尤復号部と、前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算する計算部と、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する調整部とを備え、前記情報記録装置は、前記記録信号のパワーの調整結果に基づいて前記情報記録媒体に第2の情報を記録する記録部をさらに



備えることを特徴とする。

[0029] 本発明の情報記録媒体は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する記録条件調整方法に用いられる情報記録媒体であって、前記分散の度合いが所定の値より小さくなるような記録条件を記録するための領域を有することを特徴とする。

[0030] 本発明の情報記録媒体は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の平均値に基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のエッジ位置を調整する記録条件調整方法に用いられる情報記録媒体であって、前記平均値が所定の値より小さくなるような記録条件を記録するための領域を有することを特徴とする。

[0031] 本発明の情報記録媒体は、情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前

記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整し、前記第3の指標の平均値に基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のエッジ位置を調整する記録条件調整方法に用いられる情報記録媒体であって、前記分散の度合いが所定の値より小さくなるような記録条件、前記平均値が所定の値より小さくなるような記録条件、および前記分散の度合いの2乗と前記平均値の2乗との和の平方根の値が所定の値より小さくなるような記録条件のうちの少なくとも1つを記録するための領域を有することを特徴とする。

[0032] 本発明の記録条件調整方法は、所定の記録条件にて記録された情報を再生して得られる再生情報を取得し、前記再生情報を評価することで前記記録条件を調整する方法であって、前記評価に用いられた指標から得られる第一の要素に基づいて記録パワーに関する記録条件を調整するパワー調整ステップと、前記パワー調整工程の前または後に、前記評価に用いられた指標から得られる前記第一の要素とは独立した第二の要素に基づいて記録位置に関する記録条件を調整する位置調整ステップとを包含することを特徴とする。

[0033] ある実施形態において、前記評価に用いられる指標は統計的な指標であり、前記第一の要素は、前記指標の分散の度合いに関する情報であり、前記第二の要素は、前記指標の平均値に関する情報である。

[0034] ある実施形態において、前記第一の要素が第一の条件を満たし、前記第二の要素が第二の条件を満たさない場合は、前記記録位置を調整し、前記第一の要素が前記第一の条件を満たさず、前記第二の要素が前記第二の条件を満たす場合は、前記記録パワーを調整する。

### 発明の効果

[0035] 本発明によれば、最尤復号において最も確からしいと判断された第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断された第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、第1の指標と第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算する。そして、第3の指標の分散の度合いに基づいて、情報記録媒体に情報を記録するための記録信号のパワーを調整する。このことにより、最尤復号の結果の信頼性が高くなるように記録信号のパワーおよび形状を

調整することができるので、最尤復号を行うときのエラーの発生確率を小さくすることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0036] [図1]最小極性反転間隔が2である記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則を表す状態遷移図である。
- [図2]状態遷移図を時間軸に沿って展開することによって得ることができたトレリス図である。
- [図3]Pa-Pbおよび | Pa-Pb | -Pstdの分布を示す図である。
- [図4]本発明の実施形態による記録再生装置100の構成を示す図である。
- [図5]本発明の実施形態による記録波形学習処理手順を示すフローチャートである。
- [図6]書き込みパワーごとに指標M\_SNをプロットし、最適書き込みパワーPwoを求めた例を示す図である。
- [図7]テストパターンと、そのパターンを再生した場合の波形を示す図である。
- [図8]消去パワーごとに指標M\_SNをプロットし、最適消去パワーPeoを求めた例を示す図である。
- [図9]ボトムパワーごとに指標M\_SNをプロットし、最適ボトムパワーPboを求めた例を示す図である。
- [図10]Pa-Pbおよび | Pa-Pb | -Pstdの分布を示す図である。
- [図11]Pa-Pbおよび | Pa-Pb | -Pstdの分布を示す図である。
- [図12]Pa-Pbおよび | Pa-Pb | -Pstdの分布を示す図である。
- [図13]書き込みパワーPw、消去パワーPeおよびボトムパワーPbを有するマルチパルスを示す図である。
- [図14]パターン検出回路とエッジシフト検出回路とを示す図である。
- [図15]エッジシフト検出回路の動作を示すタイミングチャートである。
- [図16]学習用記録パターンの一例を示す図である。
- [図17]エッジシフト検出回路12a(エッジシフト検出回路12の改変例)を示す図である。
- 。
- [図18]8パターン(Pattern-1~Pattern-8)のサンプル値を示す図である。

[図19]Pattern-1における再生波形と記録マークのズレとの相関を示す図である。

[図20]Pattern-1における再生波形と記録マークのズレとの相関を示す図である。

[図21]最適化が必要とされる記録パラメータの一覧を示す図である。

[図22]最適化が必要とされる記録パラメータを特定8パターンの中の何れのパターンで検出するかを示す図である。

[図23]M\_SNおよびM\_SHIFTの感度を示す図である。

[図24A]記録パワーの調整を行った後に記録波形の調整を行う、記録パラメータの最適化の手順を示すフローチャートである。

[図24B]ユーザデータの記録中における記録パワーの最適化の手順を示すフローチャートである。

[図24C]ユーザデータの記録中における記録エッジ位置の最適化の手順を示すフローチャートである。

[図25]記録パワー学習時のテスト記録用に用いられる記録パワー設定を示す図である。

[図26]図25に示す記録パワー設定の条件下で得られた指標M\_SNの値を示す図である。

[図27]図25に示す記録パワー設定の条件下で得られた指標M\_SNの値を示す図である。

[図28]記録波形学習時のテスト記録用に用いられる記録波形設定を示す図である。

[図29]図28に示す記録波形設定の条件下で得られた指標M\_SHIFTの値を示す図である。

[図30]図28に示す記録波形設定の条件下で得られた指標M\_SHIFTの値を示す図である。

[図31]図28に示す記録波形設定の条件下で得られた指標M\_SHIFTの値を示す図である。

[図32]最適化された記録条件が記録される情報記録媒体の管理情報記録領域を示す図である。

[図33]従来の光ディスクドライブの構成を示す図である。

[図34]従来の誤差検出回路の動作を示す図である。

[図35]従来の記録パラメータを求める動作を示すフローチャートである。

### 符号の説明

- [0037]
- 1 情報記録媒体
  - 2 光ヘッド部
  - 3 プリアンプ
  - 4 AGC
  - 5 波形等化器
  - 6 A/D変換器
  - 7 PLL回路
  - 8 整形部
  - 9 最尤復号部
  - 10 信頼性計算部
  - 11 パターン検出回路
  - 12 エッジシフト検出回路
  - 13 情報記録媒体コントローラ
  - 14 パターン発生回路
  - 15 記録補償回路
  - 16 レーザ駆動部
  - 100 記録再生装置
  - 101 再生部
  - 102 記録条件調整装置
  - 103 記録部
  - 104 調整部

### 発明を実施するための最良の形態

[0038] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

[0039] 本発明では、最尤復号法を採用したシステムにおいて、再生信号エラーの発生する確率が最小となるように記録パラメータを最適化する。一般に、情報を記録したとき

の条件や再生条件の影響を受けて、再生信号は、情報を正確に表す理想的な波形からは乱れた波形になり得る。最尤復号法では、再生信号波形から理想的な波形パターンを推定し、再生信号波形と推定信号波形とを比較しながら、再生信号を最も確からしい波形パターンを有する信号に復号する。最尤復号法では、再生信号波形と推定信号波形の差異が小さいほど、再生エラーの発生する確率も小さくなる。本発明では、再生信号波形と推定信号波形の差異が小さくなるように記録パラメータを調整する。

[0040] (1. 指標M\_\_SN、指標M\_\_SHIFT、指標Mについて)

最尤復号法を用いて再生信号を評価するために用いる再生信号評価指標(指標M\_\_SN、指標M\_\_SHIFT、指標M)を説明する。例として、最小極性反転間隔が2の記録符号(例えば、1, 7Run Length Limited符号)を用い、記録時および再生時の信号の周波数特性がPR(1, 2, 2, 1)等化となるように信号の波形が整形される場合における再生信号評価指標を説明する。

[0041] 試し記録後、記録されたトラックから再生されたデジタル信号(“1”または“0”の2値化信号)の系列において、現時刻の記録符号を $b_k$ とし、1時刻前の記録符号を $b_{k-1}$ とし、2時刻前の記録符号を $b_{k-2}$ とし、3時刻前の記録符号を $b_{k-3}$ とする。PR(1, 2, 2, 1)等化の理想的な出力値Level<sub>v</sub>は(式1)で表される。

(式1)

$$\text{Level}_v = b_{k-3} + 2b_{k-2} + 2b_{k-1} + b_k$$

[0042] ここで、kは時刻を表す整数であり、vは0～6までの整数である。

[0043] 時刻kにおける状態をS( $b_{k-2}$ ,  $b_{k-1}$ ,  $b_k$ )とすると、(表1)の状態遷移表が得られる。

[0044] [表1]

表1：最小反転間隔2とPR (1, 2, 2, 1) の制約から定まる状態遷移表

| 時刻 $k-1$ における状態<br>$S(b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1})$ | 時刻 $k$ における状態<br>$S(b_{k-2}, b_{k-1}, b_k)$ | $b_k / Level_v$ |
|---|---|-----------------|
| $S(0, 0, 0)$                                      | $S(0, 0, 0)$                                | 0/0             |
| $S(0, 0, 0)$                                      | $S(0, 0, 1)$                                | 1/1             |
| $S(0, 0, 1)$                                      | $S(0, 1, 1)$                                | 1/3             |
| $S(0, 1, 1)$                                      | $S(1, 1, 0)$                                | 0/4             |
| $S(0, 1, 1)$                                      | $S(1, 1, 1)$                                | 1/5             |
| $S(1, 0, 0)$                                      | $S(0, 0, 0)$                                | 0/1             |
| $S(1, 0, 0)$                                      | $S(0, 0, 1)$                                | 1/2             |
| $S(1, 1, 0)$                                      | $S(1, 0, 0)$                                | 0/3             |
| $S(1, 1, 1)$                                      | $S(1, 1, 0)$                                | 0/5             |
| $S(1, 1, 1)$                                      | $S(1, 1, 1)$                                | 1/6             |

[0045] 簡単のために、時刻 $k$ における状態 $S(0, 0, 0)$ を $S0_k$ 、状態 $S(0, 0, 1)$ を $S1_k$ 、状態 $S(0, 1, 1)$ を $S2_k$ 、状態 $S(1, 1, 1)$ を $S3_k$ 、状態 $S(1, 1, 0)$ を $S4_k$ 、状態 $S(1, 0, 0)$ を $S5_k$ とすると、図1に示す状態遷移図が得られる。

[0046] 図1は、最小極性反転間隔が2である記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則を表す状態遷移図である。

[0047] 図2は、図1の状態遷移図を時間軸に沿って展開することによって得られるトレリス図である。

[0048] 以下、図1と図2とを参照して、最小極性反転間隔が2である記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移を説明する。

[0049] 時刻 $k$ における状態 $S0_k$ と時刻 $k-4$ の状態 $S0_{k-4}$ に注目する。図2は、状態 $S0_k$ と状態 $S0_{k-4}$ との間でとりうる2つの状態遷移列を示す。1つのとりうる状態遷移列をパスAとすると、パスAは状態 $S2_{k-4}$ 、 $S4_{k-3}$ 、 $S5_{k-2}$ 、 $S0_{k-1}$ 、 $S0_k$ を遷移する。もう1つの状態遷移列をパスBとすると、パスBは状態 $S2_{k-4}$ 、 $S3_{k-3}$ 、 $S4_{k-2}$ 、 $S5_{k-1}$ 、 $S0_k$ を遷移する。

[0050] これらパスAおよびBは、再生信号波形から推定される理想的な波形の候補に相当する。最尤復号法では、推定されたパスAおよびBと再生信号波形とを比較し、より正確な波形を表していると判定した方のパスを選択し、選択したパスに合うように再生

信号を復号する。

[0051] 時刻 $k-6$ から時刻 $k$ までの最尤復号結果を $(C_{k-6}, C_{k-5}, C_{k-4}, C_{k-3}, C_{k-2}, C_{k-1}, C_k)$ とすると、 $(C_{k-6}, C_{k-5}, C_{k-4}, C_{k-3}, C_{k-2}, C_{k-1}, C_k) = (0, 1, 1, x, 0, 0, 0)$ となる復号結果( $x$ は0または1の値)が得られた場合には、パスAまたはパスBの状態遷移列が最も確からしいと推定されたこととなる。パスAおよびパスBの両方も、時刻 $k-4$ における状態が状態 $S_{k-4}^2$ であることの確からしさは同じであるから、時刻 $k-3$ から時刻 $k$ までの、再生信号 $y_{k-3}$ から再生信号 $y_k$ までの値と、パスAおよびパスBそれぞれの期待値との差を2乗した値の累積値を求めることによって、パスAとパスBのどちらかの状態遷移列が確からしいことが分かる。

[0052] 時刻 $k-3$ から時刻 $k$ までの再生信号 $y_{k-3}$ から $y_k$ までの値とパスAの期待値との差を2乗した値の累積値を $P_a$ とすると $P_a$ は(式2)で表される。

(式2)

$$P_a = (y_{k-3} - 4)^2 + (y_{k-2} - 3)^2 + (y_{k-1} - 1)^2 + (y_k - 0)^2$$

[0053] 時刻 $k-3$ から時刻 $k$ までの再生信号 $y_{k-3}$ から $y_k$ までの値とパスBの期待値との差を2乗した値の累積値を $P_b$ とすると $P_b$ は(式3)で表される。

(式3)

$$P_b = (y_{k-3} - 5)^2 + (y_{k-2} - 5)^2 + (y_{k-1} - 3)^2 + (y_k - 1)^2$$

[0054]  $P_a$ は、パスAと再生信号とが離れている度合いを表しており、 $P_a = 0$ はパスAと再生信号とが一致している状態を表しており、 $P_a$ の値が大きくなるほどパスAと再生信号とが離れていることになる。同様に、 $P_b$ は、パスBと再生信号とが離れている度合いを表しており、 $P_b = 0$ はパスBと再生信号とが一致している状態を表しており、 $P_b$ の値が大きくなるほどパスBと再生信号とが離れていることになる。

[0055] 以下、最尤復号結果の信頼性を示す $P_a$ と $P_b$ との差 $P_a - P_b$ の意味を説明する。最尤復号部は、 $P_a \ll P_b$ であればパスAを自信を持って選択し、 $P_a \gg P_b$ であればパスBを自信を持って選択したといえる。また $P_a = P_b$ であればパスA、パスBのいずれを選択してもおかしくなく、復号結果が正しいかどうかは5分5分であるといえる。このようにして所定の時間あるいは所定の回数、復号結果から $P_a - P_b$ を求めると $P_a - P_b$ の分布が得られる。



- [0056] 図3は、 $Pa - Pb$ および  $| Pa - Pb | - Pstd$ の分布を示す。
- [0057] 図3(a)は再生信号にノイズが重畳された場合の $Pa - Pb$ の分布を示す。分布は2つのピークを有し、1つは $Pa = 0$ となるときに頻度が極大となり、もう1つは $Pb = 0$ となるときに頻度が極大となる。
- [0058] 復号を複数回行った結果、再生信号がパスAと近似している場合は、 $Pa = 0$ となるときに頻度が極大となる山形の分布が得られる。同様に、再生信号がパスBと近似している場合は、 $Pb = 0$ となるときに頻度が極大となる山形の分布が得られる。
- [0059]  $Pa = 0$ となるときの $Pa - Pb$ の値を $-Pstd$ 、 $Pb = 0$ となるときの $Pa - Pb$ の値を $Pstd$ と表すことにする。 $Pa - Pb$ の絶対値を計算し、 $| Pa - Pb | - Pstd$ を求める。
- [0060] 図3(b)は  $| Pa - Pb | - Pstd$ の分布を示す。図3(b)に示す分布の標準偏差 $\sigma$ と平均値 $Pave$ を求める。図3(b)に示す分布が正規分布であると、例えば $\sigma$ と $Pave$ とに基づいて復号結果の信頼性  $| Pa - Pb |$  の値が $-Pstd$ 以下となることを誤りが発生した状態とすると、誤り確率 $P(\sigma, Pave)$ は(式4)のように表される。
- (式4)
- $$P(\sigma, Pave) = \text{erfc}((Pstd + Pave) / \sigma)$$
- [0061]  $Pa - Pb$ の分布から計算した平均値 $Pave$ と標準偏差 $\sigma$ とから最尤復号結果を示す2値化信号の誤り率を予想することができる。つまり平均値 $Pave$ と標準偏差 $\sigma$ とを再生信号品質の指標とすることができる。
- [0062] なお、上記の例では  $| Pa - Pb |$  の分布が正規分布となることを仮定したが、分布が正規分布でない場合には、 $| Pa - Pb | - Pstd$ の値が所定の基準値以下になる回数をカウントし、そのカウント数を信号品質の指標とすることも可能である。
- [0063] 最小極性反転間隔が2である記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則の場合、状態が遷移するときに2つの状態遷移列をとり得るような組み合わせは、時刻 $k - 4$ から時刻 $k$ の範囲では8パターンあり、時刻 $k - 5$ から時刻 $k$ の範囲では8パターンあり、時刻 $k - 6$ から時刻 $k$ の範囲では8パターン存在する。さらに検出する範囲を拡大すると、2つの状態遷移列をとり得るような組み合わせは、信頼性 $Pa - Pb$ パターン存在する。
- [0064] 多くのパターンの中で、記録パラメータ(書き込みパワー、消去パワー等)の変化に

対して鈍感なパターンが多く存在する。例えば、長マークのスペース若しくはマーク部の変化に係るパスである。こうしたパターンを除外し、記録パラメータに対して敏感に反応するパターンのみを選択することによって、記録パラメータ変化(記録パワー変化)に対する再生波形の変化を精度良く検出することができる。(表2)にその記録パラメータに対して感度のいいパターンを示す。

[0065] [表2]

表2：2つの遷移をとり得る最短の状態遷移の組み合わせ

| 状態遷移                              | 復号結果の信頼性 $P_a - P_b$ |               |
|-----------------------------------|----------------------|---------------|
|                                   | $P_a = 0$ の場合        | $P_b = 0$ の場合 |
| $S_{2_{k-4}} \rightarrow S_{0_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{3_{k-4}} \rightarrow S_{0_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{2_{k-4}} \rightarrow S_{1_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{3_{k-4}} \rightarrow S_{1_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{0_{k-4}} \rightarrow S_{4_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{5_{k-4}} \rightarrow S_{4_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{0_{k-4}} \rightarrow S_{3_k}$ | -10                  | +10           |
| $S_{5_{k-4}} \rightarrow S_{3_k}$ | -10                  | +10           |

[0066] すなわち、(表2)のパターン群はマークからスペース若しくはスペースからマークの遷移波形に係るものであり、例えば、記録先頭パルスのパワー(書き込みパワー)、クレーリングパルスのパワー(ボトムパワー)または書き込みパワー/消去パワー比の変動に対して、敏感に反応する部分を集めたものである。

[0067] ここで重要なのは、信頼性  $P_a - P_b$  を再生信号品質の指標とすることにより、すべてのパターンを検出しなくても、誤る可能性(誤り率)が大のパターンのみを検出すれば、その検出結果を誤り率と相関のある指標とすることができる。ここで、誤る可能性が大のパターンとは、信頼性  $P_a - P_b$  の値が小となるパターンであり、 $P_a - P_b = \pm 10$  となる8パターンである。この8パターンと  $P_a - P_b$  についてまとめると上記(表2)のようになる。

[0068] さらに $X = |Pa - Pb| - Pstd$ を算出し、その分布から標準偏差 $\sigma(X)$ と平均値 $E(X)$ を求める( $E = Pave$ )。図3(b)を参照して説明したように正規分布であると仮定するとそれぞれ誤りを起こす確率 $P$ は(式5)となる。

(式5)

$$P(\sigma(X), E(X)) = \text{erfc}((Pstd + E(X)) / \sigma(X))$$

[0069] 上記8パターンは、1ビットシフトエラーを起こすパターンであり、他のパターンは、2ビット以上のシフトエラーを起こすパターンである。PRML(Partial Response Maximum Likelihood)処理後のエラーパターンを分析すると、ほとんどが1ビットシフトエラーであるため、(式5)を求めることで再生信号の誤り率が推定できる。このように、標準偏差 $\sigma(X)$ および平均値 $E(X)$ を再生信号の品質を示す指標として用いることができる。

[0070] 本願発明者らは、光ディスクに記録された信号品質を検証する際に、標準偏差 $\sigma(X)$ が再生信号のSN比もしくは記録マークのばらつきに大きく依存すること、また、平均値 $E(X)$ が再生信号におけるエッジシフト、すなわち記録マークの理想位置からの平均的なずれに大きく依存することを見出した。従って標準偏差 $\sigma(X)$ と平均値 $E(X)$ が小さくなるように記録条件を最適化することにより、PRMLに適した記録を行うことができる。このとき、再生信号のSN比を示す指標として例えば(式6)を定義しても良い。

(式6)

$$M\_SN = \sigma(X) / (2 \cdot d_{\min}^2) [\%]$$

[0071] ここで、 $d_{\min}^2$ は、ユークリッド距離の最小値の2乗であり、最小極性反転間隔が2の変調符号とPR(1, 2, 2, 1)ML方式の組み合わせでは、10となる。すなわち、 $d_{\min}^2 = 10 = Pstd$ である。

[0072] また、再生信号におけるエッジシフトの程度を示す指標として例えば(式7)を定義しても良い。

(式7)

$$M\_SHIFT = E(X) / (2 \cdot d_{\min}^2) [\%]$$

[0073] さらに、再生信号におけるSN比とエッジシフトの程度の両方を考慮したトータルの

指標Mとして例えば(式8)を定義しても良い。

(式8)

$$M = [\{\sigma(X)\}^2 + \{E(X)\}^2]^{1/2} / (2 \cdot d_{\min}^2) [\%]$$

$$= [\{M\_SN\}^2 + \{M\_SHIFT\}^2]^{1/2} [\%]$$

[0074] なお、Mは標準偏差 $\sigma(X)$ を用いずに(式9)のように表現することもできる。

(式9)

$$M = [E(X^2)]^{1/2} / (2 \cdot d_{\min}^2) [\%]$$

[0075] なお(式6)、(式7)、(式8)に示したこれらの指標は、標準偏差 $\sigma(X)$ 、平均値 $E(X)$ で表されるのであればこれらに限らなくとも良い。

[0076] 指標M\_SNを用い、例えば試し記録を行いながら所定値以下のM\_SNが得られるような記録条件を求めることで、SN比の確保できた記録を行うことができる。なおSN比を確保するための記録条件としては、主としてレーザ光の照射パワーを高くすることが考えられるが、それ以外にも図13に示すようなパルス発光波形における両端のパルスを除く中央のパルス列の幅を太くしても良い。特に1回だけ記録できるタイプの光ディスクでは、一般的に照射パワーを高くすることや、両端のパルスを除く中央付近のパルスの幅を太くすることにより、記録マークの半径方向の幅が太くなりSN比が向上する。

[0077] また指標M\_SHIFTを用い、例えば試し記録を行いながら所定値以下のM\_SHIFTが得られるような記録条件を求めることで、エッジシフトの小さい記録を行うことができる。なおエッジシフトを小さくするための記録条件としては、主として図13に示すようなパルス発光波形における両端のパルスの位置を変えることが考えられる。

[0078] また指標Mを用い、例えば試し記録を行いながら所定値以下のMが得られるような記録条件を求めることで、最適な記録を行うことができる。指標Mだけを用いた場合には、最適な記録ができていないことは検知できても、SN比が悪いのか、マークのエッジ位置がずれているのかを区別することができない。しかしながら、本発明の指標M\_SNと指標M\_SHIFTを用いることにより、最適な記録ができていない原因を特定することができる。例えば、M\_SNが大きい場合にはレーザの照射パワーを調整し、M\_SHIFTが大きい場合にはエッジ位置を調整することにより、レーザの照射パ

ワーとエッジ位置の組み合わせを順不同に試す場合と比較して、短時間で効率的に最適な記録条件を求めることができる。

[0079] (2. 記録再生装置)

図4は、本発明の実施形態による記録再生装置100を示す。記録再生装置100は、再生部101と、記録条件調整装置102と、記録部103とを備える。記録再生装置100には、情報記録媒体1が搭載される。情報記録媒体1は、光学的に情報の記録再生を行うための記録媒体であり、例えば光ディスク媒体である。

[0080] 再生部101は、光ヘッド部2と、プリアンプ3と、AGC4と、波形等化器5と、A/D変換器6と、PLL回路7とを備える。再生部101は、情報記録媒体1から再生された情報を示すアナログ信号からデジタル信号を生成する。

[0081] 記録条件調整装置102は、整形部8と、最尤復号部9と、信頼性計算部10と、調整部104とを備える。調整部104は、パターン検出回路11と、エッジシフト検出回路12と、情報記録媒体コントローラ13とを備える。記録条件調整装置102は例えば半導体チップとして製造される。

[0082] 整形部8は例えばデジタルフィルタであり、再生部101が生成したデジタル信号を受け取ってデジタル信号が所定の等化特性を有するようにデジタル信号の波形を整形する。

[0083] 最尤復号部9は例えばビタビ復号回路であり、整形部8から出力された波形が整形されたデジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成する。

[0084] 信頼性計算部10は、例えば差分メトリック検出回路であり、整形部8から出力された波形が整形されたデジタル信号と最尤復号部9から出力された2値化信号とに基づいて最尤復号の結果の信頼性を計算する。

[0085] 調整部104は、信頼性計算部10が計算した信頼性に基づいて、情報記録媒体1に情報を記録するための記録信号のパワーを調整すると共に、記録信号の所定部分の形状を調整する(例えば記録信号のエッジ位置を調整する)。調整部104は、最尤復号の結果の信頼性が高くなるように記録信号のパワーおよび形状を調整する。情報記録媒体コントローラ13は例えば光ディスクコントローラである。

[0086] ここで、記録信号のパワーを説明する。書き換え可能な光ディスクとして、例えば、

層変化型光ディスク(CD-RW、DVD-RAM、DVD-RW、Blu-ray Disc等)が知られている。層変化型光ディスクのオーバーライト記録には、マルチパルスのレーザ光が使用されている。レーザ光のレーザパワーは、例えば、書き込みパワー $P_w$ 、消去パワー $P_e$ およびボトムパワー $P_b$ を有する。

[0087] 図13は、書き込みパワー $P_w$ 、消去パワー $P_e$ およびボトムパワー $P_b$ を有するマルチパルスを示す。

[0088] 書き込みパワー $P_w$ は、記録膜の状態を結晶状態からアモルファス状態に変化し、マークを形成する。消去パワー $P_e$ は、記録膜の状態をアモルファス状態から結晶状態に変化し、古いマークを消去(オーバーライト)する。ボトムパワー $P_b$ は、マルチパルス記録においては、マルチパルスの底部のパワーに相当し、記録時にレーザ光照射による熱拡散を防止する。

[0089] 情報記録媒体コントローラ13は、信頼性計算部10が計算した信頼性に基づいて、情報記録媒体1に情報を記録するための記録パワーを調整する。例えば、調整される記録パワーは、書き込みパワー、消去パワー、ボトムパワーのうちの少なくとも1つを含む。情報記録媒体コントローラ13は、例えば、最尤復号の結果の信頼性が高くなるように記録信号の形状を調整する。

[0090] 記録部103は、パターン発生回路14と、記録補償回路15と、レーザ駆動回路16と、光ヘッド部2とを備える。記録部103は、記録信号のパワーおよび/または形状の調整結果に基づいて情報記録媒体1に情報を記録する。本実施形態では、光ヘッド部2は、再生部101および記録部103に共有され、記録ヘッドおよび再生ヘッドの両方の機能を有する。なお記録ヘッドと再生ヘッドとが別々に設けられてもよい。

[0091] 以下、図4を参照して、本発明の実施形態による記録再生装置100の動作を詳細に説明する。

[0092] 光学ヘッド部2は情報記録媒体1から読み出した情報を示すアナログ再生信号を生成する。アナログ再生信号は、プリアンプ3によって増幅されてACカップリングされたのち、AGC4に入力される。AGC4では後段の波形等化器5の出力が一定振幅となるようゲインが調整される。AGC4から出力されたアナログ再生信号は波形等化器5によって波形整形される。波形整形されたアナログ再生信号はA/D変換器6に出

力される。A/D変換器6はPLL回路7から出力された再生クロックに同期してアナログ再生信号をサンプリングする。PLL回路7はA/D変換器6でサンプリングされたデジタル再生信号から再生クロックを抽出する。

- [0093] A/D変換器6のサンプリングにより生成されたデジタル再生信号は整形部8に入力される。整形部8は、記録時および再生時のデジタル再生信号の周波数特性が最尤復号部9の想定する特性(本実施形態ではPR(1, 2, 2, 1)等化特性)となるように、デジタル再生信号の周波数特性を調整する(すなわちデジタル再生信号の波形を整形する)。
- [0094] 最尤復号部9は、整形部8から出力された波形整形されたデジタル再生信号を最尤復号し、2値化信号を生成する。2値化信号は、最尤復号の結果を示す。
- [0095] 信頼性計算部10は、整形部8から出力された波形整形されたデジタル再生信号と、2値化信号とを受け取る。信頼性計算部10は、2値化信号から状態遷移を判別し、判別結果とブランチメトリックから復号結果の信頼性を示す指標を求める。より詳細には、信頼性計算部10は、最尤復号部9が最も確からしいと判断した第1状態遷移列(例えばパスA)の確からしさを表す第1の指標(例えばPa)と、最尤復号部9が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列(例えばパスB)の確からしさを表す第2の指標(例えばPb)とを計算する。信頼性計算部10は、これら第1の指標と第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標( $|Pa - Pb| - Pstd$ )を計算する。また、信頼性計算部10は、第3の指標から指標M\_SN、M\_SHIFT、Mを求める。
- [0096] 情報記録媒体コントローラ13は、記録パラメータ学習処理手順をコントロールする。試し記録する際の記録パラメータ(記録信号のパワーおよび形状等)の設定、記録動作のコントロール、再生動作のコントロールを行うと共に、記録パラメータごとに指標M\_SN、M\_SHIFT、Mを求め、対象とする指標が最適となる、もしくは所定値以下となる記録パラメータを決定する。なお、記録パラメータ学習処理手順の詳細は、後述される。
- [0097] 記録補償回路15は、情報記録媒体コントローラ13からの記録パラメータと、パターン発生回路14から出力される記録テストパターンとに基づいて、レーザ発光パターンを決定する。レーザ駆動回路16は、レーザ発光パターンにしたがって、光学ヘッド部

2を駆動する。

[0098] 記録再生装置100を用いることによって、再生時にエラーが最小となる最適な記録パラメータを設定することが可能となる。

[0099] 次に、図10～図12を参照して、記録信号のパワーおよび形状の調整手順をより詳細に説明する。この調整は調整部104が実行する。

[0100] 図10(a)は、再生信号品質が悪い場合の $P_a - P_b$ の分布を示している。図3(a)に示す $P_a - P_b$ の分布と比較して、図10(a)に示す $P_a - P_b$ の分布は、 $P_a = 0$ となる頻度および $P_b = 0$ となる頻度が低くなっている。図10(b)は、図10(a)に示す $P_a - P_b$ の分布に対応する $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布を示している。図3(b)に示す $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布と比較して、図10(b)に示す $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布は、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分散の度合い(標準偏差 $\sigma(X)$ )が大きくなっている。

[0101] このように、 $P_a = 0$ となる頻度および $P_b = 0$ となる頻度が低く、標準偏差 $\sigma$ が大きい状態では、正しく最尤復号が行われる可能性が低くなり、最尤復号を行うときのエラーの発生確率が大きくなる。

[0102] 一方、図11(a)は、再生信号品質が良い場合の $P_a - P_b$ の分布を示している。図3(a)に示す $P_a - P_b$ の分布と比較して、図11(a)に示す $P_a - P_b$ の分布は、 $P_a = 0$ となる頻度および $P_b = 0$ となる頻度が高くなっている。図11(b)は、図11(a)に示す $P_a - P_b$ の分布に対応する $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布を示している。図3(b)に示す $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布と比較して、図11(b)に示す $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布は、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分散の度合い(標準偏差 $\sigma(X)$ )が小さくなっている。このように、 $P_a = 0$ となる頻度および $P_b = 0$ となる頻度が高く、標準偏差 $\sigma(X)$ が小さい状態では、正しく最尤復号される可能性が高くなり、最尤復号を行うときのエラーの発生確率が小さくなる。これらのことから、標準偏差 $\sigma(X)$ が小さくなるように記録パラメータを調整することにより、再生信号品質を高め、エラーの発生確率を小さくすることができる。

[0103] 本願発明者らは、標準偏差 $\sigma(X)$ が記録パラメータ(記録信号のパワーおよび形状等)のうちの記録信号のパワーに大きく依存しており、記録信号のパワーを適切な値に調整することにより標準偏差 $\sigma(X)$ を小さくできることを見出した。すなわち、標準



偏差  $\sigma(X)$  が小さくなるように記録信号のパワーを調整することにより、最尤復号に適した記録パラメータを得ることができる。

[0104] 次に図12を参照して、記録信号パラメータの調整手順をさらに説明する。図12(a)は、再生信号品質が悪い場合の $P_a - P_b$ の分布の別の例を示している。図12(a)に示す左側の $P_a - P_b$ の分布は、 $|P_a - P_b|$ の値の頻度が最も高くなる値が、 $P_a = 0$ のときの $|P_a - P_b|$ の値からずれている。図12(b)は、図12(a)に示す $P_a - P_b$ の分布に対応する $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布を示している。図12(b)に示す $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分布では、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の平均値が0から距離 $\mu$ だけずれている( $|平均値| = \mu$ )。このように、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の平均値が0から距離 $\mu$ だけずれている状態では、正しく最尤復号が行われる可能性が低くなり、最尤復号を行うときのエラーの発生確率が大きくなる。本願発明者らは、図12(a)に示す $P_a - P_b$ の分布のずれは、記録パラメータ(記録信号のパワーおよび形状等)のうちの記録信号のエッジ位置に大きく依存しており、記録信号のエッジ位置を適切な値に調整することにより $P_a - P_b$ の分布のずれを小さくでき、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の平均値 $E(X)$ の絶対値を小さくすることができることを見出した。すなわち、平均値の絶対値( $= \mu$ )が小さくなるように記録信号のエッジ位置を調整することにより、最尤復号に適した記録パラメータを得ることができる。

[0105] 調整部104は、標準偏差 $\sigma(X)$ ( $|P_a - P_b| - P_{std}$ の分散の度合い)が小さくなるように(所定値以下となるように)記録信号のパワーを調整する。また、調整部104は、 $|P_a - P_b| - P_{std}$ の平均値 $E(X)$ の絶対値(すなわち距離 $\mu$ )が小さくなるように(所定値以下となるように)記録信号のエッジ位置を調整する。より好ましくは、調整部104は、標準偏差 $\sigma(X)$ および平均値 $E(X)$ の絶対値が0に近づくように記録信号のパワーおよびエッジ位置を調整する。

[0106] (3. 記録再生方法)

図5は、本発明の実施形態による記録パワー学習処理手順を示す。記録再生装置100が記録パワー学習処理手順を実行することによって、記録パワーが調整される。記録パワー学習処理手順は、ステップ1～ステップ3を包含する。

[0107] 以下、図5を参照して、記録パワー学習処理手順をステップごとに説明する。

- [0108] 記録パワー学習が開始されると、まず、ステップ1では、最適書き込みパワー $P_{wo}$ を求める動作が実行される。ステップ1は、ステップ1-1、ステップ1-2およびステップ1-3を包含する。
- [0109] ステップ1-1:光ヘッド部2が情報記録媒体1上の所定の学習エリアに移動するように制御される。消去パワー/書き込みパワー比( $P_e/P_w$ )、ボトムパワーを固定し、書き込みパワーを順次変化させてテスト用記録信号を書き込む動作を行う。この時、消去パワー/書き込みパワー比、ボトムパワーは、規格等で規定されている記録媒体に予め記載されている推奨値を初期値として用いてもよい。書き込みパワーは、情報記録媒体1に予め記載されている推奨値のパワーを中心に前後パワーを変化させてもよい。
- [0110] また記録を行う際の光波形、即ち各パルスの時間方向の位置については、情報記録媒体1に予め記載されている値に設定して良いし、装置が予めいくつかの初期値を記憶していても良い。
- [0111] また、記録再生装置100が、記録媒体ごとに保持している推奨値を初期値としてもよい。例えば、情報記録媒体1に予め記載されている推奨値が、 $P_w=9.0$ [mW]、 $P_e/P_w=0.40$ 、 $P_b=0.3$ [mW]とすると、 $P_e=0.40 \times P_w$ [mW]、 $P_b=0.3$ [mW]を固定にして、 $P_w$ を $8.0 \sim 10.0$ [mW]まで、 $0.2$ [mW]ずつ変化させて、同じテスト用記録信号を各書き込みパワーについて繰り返し記録する。
- [0112] 試し記録が終了すると、処理はステップ1-2に進む。
- [0113] ステップ1-2:光ヘッド部2は、記録したテスト用記録信号を再生し、信頼性計算部10は、書き込みパワーごとに指標 $M\_SN$ を算出する。
- [0114] 信頼性計算部10が書き込みパワーごとに指標 $M\_SN$ を算出した後、処理はステップ1-3に進む。
- [0115] ステップ1-3:信頼性計算部10は、標準偏差を小さくすることができて最適とされる指標 $M\_SN$ が得られる書き込みパワーを最適書き込みパワー $P_{wo}$ として決定する。信頼性計算部10は、最適とされる指標 $M\_SN$ として、例えば、最小値を選択し、選択された指標 $M\_SN$ に対応する書き込みパワーを最適書き込みパワー $P_{wo}$ として決定する。

- [0116] 図6は、書き込みパワーごとに指標 $M\_SN$ をプロットし、最適書き込みパワー $P_{wo}$ を求めた例を示す。
- [0117] 図7は、テストパターンと、そのパターンを再生したときの波形を示す。再生波形上の白丸は、A/D変換器6でサンプリングしたときのサンプリングポイントを示す。本発明は、テスト用記録信号にも特徴がある。従来、記録パワー学習に用いるテストパターンとして、ある周期の単一パターンが用いられている。例えば、 $6T$  ( $T$ は、チャンネル周期)の繰り返しパターンである。単一パターンは、記録マーク長ごとの記録パルスの幅や位相ズレの影響を受けにくい、記録パワー変化に対する波形の変化を検出する点では、精度が出ない場合がある。本発明では、記録変調則において、最小マーク長と最長マーク長とを組み合わせ、尚且つ、記録部(マーク)と未記録部(スペース)の発生確率が同じであるテストパターンを用いる。例えば、記録変調符号として、(1, 7)Run Length Limited符号を用いた場合、最小マーク長は $2T$ で、最長マーク長 $8T$ であるため、 $8T_m 2T_s 8T_m 8T_s 2T_m 8T_s$ の繰り返しパターンを用いる。 $T_m$ はマーク側のチャンネル周期長を意味し、 $T_s$ はスペース側のチャンネル周期長を意味する。
- [0118] このように、ステップ1では、最適とされる指標 $M\_SN$ が得られる書き込みパワーを最適書き込みパワー $P_{wo}$ として決定する。
- [0119] 続いて、ステップ2では、最適消去パワー $P_{eo}$ を求める動作が実行される。ステップ2は、ステップ2-1、ステップ2-2およびステップ2-3を包含する。
- [0120] ステップ2-1:情報記録媒体コントローラ13は、書き込みパワーをステップ1を実行することによって決定した最適書き込みパワー $P_{wo}$ に設定する。さらに、情報記録媒体コントローラ13は、ボトムパワーを固定し、消去パワーを順次変化させてテスト用記録信号を書き込む動作(試し記録)を行う。
- [0121] 例えば、 $P_{wo} = P_w = 9.4$  [mW]、 $P_b = 0.3$  [mW]を固定にして、 $P_e = P_w \times 0.4 = 3.76$  [mW]を中心に、 $3.4 \sim 4.1$  [mW]まで、 $0.1$  [mW]ずつ変化させて、同じテスト用記録信号を各消去パワーについて繰り返し記録する。この記録は、下地記録した状態のトラックにオーバーライトして記録して行うことができる。または、ステップ1で用いたトラックと同じトラックに記録することができる。

- [0122] テスト用記録信号の書き込み(試し記録)が終了すると、処理はステップ2-2に進む。
- [0123] ステップ2-2:光ヘッド部2は、記録したテスト用記録信号を再生し、信頼性計算部10は、消去パワーごとに記録状態判定指標値(指標M\_\_SN)を算出する。
- [0124] 記録状態判定指標としてステップ1と同様に指標M\_\_SNを用い、テスト用記録信号に8Tm2Ts8Tm8Ts2Tm8Tsの繰り返しパターンを用いる。
- [0125] 信頼性計算部10が消去パワーごとに記録状態判定指標値を算出した後、処理はステップ2-3に進む。
- [0126] ステップ2-3:信頼性計算部10は、標準偏差を小さくすることができて最適とされる指標M\_\_SNが得られる消去パワーを最適消去パワー $P_{eo}$ として決定する。信頼性計算部10は、最適とされる指標M\_\_SNとして、例えば、最小値を選択し、選択された指標M\_\_SNに対応する消去パワーを最適消去パワー $P_{eo}$ として決定する。
- [0127] 図8は、消去パワーごとに指標M\_\_SNをプロットし、最適消去パワー $P_{eo}$ を求めた例を示す。
- [0128] 続いて、ステップ3では、最適ボトムパワー $P_{bo}$ を求める動作が実行される。ステップ3は、ステップ3-1、ステップ3-2およびステップ3-3を包含する。
- [0129] ステップ3-1:情報記録媒体コントローラ13は、書き込みパワーをステップ1を実行することによって決定した最適書き込みパワー $P_{wo}$ に設定する。情報記録媒体コントローラ13は、消去パワーをステップ2を実行することによって決定した最適消去パワー $P_{eo}$ に設定する。さらに、情報記録媒体コントローラ13は、ボトムパワーを順次変化させてテスト用記録信号を書き込む動作(試し記録)を行う。
- [0130] 例えば、 $P_{wo}=P_w=9.4$ [mW]、 $P_{eo}=P_e=3.9$ [mW]を固定にして、 $P_b$ を0.2~0.4[mW]まで、0.05[mW]ずつ変化させて、同じテスト用記録信号を各ボトムパワーについて繰り返し記録する。この記録は、下地記録した状態のトラックにオーバーライトして記録して行うことができる。または、ステップ1、ステップ2で用いたトラックと同じトラックに記録することができる。
- [0131] テスト用記録信号の書き込み(試し記録)が終了すると、処理はステップ3-2に進む。

- [0132] ステップ3-2:光ヘッド部2は、記録したテスト用記録信号を再生し、信頼性計算部10は、ボトムパワーごとに記録状態判定指標値(指標M\_SN)を算出する。記録状態判定指標として、ステップ1、ステップ2と同様に指標M\_SNを用い、テスト用記録信号に8Tm2Ts8Tm8Ts2Tm8Tsの繰り返しパターンを用いる。
- [0133] 信頼性計算部10がボトムパワーごとに記録状態判定指標値を算出した後、処理はステップ3-3に進む。
- [0134] ステップ3-3:信頼性計算部10は、標準偏差を小さくすることができて最適とされる指標M\_SNが得られるボトムパワーを最適ボトムパワーPboとして決定する。信頼性計算部10は、最適とされる指標M\_SNとして、例えば、最小値を選択し、選択された指標M\_SNに対応するボトムパワーを最適ボトムパワーPboとして決定する。
- [0135] 図9は、ボトムパワーごとに指標Mをプロットし、最適ボトムパワーPboを求めた例を示す。
- [0136] 以上、ステップ1～ステップ3を実行することによって、最適な書き込みパワー、消去パワー、ボトムパワーを設定するための学習は終了し、再生時にエラーが最小となる記録が可能となる。なお、ボトムパワーのパワー変化が、再生時のリーダビリティにほとんど影響しない場合は、ステップ3の学習を省略して、ボトムパワーに適切な固定値を設定してもよい。
- [0137] 以上のように、本発明の実施形態においては、PRMLアルゴリズムにおける、数ある状態遷移パターンのうち、再生波形のエッジ付近に係わる状態遷移パターン(ユークリッド距離が最小のパターン)のみのメトリック期待値誤差(指標M\_SN)を用いて記録状態を検出することにより、記録先頭パルスのパワー(書き込みパワー)や、クーリングパルスのパワー(ボトムパワー)若しくは書き込みパワー/消去パワー比の変動に対して変化して記録された波形を、精度良く検出することができる。また、記録マーク長ごとの記録パルスの幅や位相ズレの影響を受けにくい点、記録パワー変化に対する波形の変化を感度良く検出する点等を考慮して、テストパターンとして8Tm2Ts8Tm8Ts2Tm8Tsの繰り返しパターンを用いることで、さらに検出感度を高めることが容易に行える。
- [0138] なお、テストパターンは本実施形態に限らず単一周期のパターンでも良い。最短間

隔のマーク、スペースと最長間隔のマーク、スペースを組み合わせたパターンによる試し記録は、繰り返し記録を行う光ディスクにおいて、消去性能を包含してパワーを決定する際に特に有効であるが、書き込みパワーの最適化のみを行う場合や追記型の光ディスクの場合には最長間隔の周期のパターン、もしくは最長間隔の周期のパターンと同程度の再生振幅が得られる最長間隔よりも短い間隔の単一周期のパターンでも良い。

[0139] なお本実施形態では書き込みパワー、消去パワー、ボトムパワーと分けているがまとめて実施しても良い。

[0140] なお本実施形態では、図13に示す様に消去パワーの直前のパワーもボトムパワーとしているが、消去パワーの直前のパワーはボトムパワーとは別の設定としても良い。周期的なパルスが続くマーク中間部と、直後に消去パワーになるマーク終端部とでは熱分布が異なるため、消去パワーの直前のパワーをボトムパワーと別の設定にすることにより、マーク終端部のばらつきをより低減することができる。

[0141] なお本実施形態では、 $M\_SN$ が最小となるパワーを最適パワーとして選択しているが、所定の $M\_SN$ 以下を満足する最小パワー付近のパワーを最適パワーとして選択しても良い。特に繰り返し記録を行う光ディスクでは、書き込みパワーが小さい方が繰り返し記録時の熱ダメージの影響が小さくなり、繰り返し記録可能な回数がより大きくなる。

[0142] なお本実施形態では、 $M\_SN$ が最小となるパワーを最適パワーとして選択しているが、所定の $M\_SN$ 以下を満足するパワー範囲の中央付近のパワーを最適パワーとして選択しても良い。これにより例えば光ディスクの面内の感度差により実効的な照射パワーが多少増加、あるいは減少しても所定のSN比を確保することができる。なお実効的な照射パワーの増加、減少の見積もりがある程度明確になっている場合には、その見積もりに応じて所定の $M\_SN$ 以下を満足するパワー範囲を内分したパワーを選択しても良い。例えば光ディスクの内周付近での試し記録で設定したパワーにより外周付近に記録を行う場合には光ディスクの反りにより実効的な照射パワーが低下することから、予め高いパワーになるように内分比を決めておいても良い。

[0143] 次に、記録信号の形状を決定する処理手順を説明する。

- [0144] パターン検出回路11は、2値化信号に基いて、表2に示した8パターン(図18に示すPattern-1~Pattern-8)を記録マークの始末端エッジのパターンごとに割り当てるためのパルス信号を生成してエッジシフト検出回路12に出力する。
- [0145] エッジシフト検出回路12は、信頼性Pabsをパターンごとに累積加算し、記録補償パラメータの最適値からのずれ(後述ではエッジシフトと言う)を求める。
- [0146] 情報記録媒体コントローラ13は、パターンごとのエッジシフト量から変更が必要と判断された記録パラメータ(記録信号の波形)を変更する。
- [0147] パターン発生回路14は、記録補償学習用パターンを出力する。
- [0148] 記録補償回路15は情報記録媒体コントローラ13からの記録パラメータをもとに、記録補償学習用パターンに従ってレーザ発光波形パターンを生成する。生成されたレーザ発光波形パターンにしたがって、レーザ駆動回路16は光学ヘッド部2のレーザ発光動作を制御する。
- [0149] 図14は、パターン検出回路11とエッジシフト検出回路12とを示す。
- [0150] 以下、図14を参照して、エッジシフト検出回路12の動作を詳細に説明する。
- [0151] エッジシフト検出回路12には、パターン検出回路11でのパターン検出結果と、信頼性計算部10で算出された信頼性Pabsとが入力される。パターン検出回路11での遅延を考慮して、入力される信頼性Pabsデータをフリップフロップ(FF)によって遅延させる。パターン検出出力および検出出力点に対応する信頼性Pabsデータが加算器に入力され、同時にパターン検出結果がセレクトタに入力される。セレクトタは検出パターンにしたがってこれまでの累積加算結果を選択して加算器に入力する。加算器は累積加算結果と新しく入力された信頼性Pabsデータを加算し出力する。検出パターンに対応した特定のレジスタは、イネーブル信号を受け取ると、加算結果を格納する。
- [0152] 図15は、エッジシフト検出回路の動作を示すタイミングチャートである。例えばアドレス単位で情報が管理されている情報記録媒体に情報を記録する場合、加算区間ゲート信号(図15(b)参照)とレジスタイネーブル信号(図15(c)参照)の使用が想定される。図15(a)はアドレスユニットを示している。
- [0153] アドレス単位ごとに、ユーザ領域にテスト記録を行い、エッジシフト量を求める場合、

加算区間を定める制御が必要となる。加算区間ゲート信号がエッジシフト検出回路12に入力されると、加算区間ゲート信号は、2段のフリップフロップを通過し、フリップフロップFF29～FF0に入力される(図14参照)。加算区間ゲート信号のLow区間でフリップフロップをリセットし、High区間で加算結果を格納する。また、レジスタイネーブル信号は、加算区間ゲート信号から生成され、レジスタイネーブル信号は、加算区間ゲート信号の終端で加算結果をレジスタREG29～REG0に格納するためのイネーブル信号である。アドレス単位ごとにエッジシフト量を示すデータがレジスタREG29～REG0に格納される。

- [0154] エッジシフト検出回路12は、このような回路構成を備えることで、1つの加算器をもちいて記録パラメータの最適化に必要なすべてのエッジシフト量をもとめることができる。
- [0155] 図14を参照して説明した回路例では、テスト記録に用いられる記録パターン(例えばランダムパターン)のうちの、パラメータの最適化に必要な所定長のマークとスペースとの組み合わせ毎に発生頻度が異なってしまう。検出された30のエッジシフト量(R23T、R33T、・・・、R45L、R55L)は各パターンの発生頻度に依存する。また、PLL回路7(図4)では、DC成分(再生信号に含まれる低周波数成分)を用いてスライサーのしきい値を自動的に検出し、再生信号とクロック信号とを同期させている。従って、フィードバック制御がPLL回路7でのクロック生成に影響しないように、テスト記録パターンにはDC成分が少ないことが望まれる。また、最適化に要する時間と精度とを考えると、できるだけ少ない記録領域で高い精度の検出結果が望まれる。したがって記録パターン中にパラメータの最適化に必要なマークとスペースとの組み合わせが同一頻度で発生し、なおかつ符号に含まれるDC成分(DSV)が0となり、かつ最適化に必要な組み合わせの単位長あたりの発生頻度が高くなるような記録パターンが必要となる。
- [0156] 図16は、学習用記録パターンの一例を示す。2Mは2Tマークを意味し、2Sは2Tスペースを意味する。2T～5Tマークと2T～5Tスペースとの組み合わせである30とおりのパターンが、108ビットの記録パターンに1回ずつ発生する。また108ビットの記録パターンを含むシンボル‘0’とシンボル‘1’の数は同数の54であり、記録パター



ンのDSVは0となっている。この記録パターンを図4のエッジシフト検出回路12に適用すると、各パターンを同一回数検出することができ、より正確なシフト量検出結果が得られる。なお、本実施形態では、5T以上の幅のマークあるいはスペースについては、同一の記録パラメータで記録できることを想定している。

[0157] 図17は、エッジシフト検出回路12a(エッジシフト検出回路12の改変例)を示す。

[0158] エッジシフト検出回路12aは、テスト記録に用いられる記録パターンとして、ランダムパターン(最適化に必要な組み合わせパターンによって発生頻度が異なるパターン)を用いる。エッジシフト検出回路12aでは、パターン検出回路11によって、特定パターン(30パターン)のエッジを検出し、パターンそれぞれに対応するエッジシフト量とパターン検出回数とを個々に積算する。エッジシフト量の加算結果をパターン検出回数で割ることにより、特定パターン毎に平均エッジシフト量を算出する。これにより、特定パターン毎の発生確率が異なるテスト記録パターンを用いても、どのパターンに対応する記録マークの始末端位置を変更すべきか判断することができる。

[0159] 上述のように、調整部104が備えるエッジシフト検出回路12(図4)は、記録マーク長とスペース長との組み合わせ毎に、最尤復号結果の信頼性の積算値または平均値のうち的一方を計算し、それら計算した積算値または平均値に基づいて記録信号の形状を調整する。

[0160] 上記実施形態では、最小極性反転間隔が2である記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則を用いて最尤復号部が最尤復号を行う場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、最小極性反転間隔が3である記録符号と等化方式PR(C0, C1, C1, C0)とから定まる状態遷移則を用いた場合や、最小極性反転間隔が2または3である記録符号と等化方式PR(C0, C1, C0)とから定まる状態遷移則を用いた場合や、最小極性反転間隔が2または3である記録符号と等化方式PR(C0, C1, C2, C1, C0)とから定まる状態遷移則を用いた場合においても適用できる。C0、C1、C2は任意の正の数である。

[0161] 本発明の実施形態では、8パターン(図18)の検出を、後述する記録パターンごと(マーク長と直前のスペース長の組み合わせと、マーク長と直後のスペース長の組み合わせのパターンごと)に行い、記録信号の形状、特にエッジの始末端部分に着目

し、記録信号のエッジの位置を最適化する記録パラメータを決定する。

- [0162] 全てのパターンの最尤復号結果の信頼性  $|Pa - Pb|$  のうち、 $|Pa - Pb|$  の値が最小となるパターンのみに着目するということは、記録マークのエッジ部分のみに着目することを意味する。上記でも述べたが、 $Pa - Pb$  の値が小となるパターンは、エラーの発生確率が大きいパターンである。すなわち、最尤復号結果の信頼性が高くなるように、記録マークのエッジの位置を部分的に最適化すれば、全体の最適化につながることを意味する。その方法について以下説明する。
- [0163] 図18は、8パターン(Pattern-1~Pattern-8)のサンプル値を示す。横軸は時間(1目盛りは1チャンネルクロック周期(Tclk)を表す)、縦軸は信号レベル(0~6)を示し、点線、実線はそれぞれパスA、パスBを示す。各サンプル値は、(表1)で説明した最尤復号における入力期待値Levelの0~6に相当する。
- [0164] 記録部分(アモルファス領域)は、反射光が減るため信号レベルとしてはコンパレータ閾値より下側の波形として再生される。一方、未記録部分(非アモルファス領域)は、コンパレータ閾値より上側の波形として再生される。また、図18で示した8パターンは、すべて記録部(マーク)と未記録部(スペース)の境界部分(マークの始端エッジおよび終端エッジ)である再生波形に相当する。よって、8パターンのうち、Pattern-1(図18(a)参照)、Pattern-2(図18(b)参照)、Pattern-3(図18(c)参照)、Pattern-4(図18(d)参照)は、マークの始端エッジ部分に相当し、Pattern-5(図18(e)参照)、Pattern-6(図18(f)参照)、Pattern-7(図18(g)参照)、Pattern-8(図18(h)参照)は、マークの終端エッジ部分に相当する。
- [0165] Pattern-1に着目して、マークの始端エッジのシフトズレ検出方法を説明する。
- [0166] 図19は、Pattern-1における再生波形と記録マークのズレとの相関を示す。実線△印は入力信号であり、点線で示すパスAが正解の状態遷移パスとする。入力信号は記録マークB1に基づいて生成されている。記録マークA1は理想的な始端エッジを有しているとする。
- [0167] 図19(a)は、記録マークの始端エッジ位置が理想的な始端エッジ位置と比較して後ろにずれている場合を示す。入力信号のサンプル値( $y_{k-3}$ 、 $y_{k-2}$ 、 $y_{k-1}$ 、 $y_k$ )を(4.2、3.2、1.2、0.2)とし、(式2)および(式3)からパスAと入力信号との距離Paと、

パスBと入力信号との距離Pbとは、(式10)および(式11)の様に求まる。

(式10)

$$Pa = (4.2 - 4)^2 + (3.2 - 3)^2 + (1.2 - 1)^2 + (0.2 - 0)^2 = 0.16$$

(式11)

$$Pb = (4.2 - 5)^2 + (3.2 - 5)^2 + (1.2 - 3)^2 + (0.2 - 1)^2 = 7.76$$

始端エッジのズレ量とズレ方向は、上述した  $|Pa - Pb| - Pstd$  を算出することで求めることができる。

(式12)

$$E1 = |Pa - Pb| - Pstd = |0.16 - 7.76| - 10 = -2.4$$

[0168] (式12)から求まるE1の絶対値が、ズレ量であり、その符号がズレ方向である。すなわち、図19(a)の場合、 $E1 = -2.4$ と検出できるため、2.4だけ始端エッジ位置が基準より後ろにずれていると判断できる。

[0169] なお上述した説明は簡単のために、1つのデータにより判断しているが、実際には所定の領域における同一パターンから平均値E(X)を算出することにより判断する。

[0170] 同様に、図19(b)は、記録マークB1の始端エッジ位置が理想的な始端エッジ位置と比較して、前にずれている場合である。入力信号のサンプル値( $y_{k-3}$ 、 $y_{k-2}$ 、 $y_{k-1}$ 、 $y_k$ )を(3.8、2.8、0.8、-0.2)とし、 $E2 (= |Pa - Pb| - Pstd)$ を算出すると、 $E2 = 2.4$ と算出することができる。よって、図19(b)の場合、2.4だけ始端エッジ位置が基準より前にずれていると判断できる。

[0171] 図20は、Pattern-1における再生波形と記録マークのズレとの相関を示す。図20では、パスBが正解の状態遷移パスとする。

[0172] 図20(a)は、記録マークの始端エッジが理想的な始端エッジと比較して後ろにずれている場合を示す。入力信号のサンプル値( $y_{k-3}$ 、 $y_{k-2}$ 、 $y_{k-1}$ 、 $y_k$ )を(5.2、5.2、3.2、1.2)とし、 $E3 (= |Pa - Pb| - Pstd)$ を算出すると、 $E3 = 2.4$ と算出することができる。よって、図20(a)の場合、2.4だけ始端エッジ位置が基準より後ろにずれていると判断できる。

[0173] 図20(b)は、記録マークの始端エッジ位置が理想的な始端エッジ位置と比較して、前にずれている場合を示す。入力信号のサンプル値( $y_{k-3}$ 、 $y_{k-2}$ 、 $y_{k-1}$ 、 $y_k$ )を(4.

8、4.8、2.8、0.8)とし、 $E4(= |Pa - Pb| - Pstd)$ を算出すると、 $E4 = -2.4$ と算出することができる。よって、図20(b)の場合、2.4だけ始端エッジ位置が基準より前にずれていると判断できる。

[0174] パスAが正解の場合(図19参照)と、パスBが正解の場合(図20参照)では、記録マークの始端エッジのズレ方向を示す符号の表現が反対である。これは、正解パスおよびもう一つの候補パスそれぞれの期待値系列と、入力信号の系列との関係に依存する。図19(b)、図20(a)を参照して説明したように、入力信号の系列が、正解ではないパスの期待値系列との誤差を大きく持つ場合は、(式12)で算出される値は正の符号を持つ値となる。言い換えれば、入力信号の系列と、正解ではないパスの期待値系列との差が大となるほど、最尤復号では、エラーが発生しにくい状況であることを示す。この場合、(式12)では正符号の値として算出される。この特徴を考慮して、記録マークの始端エッジ位置のズレ方向を検出すればよい。

[0175] Pattern-1において、パスAが正解の場合は、Pattern-1は、2Tスペースと4Tマーク以上の長さのマークとの組み合わせの始端エッジの検出時に用いられるパターンであり、パスBが正解の場合は、Pattern-1は、3Tスペースと3Tマーク以上の長さのマークとの組み合わせの始端エッジの検出時に用いられるパターンである。

[0176] 以上のような方法を用いて、各記録マークの始末端パターンごとの積算値または平均値を求め、エッジ位置のずれ量が0に近づくように記録パラメータを設定すれば、最尤復号方法に最適な記録制御が可能となる。

[0177] また、ここで重要なのは、ディスク上に形成されたマークの始端または終端位置が、基準位置よりも後ろにずれているのか、基準位置よりも手前にずれているのかを判断することである。その判断のために、どのパターンのエッジがずれているのか検出する必要があり、パターン毎にずれ量を検出する。

[0178] 図19、図20を参照して説明したように、記録マークパターンの始端エッジのズレ方向を示す符号の表現が反対であるので、例えば、マークが基準より短い場合は、マイナス符号、マークが基準位置より長い場合は、プラス符号とするようにする。この法則に従って、各マーク長の始端及び終端ごとに、上記エラー値を解析すれば、対照マーク長の始末端の長短が検出でき、修正方向がわかる。また、その検出された値

の絶対値から修正量も予測できる。

- [0179] また、図19に示すようにパスAが正解の場合は、再生信号( $\Delta$ 印)が図19(a)に示す経路よりも図19(b)に示す経路を通るような傾向でマーク始端位置が調整されてもよい。再生信号とパスAとが一致するように調整されることが理想であるが、実際の動作時には再生信号とパスAとの間には若干のずれが生じ得る。このように再生信号波形が乱れた場合でも、不正解のパスBからより離れた経路を再生信号が通るように調整されていれば、誤ってパスBを選択してしまう確率を低くすることができる。
- [0180] 同様に、図20に示すようにパスBが正解の場合は、再生信号が図20(b)に示す経路よりも図20(a)に示す経路を通るような傾向でマーク始端位置が調整されてもよい。このように調整しておけば、再生信号波形が乱れた場合でも、不正解のパスAからより離れた経路を再生信号が通るように調整されているので、誤ってパスAを選択してしまう確率を低くすることができる。
- [0181] ここで、記録パラメータの最適化について説明する。記録符号の最小極性反転間隔を $m$  (本実施形態では、 $m=2$ )とする。記録媒体上に形成されるマークの始端位置は、そのマーク直前のスペースの幅とそのマーク自身の幅に依存する。例えば、直前のスペース幅が $mT$ から $(m+b)T$ である場合は、マークの始端位置は直前のスペース幅に依存する。直前のスペース幅が $(m+b)T$ より大きい場合は、マークの始端位置は直前のスペース幅に依存しない。自身のマーク幅が $mT$ から $(m+a)T$ である場合は、マークの始端位置は自身のマーク幅に依存する。自身のマーク幅が $(m+a)T$ より大きい場合は、マークの始端位置は自身のマーク幅に依存しない。
- [0182] また記録媒体上に形成されるマークの終端位置は、マーク自身の幅と直後のスペースの幅に依存する。例えば、自身のマーク幅が $mT$ から $(m+a)T$ である場合は、マークの終端位置は自身のマーク幅に依存する。自身のマーク幅が $(m+a)T$ より大きい場合は、マークの終端位置は自身のマーク幅に依存しない。また、後続のスペース幅が $mT$ から $(m+b)T$ である場合は、マークの終端位置は後続のスペース幅に依存する。後続のスペース幅が $(m+b)T$ より大きい場合は、マークの終端位置は後続のスペース幅に依存しない。ただし $a, b$ は0以上の整数であり、記録符号の最大極性反転は $m+a, m+b$ よりも大きいとする。

- [0183] 上記のようなマークの始端位置および終端位置の依存性を考えると、始端パラメータ $T_{sfp}$ の最適化は、幅が $(m+b)T$ 以下のスペースが隣接しているマークについて行う必要がある。また、終端パラメータ $T_{elp}$ の最適化は、幅が $(m+a)T$ 以下のマークについて行う必要がある。
- [0184] 図21は、最適化が必要とされる記録パラメータの一覧を示す。簡単のために $m=3$ 、 $a=b=3$ とすると、32とおりの記録パターンに対応するパラメータの最適化が必要となる。例えば $2T_s2T_m$ は、 $2T$ マークの直前に $2T$ スペースが存在するパターンであることを意味する。
- [0185] 図22は、最適化が必要とされる記録パラメータを特定8パターンの中の何れのパターンで検出するかを示す。すなわち、各記録パターン(すなわちエッジパターン)を、上記8パターン(Pattern-1~Pattern-8)のうちどのパターンで検出を行うかが示される。
- [0186] 例えば、 $2T_s3T_m$ (図21参照)は、P3Aのパターンで、記録マークの始終端パターンに対応する信号のずれ量の検出を行うことを意味する。P3Aは、Pattern-3で、パスAが正解の状態遷移パスであるパターンを意味する。
- [0187] また、 $3T_s3T_m$ (図21参照)は、P1Bまたは、P4Aのパターンでずれ量の検出を行うことを意味する。P1Bは、Pattern-1で、パスBが正解の状態遷移パスであるパターンを意味し、P4Aは、Pattern-4で、パスAが正解の状態遷移パスであるパターンを意味する。
- [0188] 以上のことから、最尤復号に最適な記録パラメータを制御する方法とは、記録マークの始終端パターン(図22参照)のそれぞれに対応する信号のずれ量が、すべて0に近づくように、記録パラメータを変化させることである。
- [0189]  $2T_s2T_m$ ( $2T$ マーク立ち上がりで、直前に $2T$ スペースがあるパターン)と、 $2T_m2T_s$ ( $2T$ マーク立ち下がりで、直後に $2T$ スペースがあるパターン)は、上記8パターン(Pattern-1~Pattern-8)では、検出不可であるため、他の方法でエッジシフト量を最適化する必要がある(図22参照)。しかし、 $2T_s2T_m$ と $2T_m2T_s$ を含むパターンは、信頼性 $P_a-P_b$ の値が比較的大きいパターンであるため、上記8パターンには含まれていない。言い換えれば、 $2T_s2T_m$ と $2T_m2T_s$ のエッジ部分は厳密に最適化しな

くても、最尤復号においては、エラーが発生する可能性が低いと言える。そのため、ディスクごとに最適化するのではなく、適切な初期値を用いてもよい。2Ts2Tmと2Tm2Tsを最適化する場合は、再生信号の位相誤差の積算値が最小となるように最適化してもよい。

[0190] なお上述の説明では、記録パワーの調整方法と記録波形の調整方法について順に説明したが、図23に示す様に、記録パワーの変化に対して指標M\_\_SNの変化は大きく、指標M\_\_SHIFTの変化がやや小さい。また記録波形、特に先頭と最後尾のパルス位置の変化に対して指標M\_\_SHIFTの変化は大きく、指標M\_\_SNの変化は小さい。すなわち、記録パワーの調整に対する記録波形の影響は小さい。なおこの場合の記録波形とは特に先頭のパルスと最後尾のパルスの時間方向の形状を意味する。従って、記録波形の調整に先行して記録パワーの調整を行い、所定の指標M\_\_SNを確保した状態で記録波形の調整を行うことが望ましい。

[0191] 図24Aは、記録パワーの調整を行った後に記録波形の調整を行う、記録パラメータの最適化の手順を示すフローチャートである。図24Aを参照して、記録パワー調整のための記録パワー学習を行った後に、記録波形調整のための記録補償学習を行う(ステップS101およびS102)。記録パワー学習の詳細および記録補償学習の詳細は上述したとおりである。

[0192] 次に、学習により設定された記録条件(記録パワーおよび記録波形)で記録を行う(ステップS103)。記録では、図16に示す学習用記録パターンを用いてもよいし、ランダムな記録パターンを用いてもよい。

[0193] 次に、記録した情報を再生し、再生信号から指標M\_\_SNおよび指標M\_\_SHIFTを計算する(ステップS104)。ステップS105で、計算した指標M\_\_SNと所定値とを比較する。指標M\_\_SNが所定値より大きいことが判定されれば、記録パワーが適切に設定されていないので、ステップS101の処理へ戻り、記録パワー学習を再度実行する。指標M\_\_SNが所定値以下であることが判定されれば、記録パワーが適切に設定されているので、ステップS106へ進む。

[0194] ステップS106では、計算した指標M\_\_SHIFTと所定値とを比較する。指標M\_\_SHIFTが所定値より大きいことが判定されれば、記録波形が適切に設定されていない

ので、ステップS102の処理へ戻り、記録補償学習を再度実行する。指標M\_\_SHIF Tが所定値以下であることが判定されれば、記録波形が適切に設定されているので、これで記録パラメータ調整は完了する。

- [0195] なお、ユーザデータの記録途中でも、動作環境の変化に応じて記録パラメータの再調整が行われてもよい。例えば、光ピックアップ装置に温度センサを取り付け、光ピックアップ装置内の温度変化に応じて記録パラメータの再調整を行ってもよい。また、記録動作中に定期的に指標を計算してモニタし、指標の値が悪化すればその都度リアルタイムで記録パラメータの再調整を行ってもよい。
- [0196] ここで記録パラメータの再調整は、温度変化を検知して一旦記録動作を中断して、図32に示すOPC領域212に移動した後に、図24Aに示したフローチャートに従って行ってもよいし、以下で説明する図24Bや図24Cに示すフローチャートに従って行ってもよい。
- [0197] 図24Bはユーザデータの記録中における記録パワーの最適化の手順を示すフローチャートである。情報記録媒体コントローラ13は温度変化や記録位置変化等を検知して記録動作を一時的に中断し(ステップS201)、光ヘッド部2が記録動作の中断前に記録していた領域に移動する(ステップS202)。次にその領域付近の記録済みのトラックを再生し(ステップS203)、再生信号から指標M\_\_SNを計算する(ステップS204)。次に計算した指標M\_\_SNと所定値とを比較し(ステップS205)、指標M\_\_SNが所定値より大きいことが判定されれば、記録パワーが適切に設定されていないと判断し、記録パワーを変更して記録動作を再開し(ステップS206、S207)、所定の記録の後で再びステップS201に戻る。ステップS205で2回目に計算された指標M\_\_SNが所定値より小さいことが判定されれば、記録パワーが適切に設定されていると判断して終了する。ステップS205で2回目に計算された指標M\_\_SNが所定値より大きいことが判定されれば再度記録パワーを変更して記録を再開する(ステップS206、S207)。
- [0198] なお記録パワーの変更方法としては、例えば1回目の変更で記録パワーを高く設定し、1回目の変更後に計算された指標M\_\_SNと1回目の変更前に計算された指標M\_\_SNの値とを比較し、1回目の変更後の値の方が大きいときには、1回目の変



更前よりも記録パワーを低くする2回目の変更を行う。1回目の変更後の値の方が小さいときには、1回目の変更後よりも記録パワーを高くした2回目の変更を行う。2回目の変更後でも指標M\_\_SNが所定値より大きいことが判定されたときには、例えば合計3回計算された指標M\_\_SNのうちの値が最も小さかった条件の記録パワーに決定する。

[0199] 図24Cはユーザデータの記録中における記録エッジ位置の最適化の手順を示すフローチャートである。情報記録媒体コントローラ13は温度変化や記録位置変化等を検知して記録動作を一時的に中断し(ステップS301)、光ヘッド部2が記録動作の中断前に記録していた領域に移動する(ステップS302)。次にその領域付近の記録済みのトラックを再生し(ステップS303)、再生信号から指標M\_\_SHIFTを計算する(ステップS304)。次に計算した指標M\_\_SHIFTと所定値とを比較し(ステップS305)、指標M\_\_SHIFTが所定値より大きいことが判定されれば、記録エッジ位置が適切に設定されていないと判断し、記録エッジ位置を変更して記録動作を再開し(ステップS306、S307)、所定の記録の後で再びステップS301に戻る。ステップS305で、変更後に計算された指標M\_\_SHIFTが所定値より小さいことが判定されれば、記録エッジ位置が適切に設定されていると判断して終了する。ステップS305で、変更後に計算された指標M\_\_SHIFTが所定値より大きいことが判定されれば再度記録エッジ位置を変更して記録を再開する(ステップS307)。

[0200] なお記録エッジ位置の変更方法としては、例えば1回目の変更で記録エッジ位置を時間軸方向で遅れる側に設定し、1回目の変更後に計算された指標M\_\_SHIFTと1回目の変更前に計算された指標M\_\_SHIFTの値とを比較し、1回目の変更後の値の方が大きいときには、1回目の変更前よりも時間軸方向に進む側に設定する2回目の変更を行う。1回目の変更後の値の方が小さいときには、1回目の変更後よりも時間軸方向に遅れる側に設定する2回目の変更を行う。2回目の変更でも指標M\_\_SHIFTが所定値より大きいことが判定されたときには、例えば合計3回計算された指標M\_\_SHIFTのうちの値が最も小さかった条件の記録エッジ位置に決定する。

[0201] なお記録パワーの再調整とエッジ位置の再調整は続けて実施しても良いし、一方のみを実施しても良いし、温度変化や記録位置変化等が検知される毎に交互に行っ

てもよい。

- [0202] なお指標M\_\_SNとM\_\_SHIFTの計算は同時に行ってもよく、特に記録パワーの再調整とエッジ位置の再調整を続けて実施する場合には、記録パワーを決定した際のM\_\_SHIFTを1回目のM\_\_SHIFTの計算結果としてもよい。
- [0203] 本実施の形態ではOPC領域に戻らないことにより、記録中断の時間を短縮できるとともに、実際にユーザデータを記録する領域に近い領域で記録パワーやエッジ位置の再調整を行うことにより、OPC領域で実施する場合よりもより最適な再調整を行うことができる。
- [0204] また、従来技術では、記録パワーとエッジ位置は、それぞれ別の指標(ジッタ、エラーレート、シンメトリ、波形振幅等)を使って評価していた。このため、記録パワーの評価を行うための処理と、エッジ位置の評価を行うための処理とを別個に行う必要があった。これに対して本発明では、記録パワーとエッジ位置の評価を行うために、最尤復号法から得られる統計的な指標を用い、分散度合い $\sigma$ と平均値 $\mu$ (図3)とを同時に算出することができる。本願発明者らは、記録パワーは分散度合い $\sigma$ に大きく依存し、エッジ位置は平均値 $\mu$ に大きく依存することを見出したので、そのような統計的な指標を算出する一回の処理で、記録パワーの評価とエッジ位置の評価とを同時に行うことができる。これにより、記録パワーおよびエッジ位置の評価を短時間で効率的に行うことができる。
- [0205] また、分散度合い $\sigma$ 、平均値 $\mu$ 、記録パワー、エッジ位置の相関関係が分からない状態では、分散度合い $\sigma$ および平均値 $\mu$ を見ても記録パワーおよびエッジ位置のどちらが悪いのか分からないので、記録パワーおよびエッジ位置を漠然と調整することになり効率が悪い。これに対して、本願発明者らは、記録パワーは分散度合い $\sigma$ に大きく依存し、エッジ位置は平均値 $\mu$ に大きく依存することを見出したので、分散度合い $\sigma$ が悪いときは記録パワーを調整すればよく、平均値 $\mu$ が悪いときはエッジ位置を調整すればよいので、効率よく記録パラメータの調整を行うことができる。また、分散度合い $\sigma$ および平均値 $\mu$ の何れか一方のみが悪いときは、記録パワーおよびエッジ位置の両方を調整する必要がなく、対応する一方のみを調整すればよいので、効率よく記録パラメータの調整を行うことができる。

- [0206] 次に、図25～図27を参照して、記録パワーの調整についてさらに説明する。図25は、記録パワー学習時のテスト記録用に用いられる記録パワー設定a～dを示している。記録パワー設定aから設定dへ向かうにつれて記録パワーが大きくなっている。記録パワー設定a～dそれぞれの条件で順に記録を行い、記録した情報を再生し、指標M\_\_SNを計算する。
- [0207] 図26および図27は、記録パワー設定a～dの条件下で得られた指標M\_\_SNの値を示す図である。縦軸は指標M\_\_SNの値を表し、横軸は記録パワーを表している。この例では、指標M\_\_SNが所定値i以下となるのは記録パワー設定cおよびdであり、記録パワー設定cおよびdの何れかが選択される。ここでは、記録パワー設定cよりも記録パワー設定dの方がパワーが大きい。繰り返し記録を行う光ディスクでは、記録パワーが小さい方が繰り返し記録時の熱ダメージの影響が小さくなり、繰り返し記録可能な回数がより大きくなる。このように、熱ダメージの影響の低減を重視する場合は、記録パワー設定cを選択することが望ましい(図26の黒丸印)。一方、光ディスクの内周付近での試し記録で設定した記録パワーにより外周付近に記録を行う場合には光ディスクの反りにより実効的な照射パワーが低下する可能性がある。また、ディスク表面に傷が付いていたりゴミが付着している場合は、実効的な照射パワーが低下する可能性がある。このような実効的な照射パワーの低下に対してマージンを持たせることを重視する場合は、記録パワー設定dを選択することが望ましい(図27の黒丸印)。
- [0208] 次に、図28～図31を参照して、記録波形の調整についてさらに説明する。図28は、記録波形学習時のテスト記録用に用いられる記録波形設定a～dを示している。記録波形設定aから設定dへ向かうにつれて始端エッジが後方から前方へシフトした記録波形になっている。記録波形設定a～dそれぞれの条件で順に記録を行い、記録した情報を再生し、指標M\_\_SHIFTを計算する。
- [0209] 図29～図31は、記録波形設定a～dの条件下で得られた指標M\_\_SHIFTの値を示す図である。縦軸は指標M\_\_SHIFTの値を表し、横軸は始端エッジ位置パラメータT<sub>sfp</sub>を表している。指標M\_\_SHIFTの値が最も小さくなる(0に近づく)ほど信頼性が高くなるので、記録波形設定a～dの中から指標M\_\_SHIFTの値が最も小さい記

録波形設定bを選択する(図29の黒丸印)。なお、記録波形設定a~dそれぞれの間のシフト量が最小分解能で無い場合は、図30に示すように、指標M\_SHIFTの値0をまたぐ設定bとcの平均値(図30の黒丸印)を、記録波形設定として選択してもよい。これにより、指標M\_SHIFTの値をより0に近づけることができる。

[0210] なお、図31に示すような指標M\_SHIFTの値が0に近い所定範囲j内の値であれば、信頼性の高い記録を行うことができる。本発明の実施形態の説明において記載される指標M\_SHIFTが所定値以下の条件とは、指標M\_SHIFTの値の0からのシフト量(すなわち指標M\_SHIFTの絶対値)が所定値以下であり、所定範囲j内に納まる条件を指している。図31に示す例では、指標M\_SHIFTの値が所定範囲j内になる記録波形設定bおよびcのうち、記録マークがより長くなる記録波形設定cを選択する。光ディスクの内周付近での試し記録で設定した記録波形により外周付近に記録を行う場合には光ディスクの反りにより実効的な照射パワーが低下する可能性がある。また、ディスク表面に傷が付いたりゴミが付着している場合は、実効的な照射パワーが低下する可能性がある。このような実効的な照射パワーの低下に対してマージンを持たせることを重視する場合は、記録波形設定cを選択することが望ましい。

[0211] なお、本発明の記録再生装置100(図4)の各構成要素は、ハードウェアにより実現されてもよいし、ソフトウェアにより実現されてもよい。例えば、整形部8、最尤復号部9、信頼性計算部10、調整部104のうちの少なくとも一つが実行する動作が、コンピュータにより実行可能なプログラム(記録条件調整プログラム)により実現されてもよい。

[0212] また、記録条件調整装置102は、例えば、半導体集積回路、記録条件調整プログラムが記録されたROM、記録条件調整プログラムが(プレ)インストールされたRAM、ダウンロードされた記録条件調整プログラムがインストールされたRAM等、およびこれらの組み合わせにより実現され得る。

[0213] 本発明の実施形態において、記録部103、記録部303は、複数の記録波形で1つのテスト情報を情報記録媒体1に記録する形態を説明したが、記録部103、記録部303は、複数の記録波形で複数のテスト情報を情報記録媒体1に記録しえる。さらに、記録部103、記録部303は、単一の記録波形で1つのテスト情報を情報記録媒体1

に記録しえる。さらに、記録部103、記録部303は、単一の記録波形で複数のテスト情報を情報記録媒体1に記録しえる。

- [0214] さらに、例えば、本発明の実施形態において、指標 $M\_SN$ は、 $|Pa - Pb| - Pstd$ の分散を求め、(式6)で定義されたが、これに限定されない。例えば、 $Pa - Pb$ 、または $|Pa - Pb| - Pstd$ の所定回数の積算値を指標としてもよい。
- [0215] なお、本発明の実施形態において、図2を参照して説明した記録パルスを前提としたが、これに限定されない。例えば、クーリングパルス(ボトムパワーレベル)を必要としない記録媒体への記録波形制御にも適用できる。その場合、書き込みパワーと、消去パワーのみを制御する。
- [0216] さらに、本発明の実施形態において、テスト信号は、上記に限定されない。テストパターンとして、マークとスペースの発生確率が同じであり、比較的長いマーク/スペースと比較的短いマーク/スペースの組み合わせであってもよい。例えば、 $8Tm3Ts8Tm8Ts3Tm8Ts$ の繰り返しパターン、 $7Tm2Ts7Tm7Ts2Tm7Ts$ の繰り返しパターンである。
- [0217] さらに、本発明の実施形態において、記録変調則とPRML方式とは、上記に限定されない。各種記録変調則と、各種特性のPRML方式の組み合わせであってもよい。例えば、(1, 7)Run Length Limited符号とPR(1, 2, 1)ML方式または、PR(1, 2, 2, 2, 1)ML方式等との組み合わせでもよい。CDやDVDで採用されている8-16変調符号と上記PRML方式の組み合わせでもよい。
- [0218] さらに、本発明の実施形態において、 $Pwo$ 、 $Peo$ 、 $Pbo$ を探索するパワー範囲は上記に限定されない。例えば、各パワー探索範囲は、推奨値を中心に $\pm x\%$ (例えば、 $x=10$ )とし、この範囲においても図18に示されたように最適点が検出できない場合は、上限または下限値に設定してもよい。
- [0219] さらに、例えば、本発明の実施形態において、指標 $M\_SHIFT$ は、 $|Pa - Pb| - Pstd$ の平均値を求め、(式7)で定義されたが、これに限定されない。例えば、 $Pa - Pb$ 、または $|Pa - Pb| - Pstd$ の所定回数の積算値を指標としてもよい。
- [0220] なおディスク装着後もしくはデータの記録直前に記録波形と記録波形の調整を行った後に、周囲環境の変化等の対策として、 $M\_SN$ と $M\_SHIFT$ の二乗平均であ

るMを指標としてパワーを変化させても良い。これにより、M\_\_SNもしくはM\_\_SHIF  
Tを改善することができる。

- [0221] またディスク装着後もしくはデータの記録直前にこのような記録波形と記録波形の調整を行った後に、周囲環境の変化等の対策として、直前に記録したデータを再生し、M\_\_SNとM\_\_SHIFTを検出し、例えばM\_\_SNが悪化していればパワーの調整を行い、M\_\_SHIFTが悪化していれば記録波形の調整を行っても良い。
- [0222] 同様に、ディスク装着後もしくはデータの記録直前にこのような記録波形と記録波形の調整を行った際も、調整後にその条件で記録したデータを再生し、M\_\_SNとM\_\_SHIFTを検出し、例えばM\_\_SNが悪化していればパワーの再調整を行い、M\_\_SHIFTが悪化していれば記録波形の再調整を行っても良い。
- [0223] なお本発明の実施形態では、データの記録を行う際の記録条件の調整について述べているが、記録条件の調整方法はROMディスクの原盤を作成する場合にも適用することができる。特に相変化記録膜を用いてマスタリングを行う場合には、本実施形態の記録条件の最適化手法を用いることにより、PRML再生に適したカッティング条件をより簡単に決定することができる。
- [0224] なお、M\_\_SNは8%以下が望ましく、M\_\_SHIFTは約4%以下が望ましい。
- [0225] また、M\_\_SNもしくはM\_\_SHIFTもしくはMが所定の値以下となるような記録条件が、情報記録媒体の再生専用領域に予め記載されていても良い。これにより、試し記録を行わない場合でも従来よりもPRML再生に適した記録を行うことができ、試し記録を行う場合でも、例えば記録したデータの再生を行ってM\_\_SN、M\_\_SHIFTの確認だけを行うという様に、調整を簡単化することができる。
- [0226] また、本発明の記録条件調整処理により得られた記録条件を、情報記録媒体の所定の領域(例えば管理情報記録領域)に記録しておいても良い。この領域には、記録条件として、分散の度合いおよび平均値が所定の値より小さくなるような記録条件や、分散の度合いが所定の値より小さくなるような記録条件、平均値が所定の値より小さくなるような記録条件、分散の度合いの2乗と平均値の2乗との和の平方根の値が所定の値より小さくなるような記録条件のうちの少なくとも1つを情報記録媒体に記録しておき、次の試し記録を行う機会にこれらの情報を参照することで、記録条件調

整処理を簡単化することができる。

[0227] 図32は、最適化された記録条件が記録される情報記録媒体1を示す図である。情報記録媒体1は、リードイン領域201とユーザデータ領域202とリードアウト領域203とを備えている。ユーザデータの記録再生はユーザデータ領域202に対して行われる。テスト記録は、リードイン領域201が備えるOPC (Optimum Power Calibration) 領域212で行われる。リードイン領域201およびリードアウト領域203は、情報記録媒体1にアクセスするのに必要なパラメータが格納された管理情報記録領域211を備えている。管理情報記録領域211は、記録条件を記録しておくための記録条件記録領域221を備え、最適化された記録条件はこの記録条件記録領域221に記録される。

[0228] また、本発明の記録条件調整処理は、例えば、テスト記録→再生信号品質評価→記録条件調整→本記録の順に行われ得る。この場合は、第2の情報(ユーザデータ)を記録するのに先立って、第1の情報(ダミーデータ)がテスト記録される。この場合は、第1の情報と第2の情報とは異なる情報で有り得る。また、別の実施形態では、記録条件調整処理は、本記録→記録条件更新→再生信号品質評価→記録条件調整→本記録の順に行われ得る。この場合は、第1の情報(ユーザデータ)を記録している最中で、温度や湿度の変化により記録条件を更新し、更新された記録条件で第2の情報(ユーザデータ)を記録する。このとき、第1の情報をより最適な記録条件で記録し直す場合(第1の情報=第2の情報)と、第1の情報に基づいて更新された後の記録条件で第2の情報を記録する場合(第1の情報≠第2の情報)とがある。このように、記録条件調整処理のために用いる情報(第1の情報)と、調整後に記録される情報(第2の情報)との関係は様々であり、本発明は第1の情報と第2の情報との関係について特に限定するものではない。

[0229] また、本発明では、所定の記録条件にて記録された情報を再生して得られる再生情報を取得し、再生情報を評価することで記録条件を調整する。評価に用いられた指標から得られる第一の要素にもとづいて記録波形に関する記録条件を調整する。また、評価に用いられた指標から得られる第一の要素とは独立した第二の要素にもとづいて記録位置に関する記録条件を調整する。記録条件を評価できる指標の中に

は、たとえばM指標のように、独立関係にある複数の要素が潜在し、各要素にはそれぞれに向けた調整対象がある。本発明は、このような指標潜在要素の抽出と、それと相性のよい調整対象との関係を規定している。

[0230] 以上のように、本発明の好ましい実施形態を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。本明細書において引用した特許、特許出願および文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されているのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

#### 産業上の利用可能性

[0231] 本発明にかかる光ディスクの記録再生装置は、再生信号処理に最尤復号法を用いた処理系において、復号性能と相関のある再生信号評価指標を用いて、記録時の記録信号のパワーおよび形状の最適化を行うことで記録状態を最適化でき、再生時のエラーを最小とすることができる。また、本方式は従来の記録波形制御に用いてきたジッタ、アシンメトリ、BER等の再生信号品質指標と比較して、記録波形の変化に対する再生波形の変化を精度良く検出できるため、最適な記録パラメータの設定を精度良く行うことができる。このように、最適な記録パラメータを精度良く決定できることから、クロスパワーによる性能劣化を最小限に抑えることができ、同じ規格の光ディスクドライブ装置、光ディスク媒体の互換を安定にとるのに有用である。

[0232] 従来、最適な記録パラメータを精度良く決定、設定する為に、従来のジッタ、アシンメトリ、BER等の再生信号評価指標では、適切なパラメータを精度良く求めることができなかった。

[0233] 本発明において、最尤復号アルゴリズムの数ある状態遷移パターンのうち、再生波形のエッジ付近に係わる状態遷移パターン(ユークリッド距離が最小パターン)のみのメトリック期待値誤差(指標M\_\_SN、指標M\_\_SHIFT、指標M)を用いて記録状態を検出することにより、記録パラメータの制御を行い記録状態を最適化する。また、



記録のパワー制御をさらに精度良く行うために、試し記録時に用いるテスト信号は、記録波形の変化に対する再生波形の変化を精度良く検出できる特殊パターンを用いる。

## 請求の範囲

- [1] 情報記録媒体から再生された第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成する整形部と、
- 前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成する最尤復号部と、
- 前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算する計算部と、
- 前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する調整部と
- を備えた記録条件調整装置。
- [2] 前記調整部は、前記分散の度合いが小さくなるように前記記録信号のパワーを調整する、請求項1に記載の記録条件調整装置。
- [3] 前記調整部は、前記分散の度合いが所定値以下となるように前記記録信号のパワーを調整する、請求項1に記載の記録条件調整装置。
- [4] 前記調整部は、前記第3の指標の平均値に基づいて前記記録信号のエッジの位置を調整する、請求項1に記載の記録条件調整装置。
- [5] 前記調整部は、前記平均値の絶対値が小さくなるように前記記録信号のエッジの位置を調整する、請求項4に記載の記録条件調整装置。
- [6] 前記調整部は、前記平均値の絶対値が所定値以下となるように前記記録信号のエッジの位置を調整する、請求項4に記載の記録条件調整装置。
- [7] 前記調整部は、前記第3の指標の平均値に基づいて前記記録信号のエッジの位置を調整し、
- 前記調整部は、前記分散の度合いが所定値以下で、前記平均値の絶対値が所定値より大きい場合は、前記平均値の絶対値が所定値以下となるように、前記記録信号のパワーよりもエッジの位置を優先して調整し、

前記調整部は、前記平均値の絶対値が所定値以下で、前記分散の度合いが所定値より大きい場合は、前記分散の度合いが所定値以下となるように、前記記録信号のエッジの位置よりもパワーを優先して調整する、請求項1に記載の記録条件調整装置。

- [8] 情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成するステップと、

前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成するステップと、

前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算するステップと、

前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整するステップと

を包含する記録条件調整方法。

- [9] 記録条件の調整処理を実行させるためのプログラムであって、

前記記録条件の調整処理は、

情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成するステップと、

前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成するステップと、

前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算するステップと、

前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記

録するための記録信号のパワーを調整するステップと  
を包含するプログラム。

[10] 情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から第1デジタル信号を生成する再生部と、

記録条件調整装置と  
を備えた情報記録装置であって、  
前記記録条件調整装置は、

前記第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成する整形部と、

前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成する最尤復号部と、

前記最尤復号部が最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、前記最尤復号部が2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算する計算部と、

前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する調整部と

を備え、

前記情報記録装置は、前記記録信号のパワーの調整結果に基づいて前記情報記録媒体に第2の情報を記録する記録部をさらに備えた、情報記録装置。

[11] 情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整する記録条件調整方法に用いられる情報

記録媒体であって、

前記分散の度合いが所定の値より小さくなるような記録条件を記録するための領域を有する情報記録媒体。

- [12] 情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の平均値に基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のエッジ位置を調整する記録条件調整方法に用いられる情報記録媒体であって、

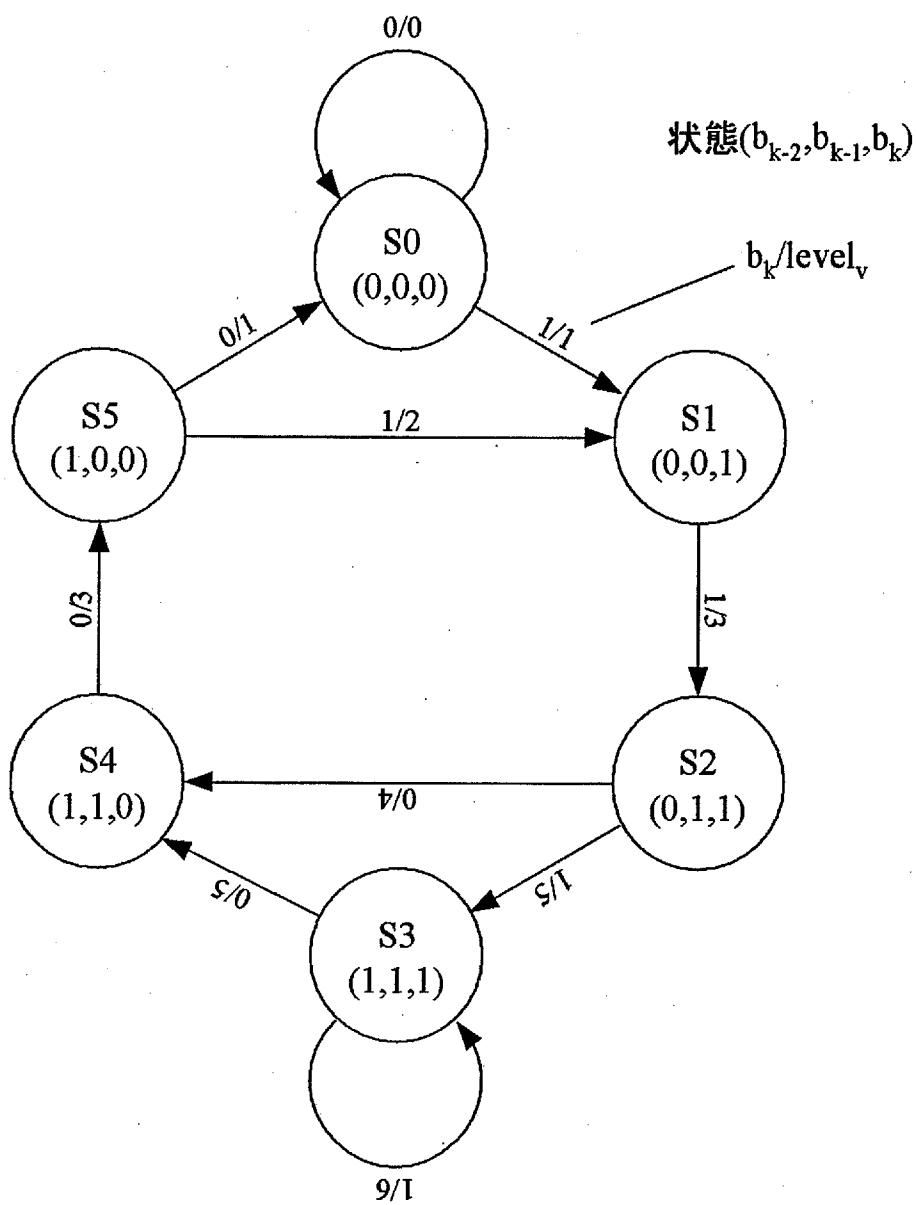
前記平均値が所定の値より小さくなるような記録条件を記録するための領域を有する情報記録媒体。

- [13] 情報記録媒体から再生した第1の情報を示すアナログ信号から生成された第1デジタル信号を受け取って、前記第1デジタル信号の波形を整形して第2デジタル信号を生成し、前記第2デジタル信号を最尤復号し、最も確からしい2値化信号を生成し、最も確からしいと判断した第1状態遷移列の確からしさを表す第1の指標と、2番目に確からしいと判断した第2状態遷移列の確からしさを表す第2の指標とを計算するとともに、前記第1の指標と前記第2の指標との差に基づいて得られる第3の指標を計算し、前記第3の指標の分散の度合いに基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のパワーを調整し、前記第3の指標の平均値に基づいて、前記情報記録媒体に第2の情報を記録するための記録信号のエッジ位置を調整する記録条件調整方法に用いられる情報記録媒体であって、

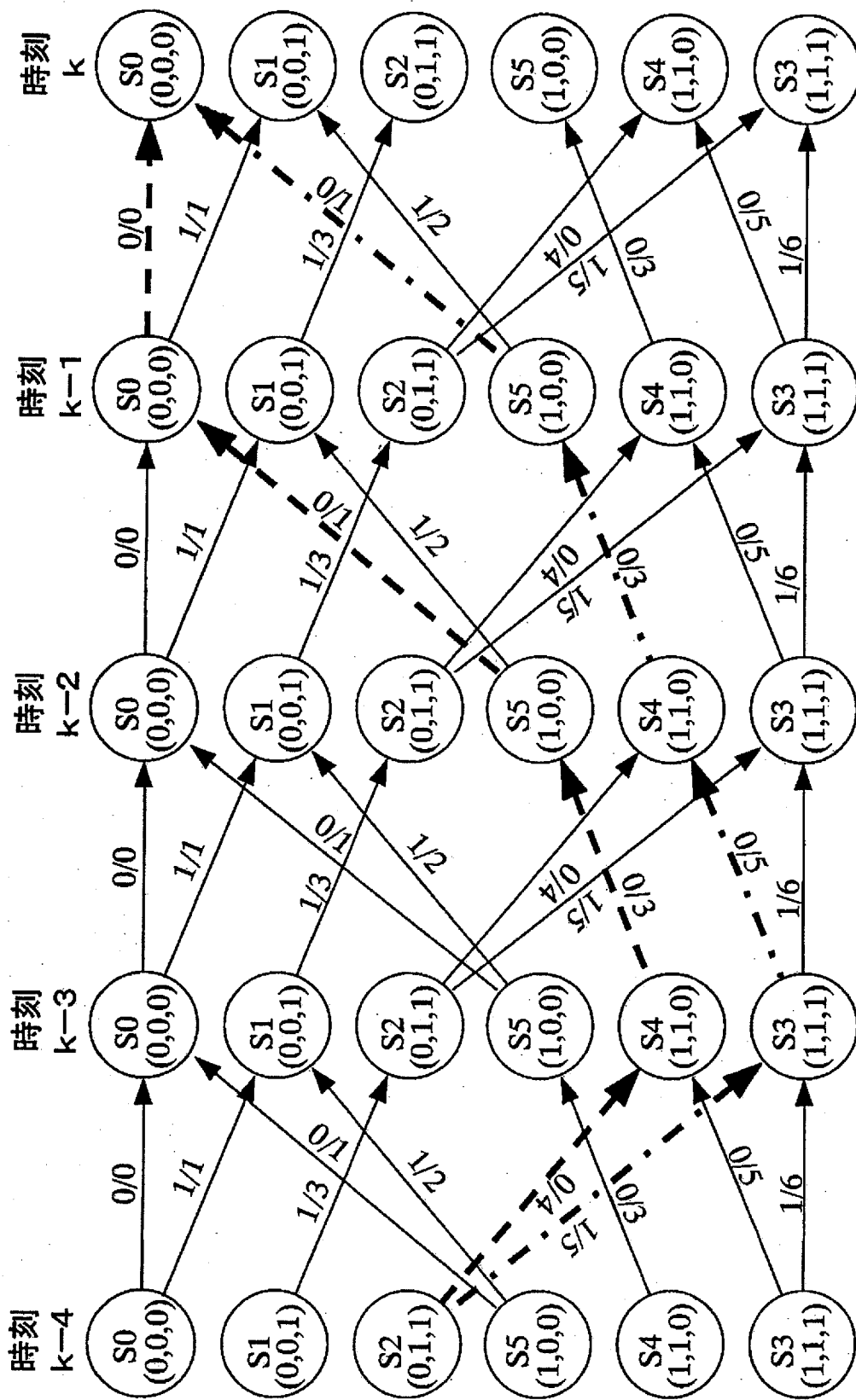
前記分散の度合いが所定の値より小さくなるような記録条件、前記平均値が所定の値より小さくなるような記録条件、および前記分散の度合いの2乗と前記平均値の2乗との和の平方根の値が所定の値より小さくなるような記録条件のうちの少なくとも1つを記録するための領域を有する情報記録媒体。

- [14] 所定の記録条件にて記録された情報を再生して得られる再生情報を取得し、前記再生情報を評価することで前記記録条件を調整する方法であって、  
前記評価に用いられる指標から得られる第一の要素に基づいて記録パワーを調整するパワー調整ステップと、  
前記パワー調整工程の前または後に、前記評価に用いられた指標から得られる第二の要素に基づいて記録位置を調整する位置調整ステップと  
を包含する記録条件調整方法。
- [15] 前記評価に用いられる指標は統計的な指標であり、  
前記第一の要素は、前記指標の分散の度合いに関する情報であり、  
前記第二の要素は、前記指標の平均値に関する情報である、請求項14に記載の記録条件調整方法。
- [16] 前記第一の要素が第一の条件を満たし、前記第二の要素が第二の条件を満たさない場合は、前記記録位置を調整し、  
前記第一の要素が前記第一の条件を満たさず、前記第二の要素が前記第二の条件を満たす場合は、前記記録パワーを調整する、請求項14に記載の記録条件調整方法。

[図1]

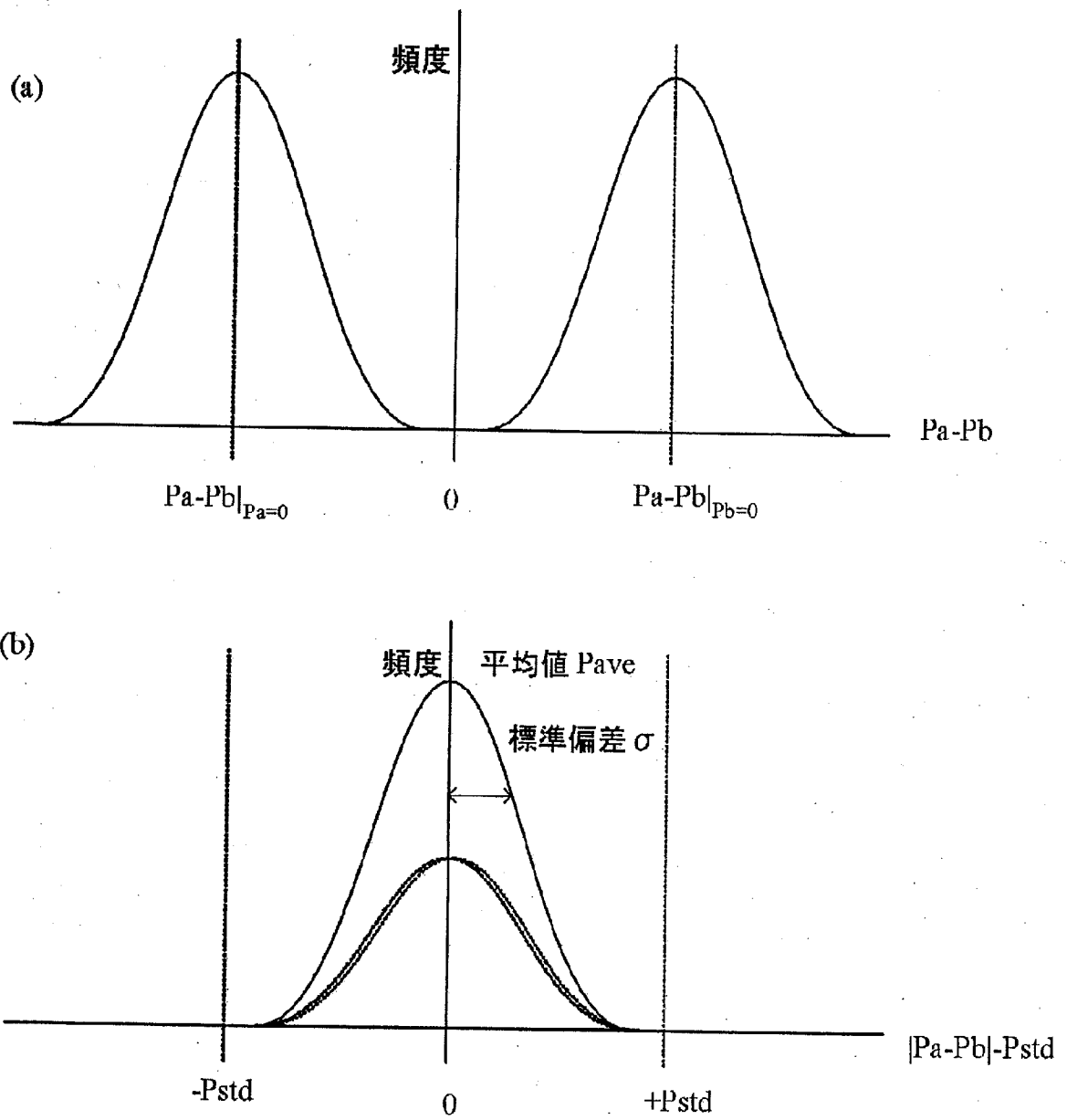


[圖2]

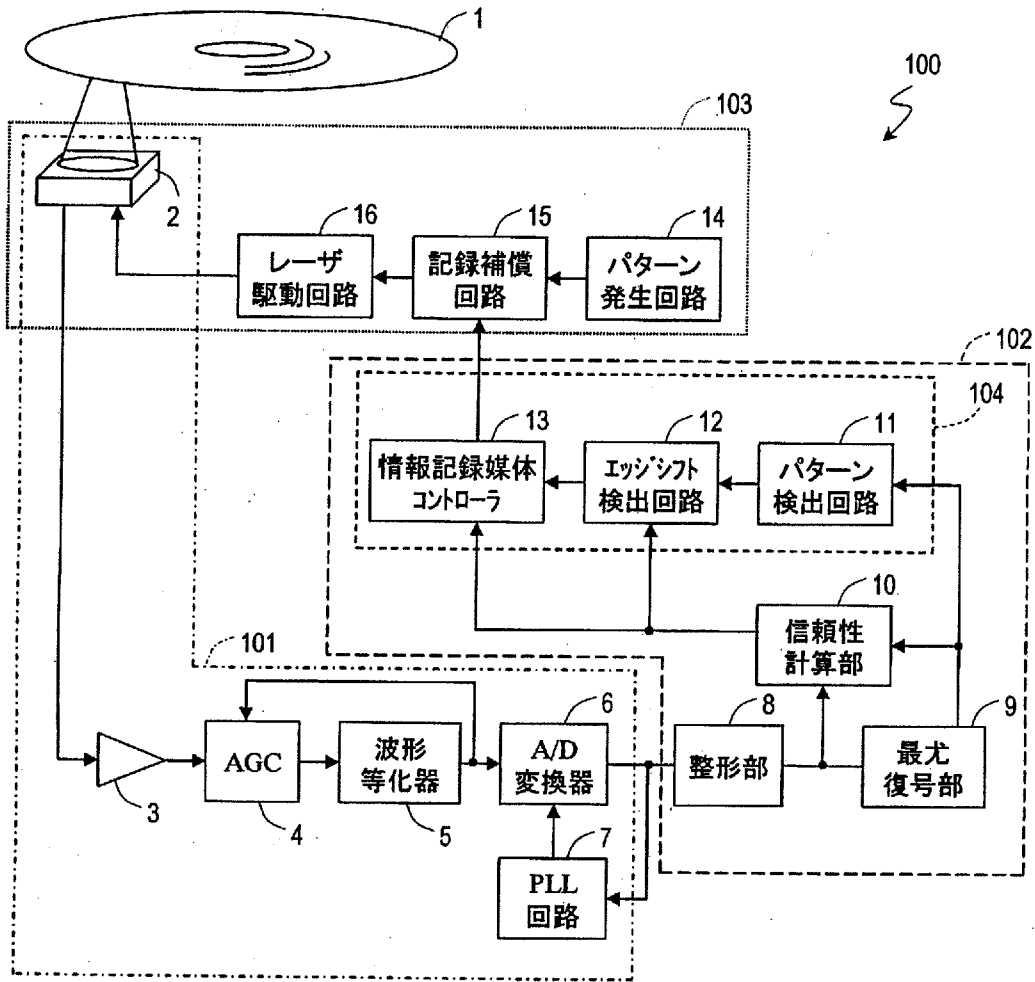




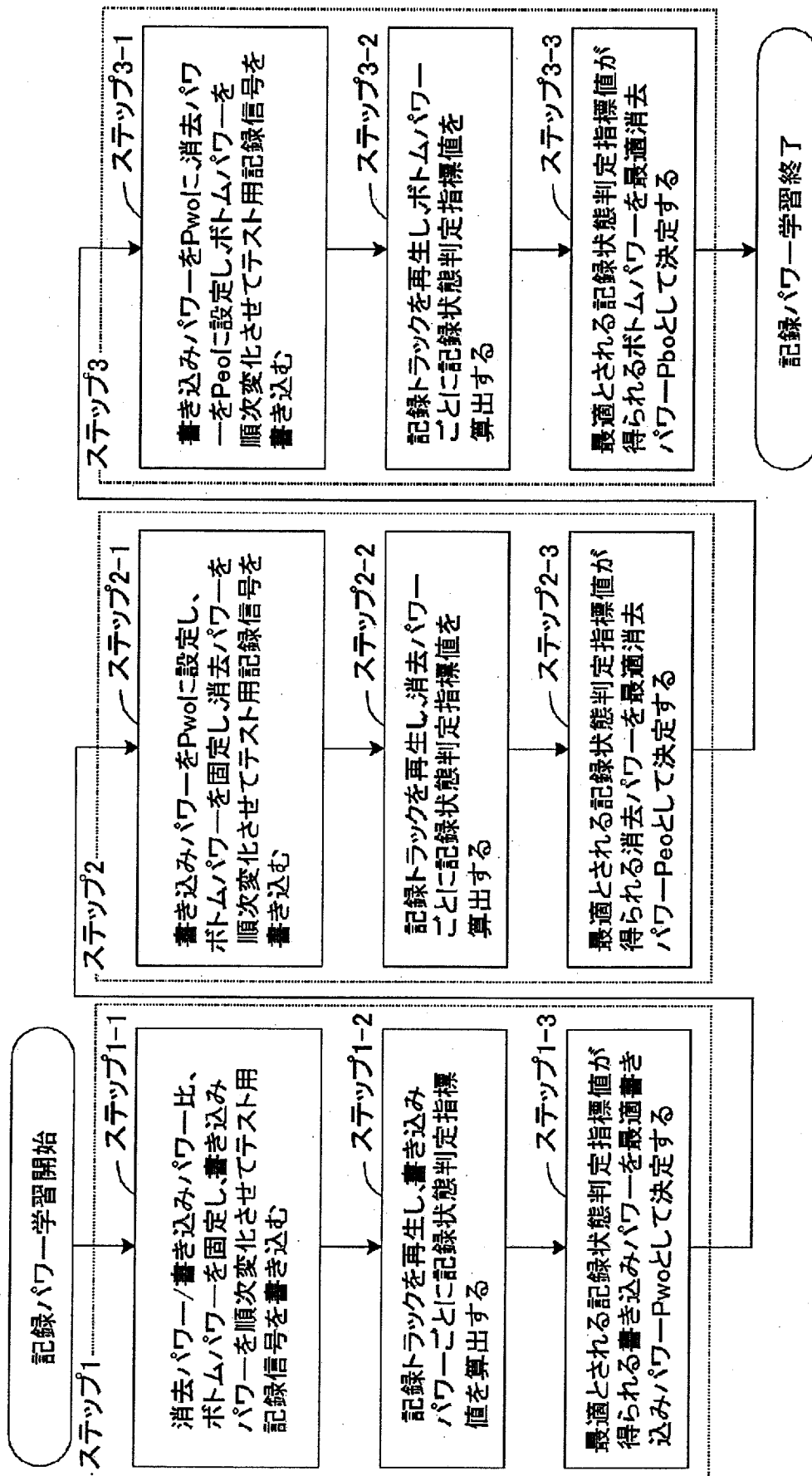
[図3]



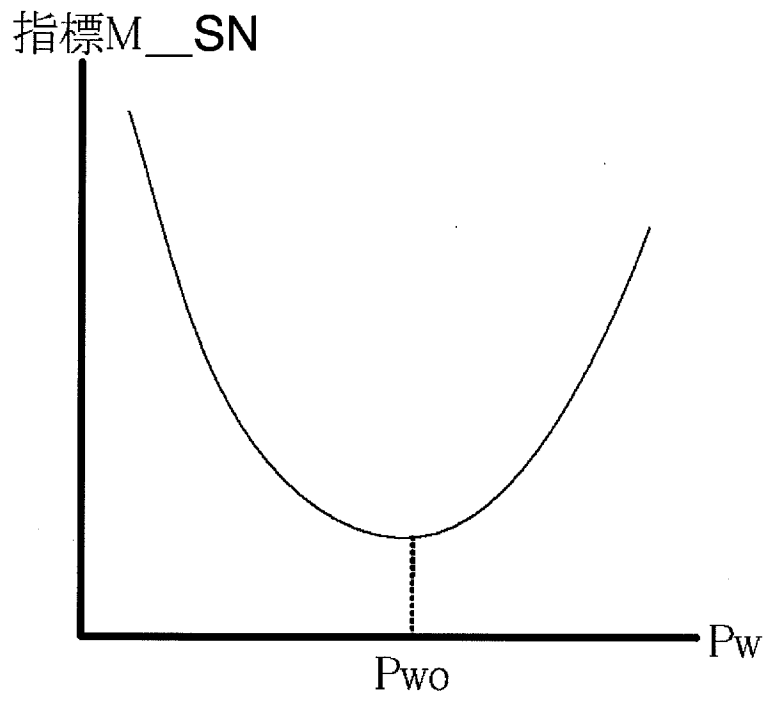
[図4]



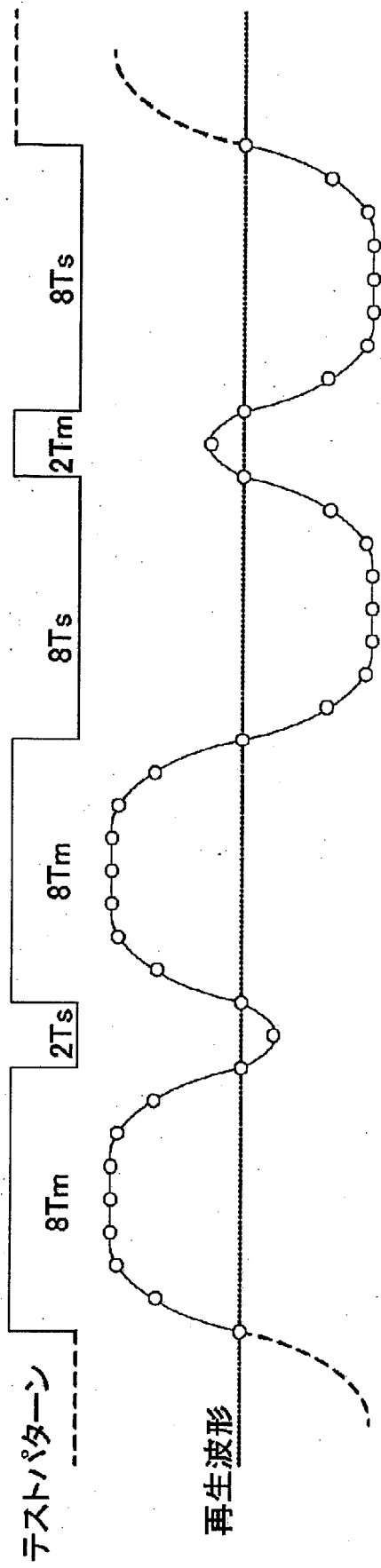
[図5]



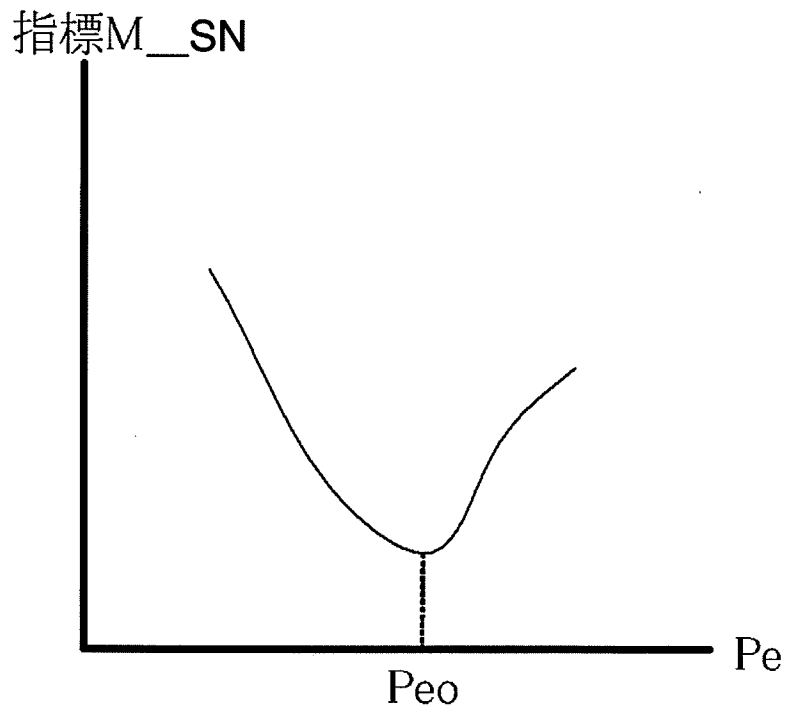
[図6]



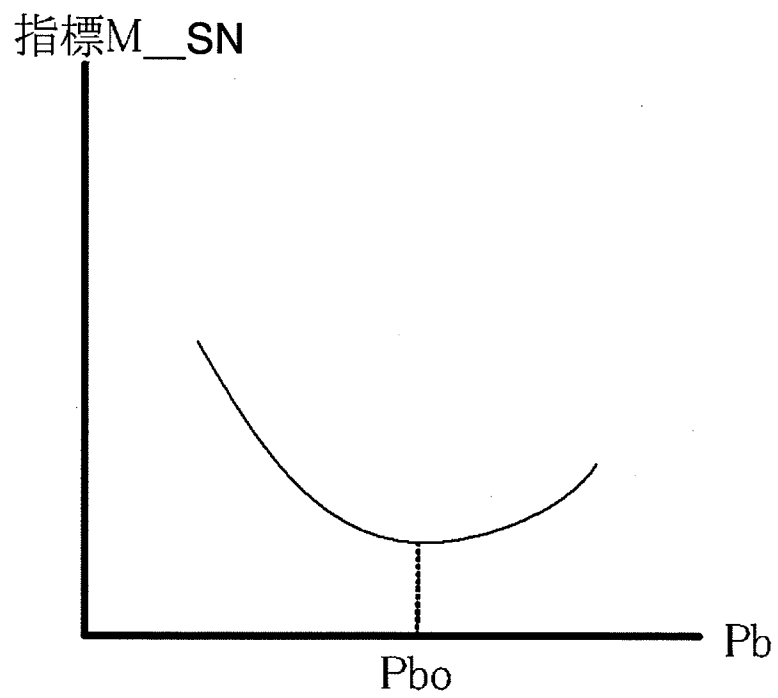
[図7]



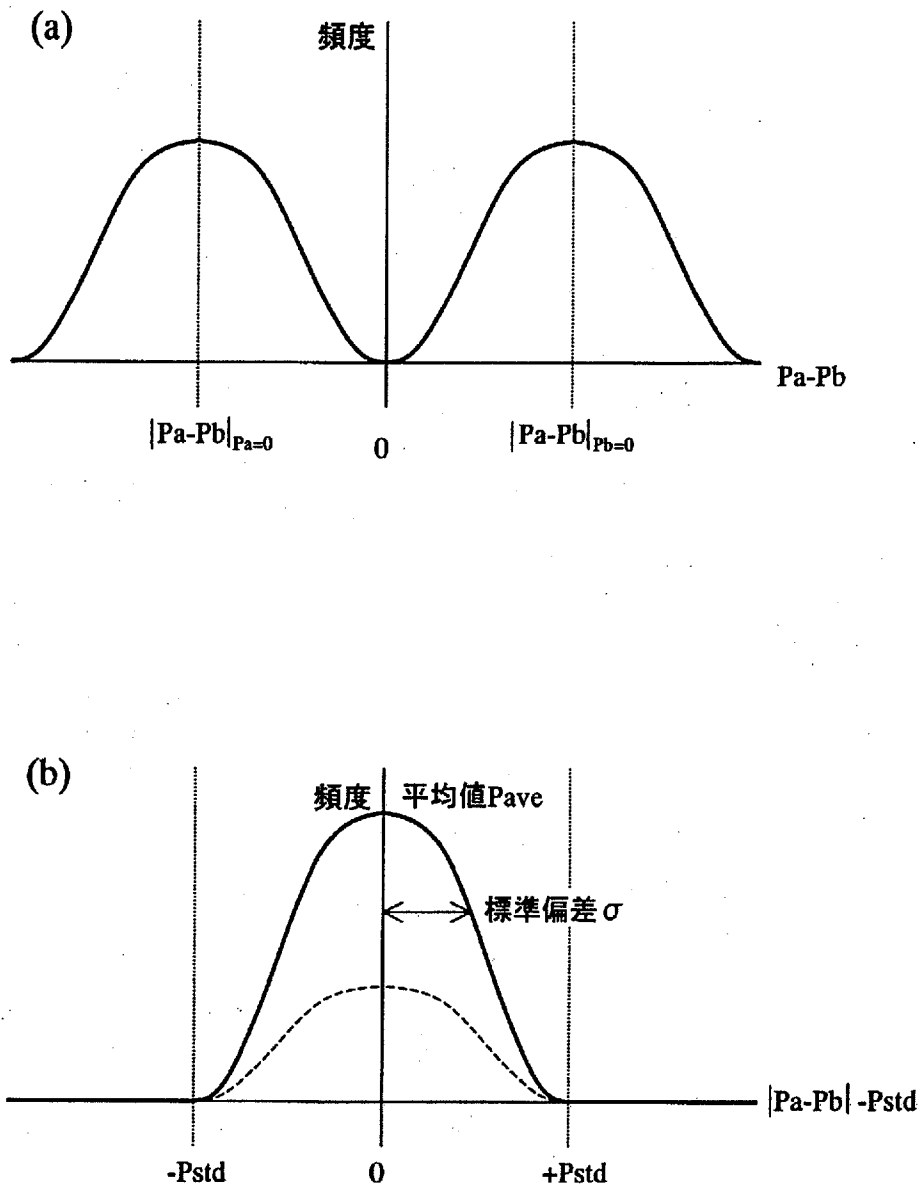
[図8]



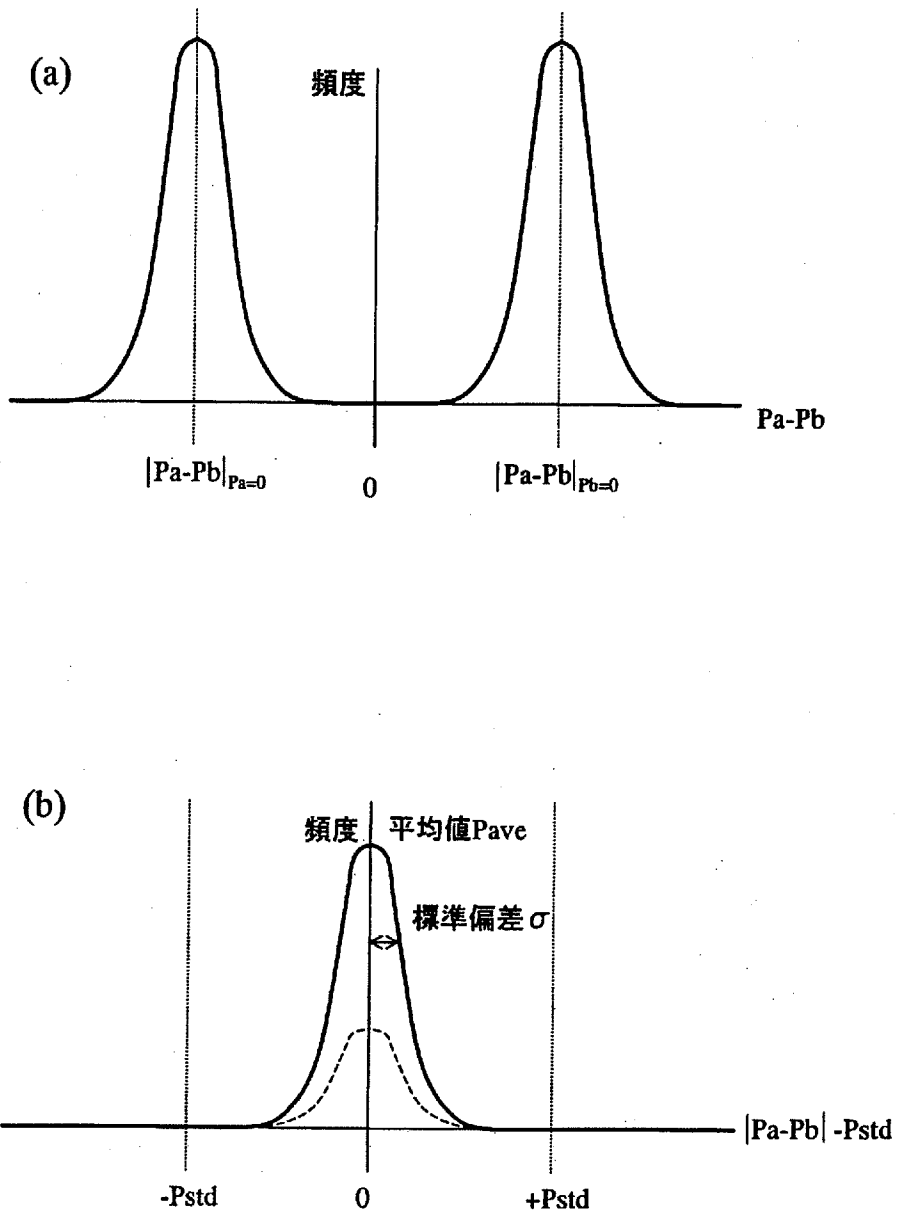
[図9]



[図10]

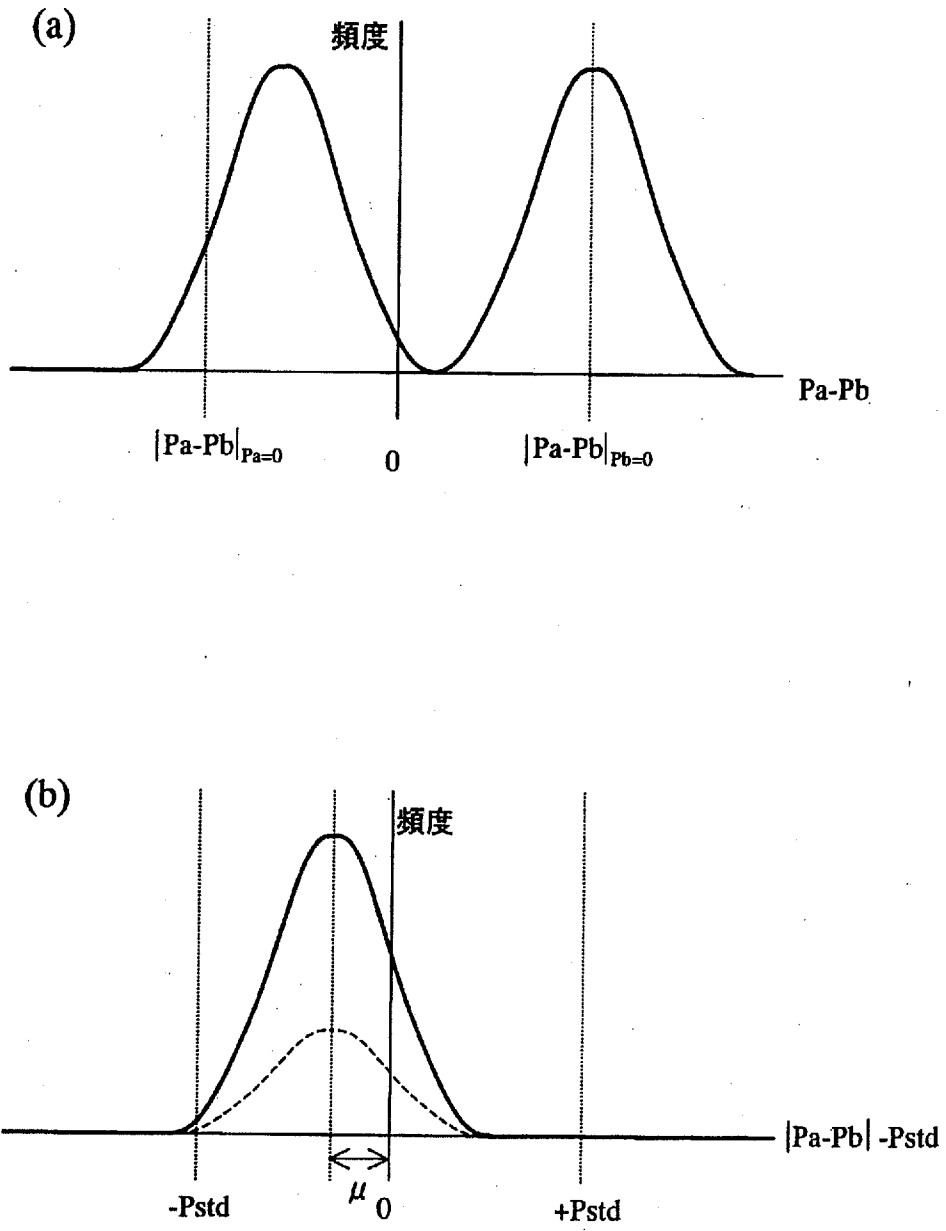


[図11]

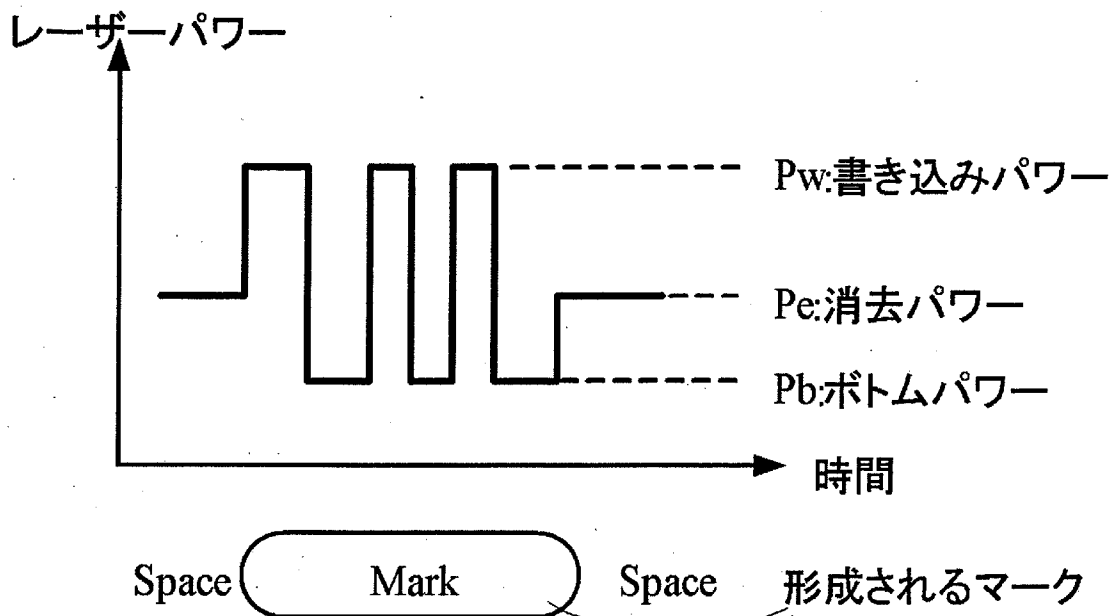




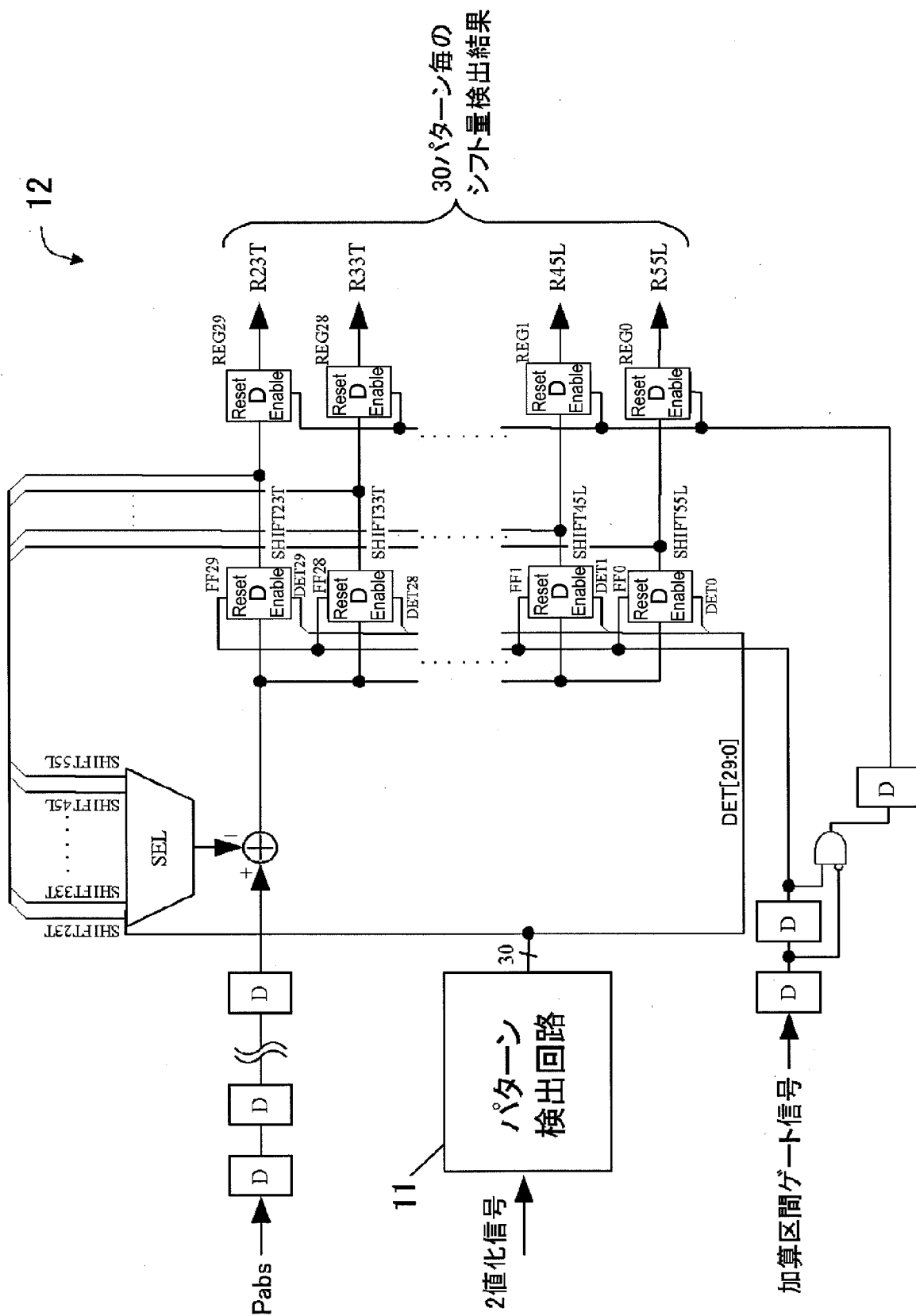
[図12]



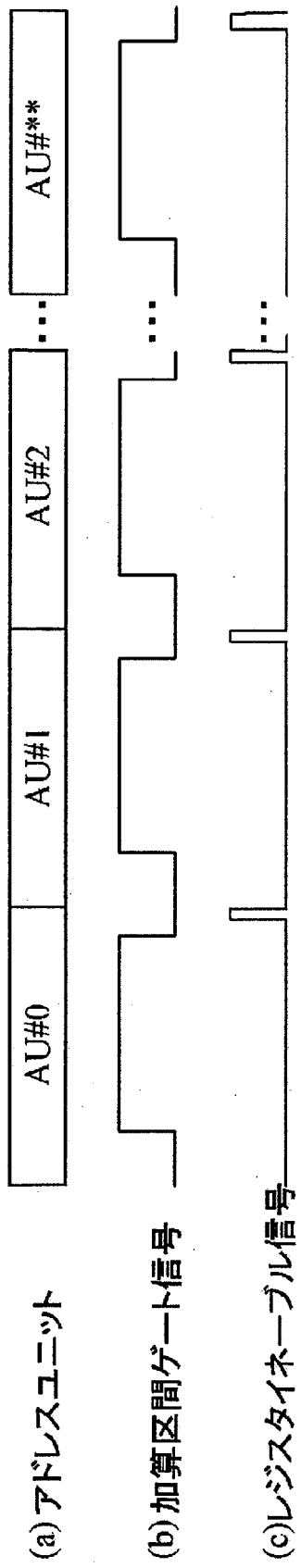
[図13]



[図14]



[図15]



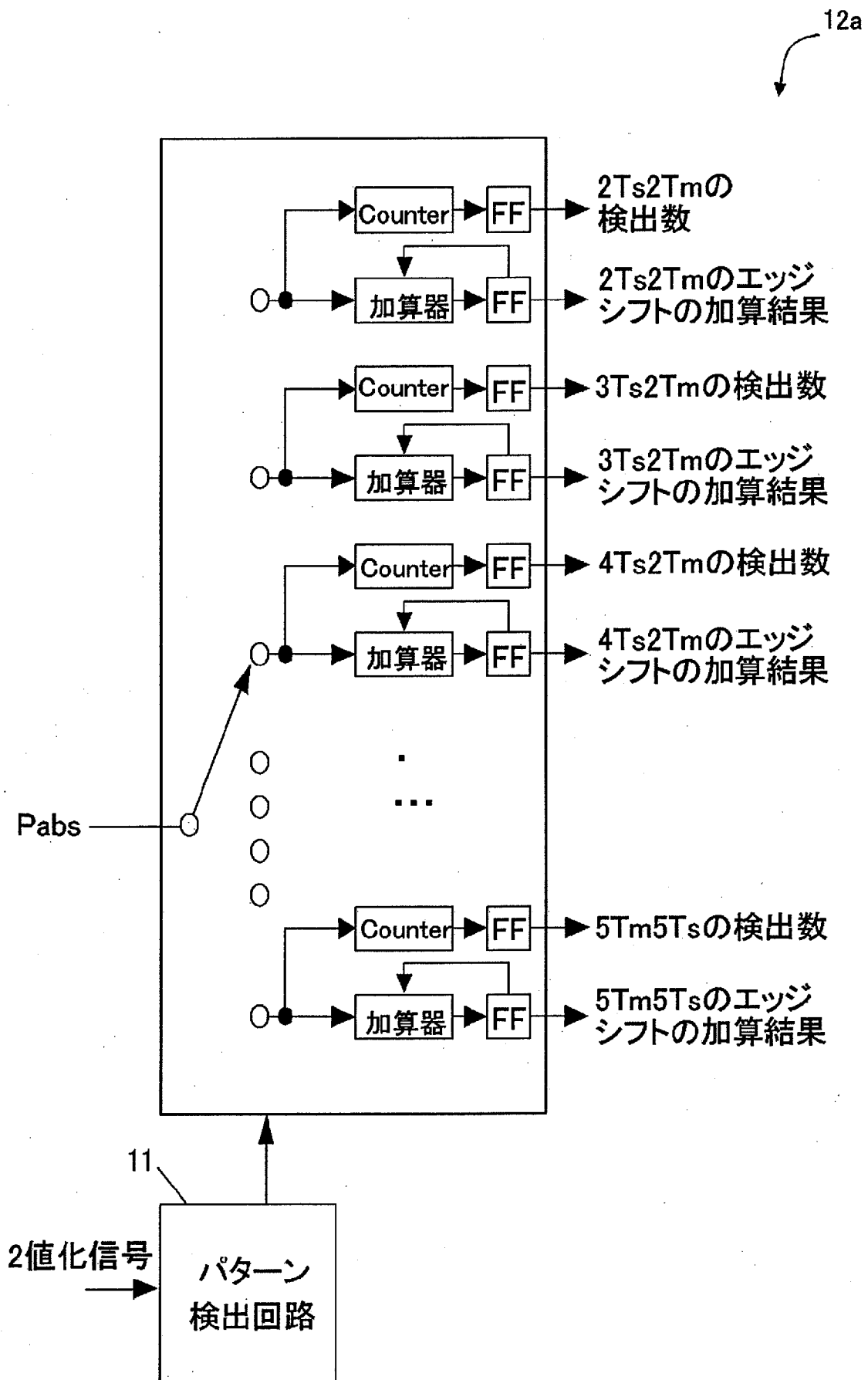
[図16]

## 学習用記録パターン

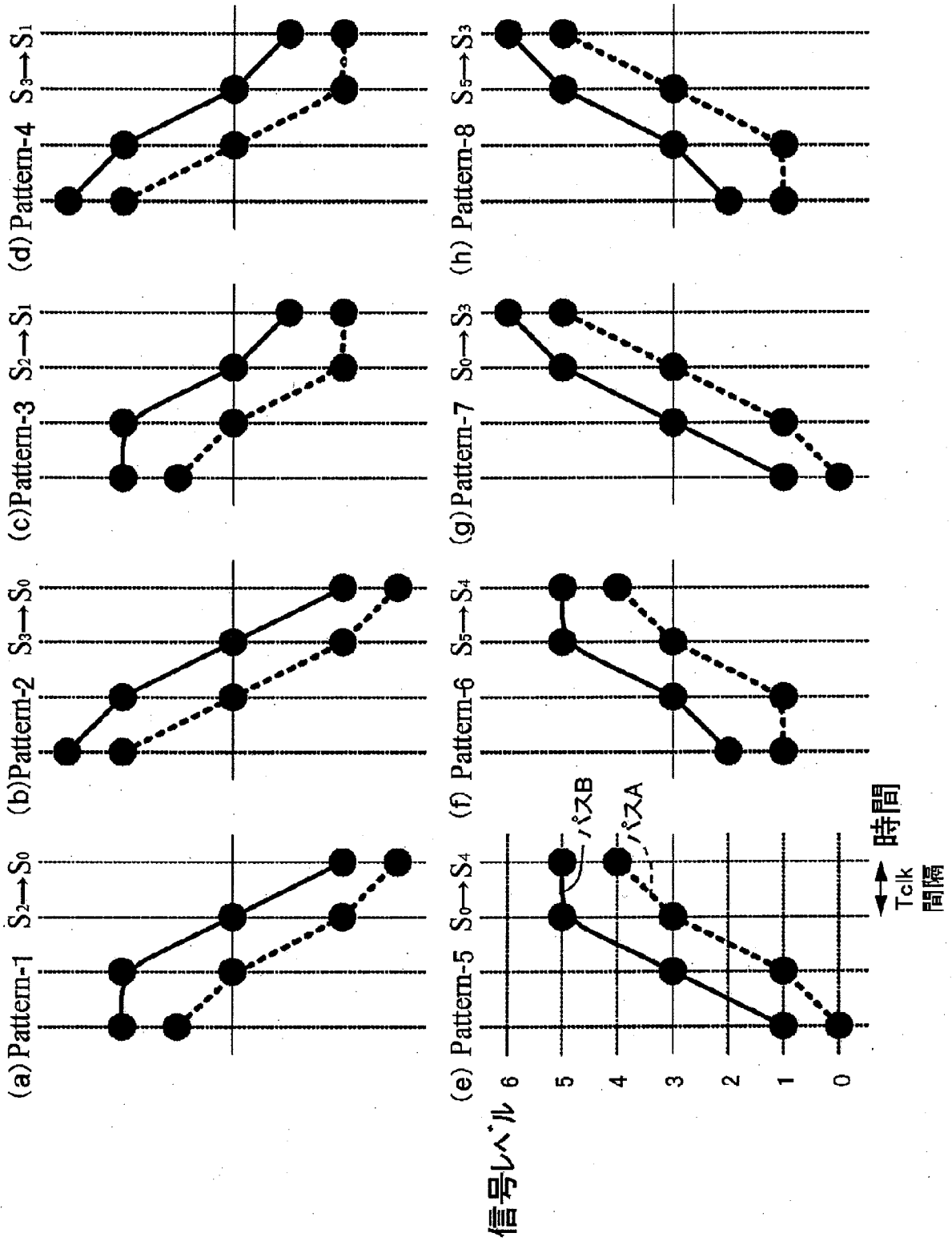
2M3S2M4S2M5S3M2S3M3S3M4S3M5S4M  
2S4M3S4M4S4M5S5M2S5M3S5M4S5M5S

11000110000111001110001110000111000001111001111  
0001110000111100000111100111100011110000111110000

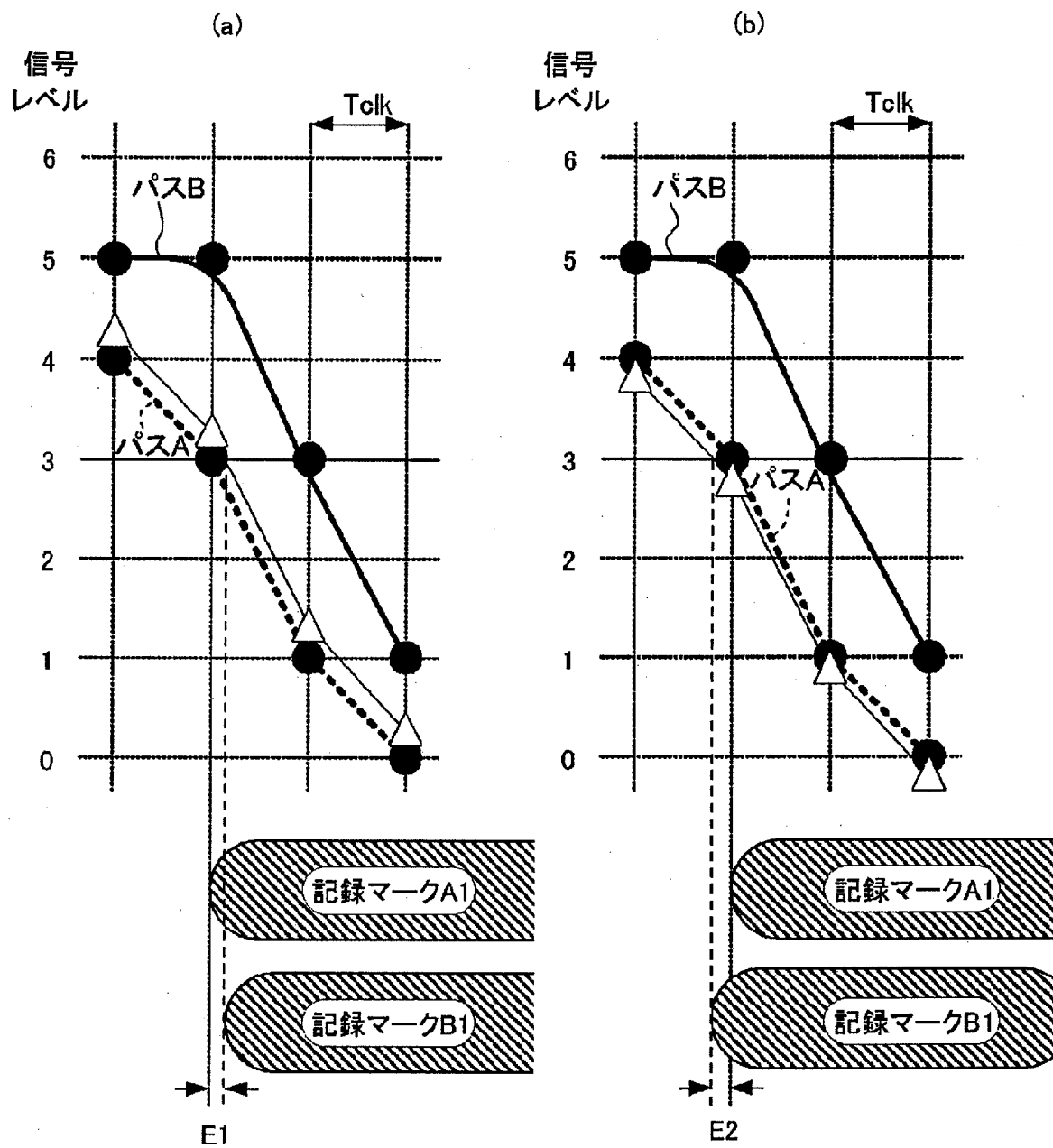
[図17]



[図18]

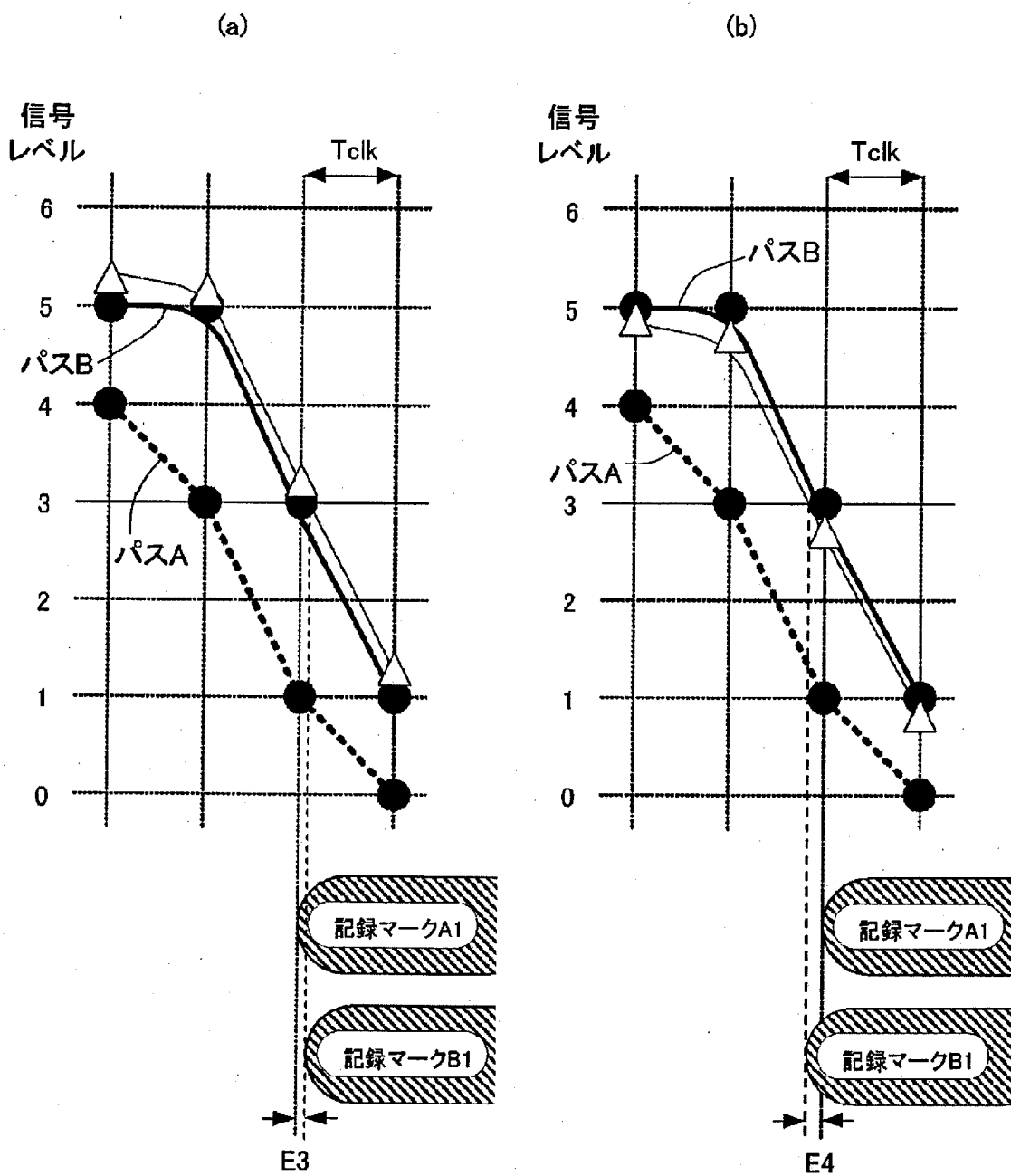


[図19]





[図20]



[図21]

| Tsfp  | 2Tm    | 3Tm    | 4Tm    | 5Tm以上  |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 2Ts   | 2Ts2Tm | 2Ts3Tm | 2Ts4Tm | 2Ts5Tm |
| 3Ts   | 3Ts2Tm | 3Ts3Tm | 3Ts4Tm | 3Ts5Tm |
| 4Ts   | 4Ts2Tm | 4Ts3Tm | 4Ts4Tm | 4Ts5Tm |
| 5Ts以上 | 5Ts2Tm | 5Ts3Tm | 5Ts4Tm | 5Ts5Tm |

| Telp  | 2Tm    | 3Tm    | 4Tm    | 5Tm以上  |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 2Ts   | 2Tm2Ts | 3Tm2Ts | 4Tm2Ts | 5Tm2Ts |
| 3Ts   | 2Tm3Ts | 3Tm3Ts | 4Tm3Ts | 5Tm3Ts |
| 4Ts   | 2Tm4Ts | 3Tm4Ts | 4Tm4Ts | 5Tm4Ts |
| 5Ts以上 | 2Tm5Ts | 3Tm5Ts | 4Tm5Ts | 5Tm5Ts |

[図22]

| Tsfp  | 2Tm | 3Tm     | 4Tm     | 5Tm以上   |
|-------|-----|---------|---------|---------|
| 2Ts   |     | P3A     | P1A     | P1A     |
| 3Ts   | P3B | P1B/P4A | P1B/P2A | P1B/P2A |
| 4Ts   | P4B | P2B/P4A | P2B/P2A | P2B/P2A |
| 5Ts以上 | P4B | P2B/P4A | P2B/P2A | P2B/P2A |

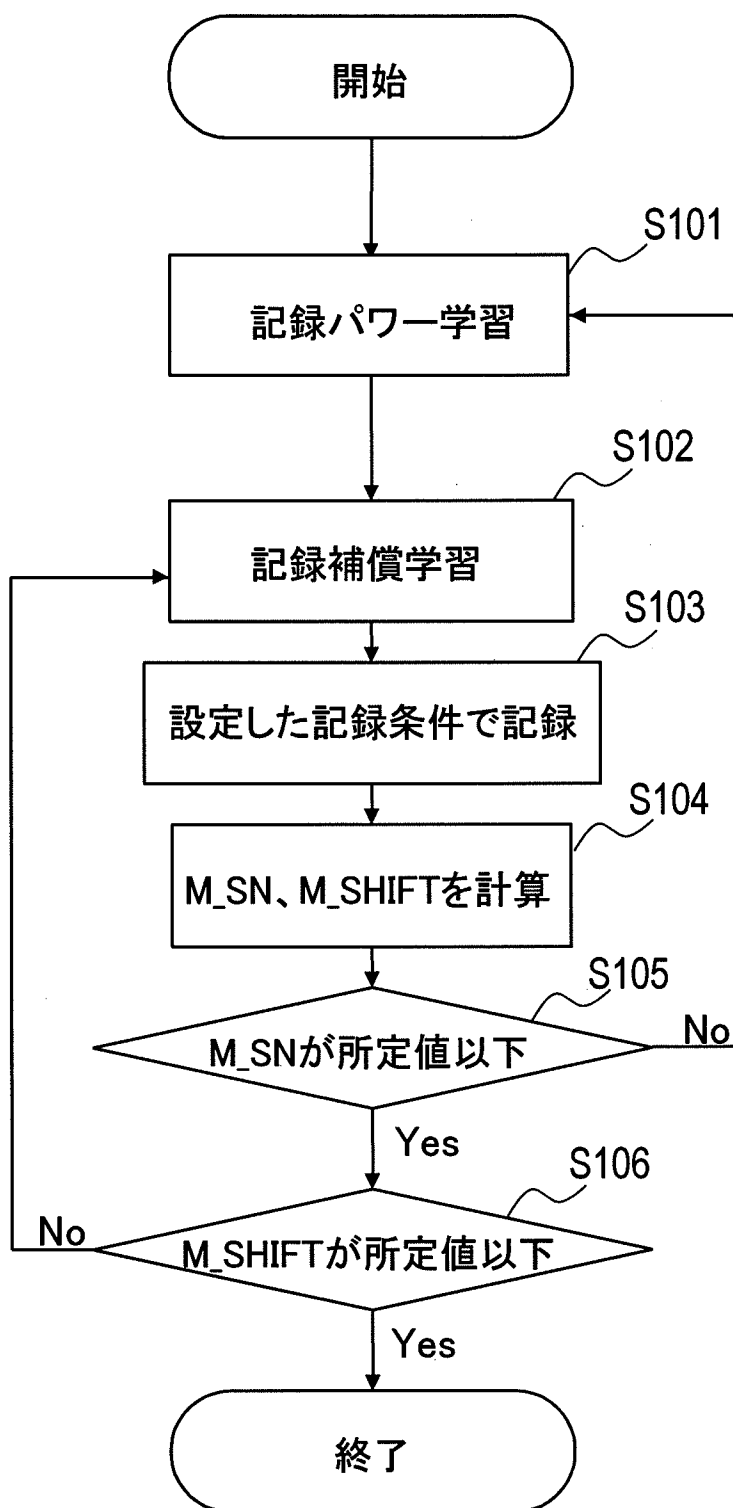
| Telp  | 2Tm | 3Tm     | 4Tm     | 5Tm以上   |
|-------|-----|---------|---------|---------|
| 2Ts   |     | P6A     | P5A     | P5A     |
| 3Ts   | P6B | P5B/P8A | P5B/P7A | P5B/P7A |
| 4Ts   | P8B | P7B/P8A | P7B/P7A | P7B/P7A |
| 5Ts以上 | P8B | P7B/P8A | P7B/P7A | P7B/P7A |

[図23]

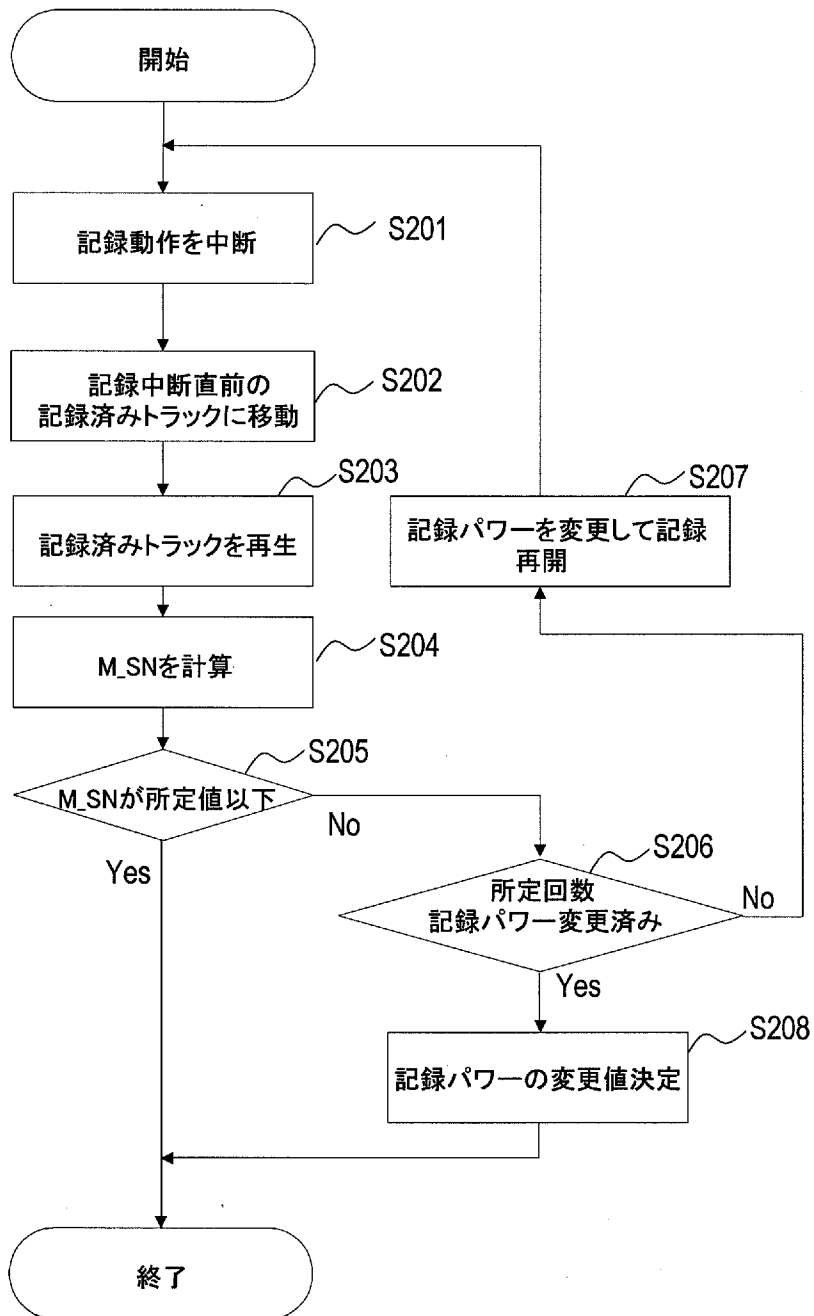
## M\_SN、M\_SHIFTの感度

|       | M_SN | M_SHIFT |
|-------|------|---------|
| パワー調整 | ○    | △       |
| エッジ調整 | ×    | ○       |

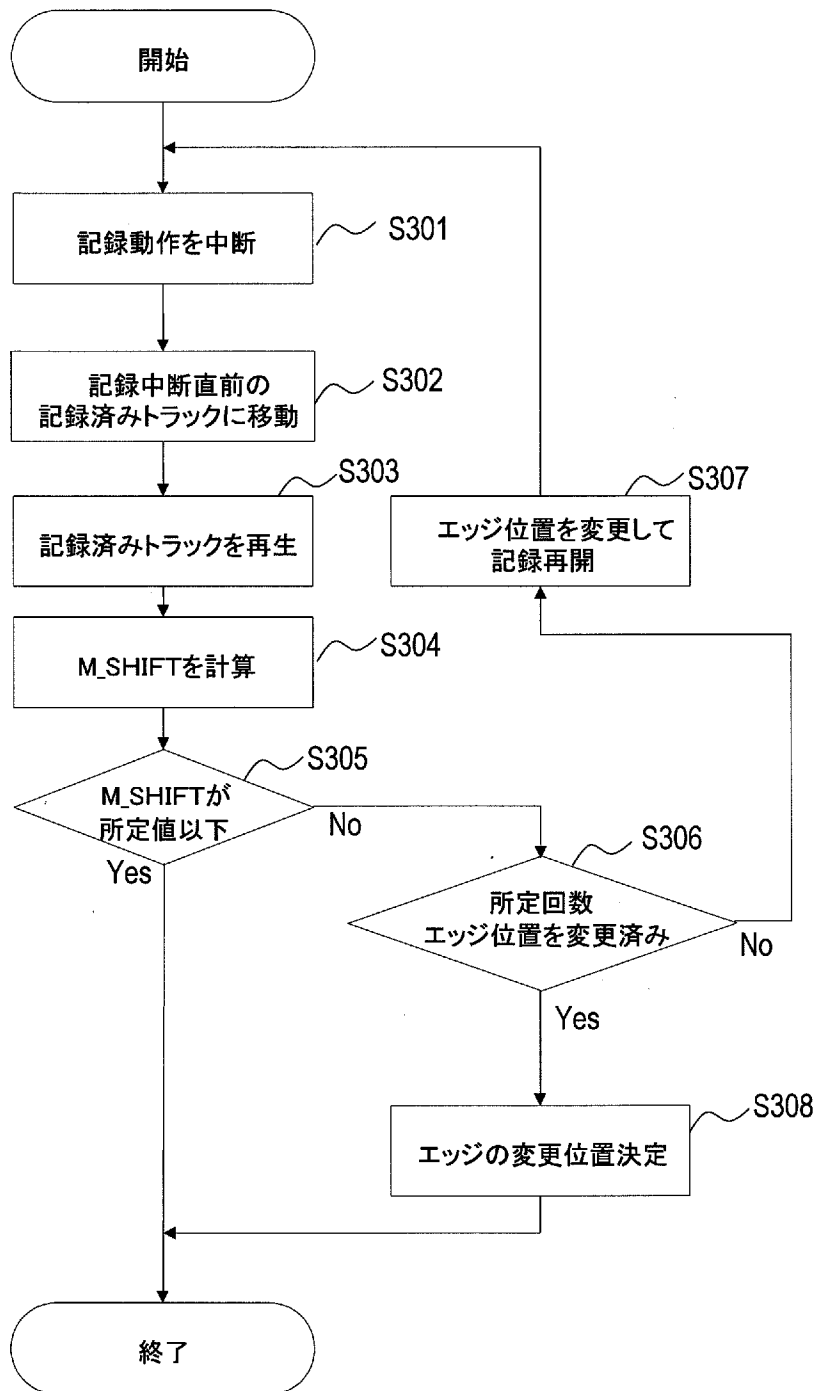
[図24A]



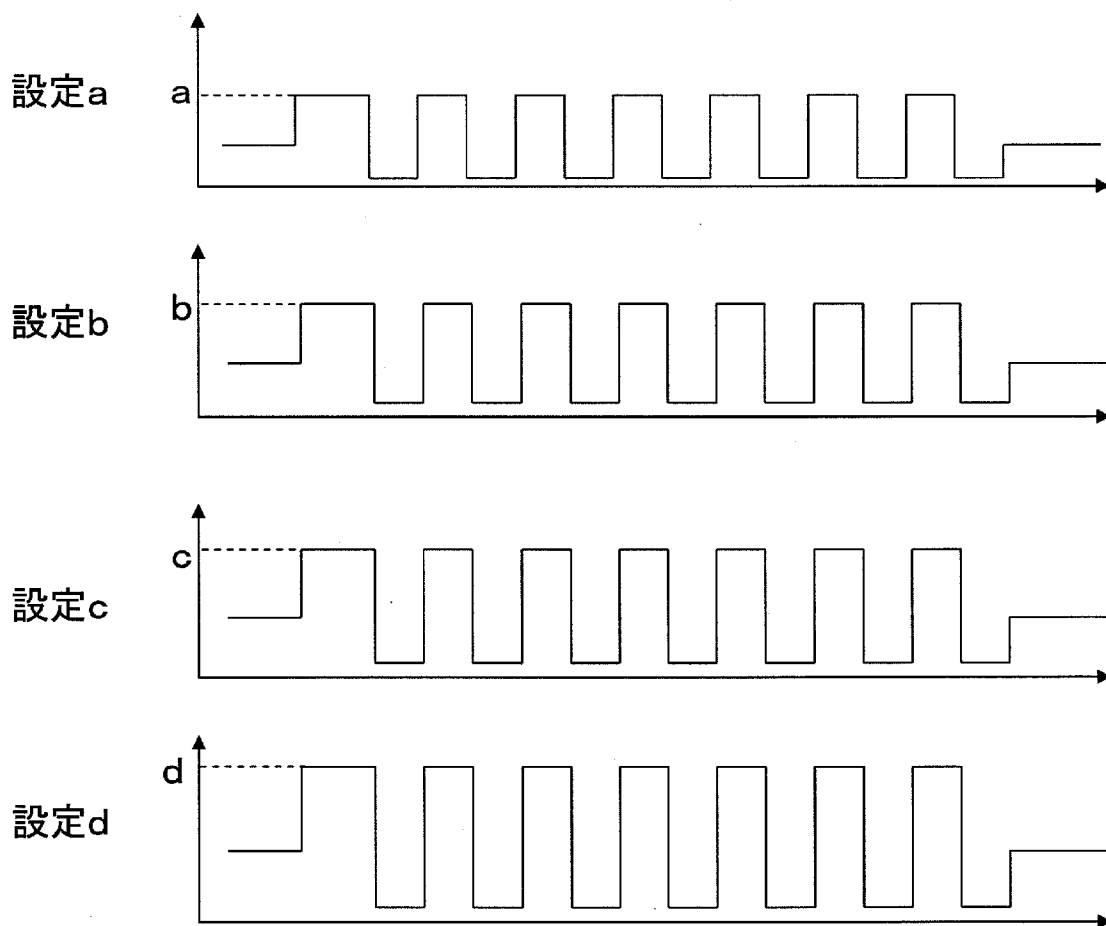
[図24B]



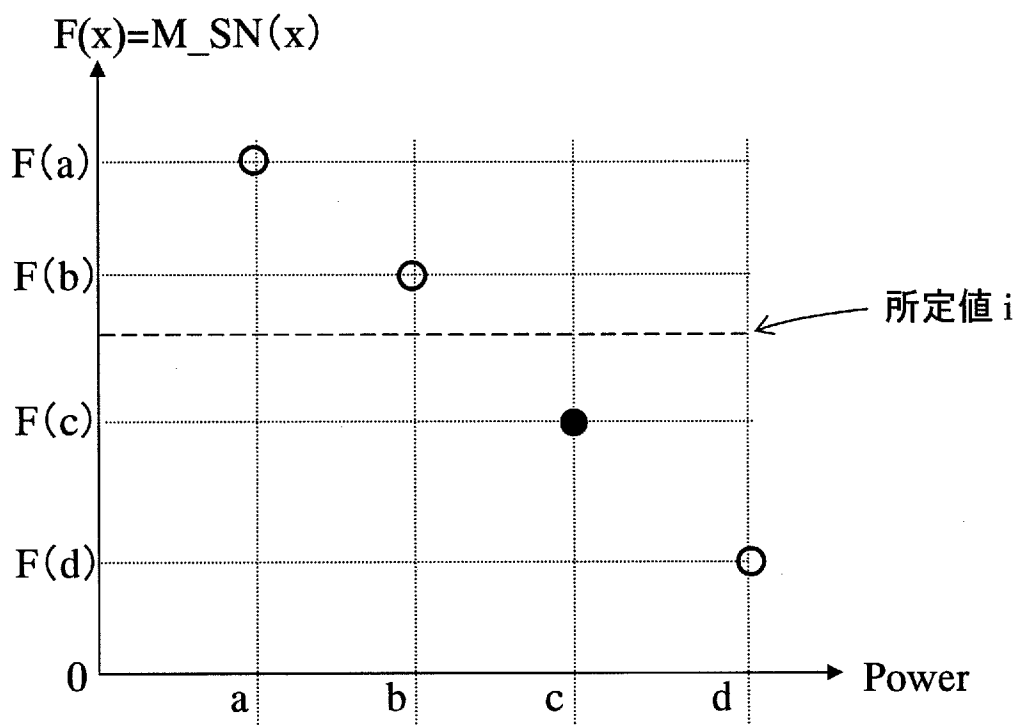
[図24C]



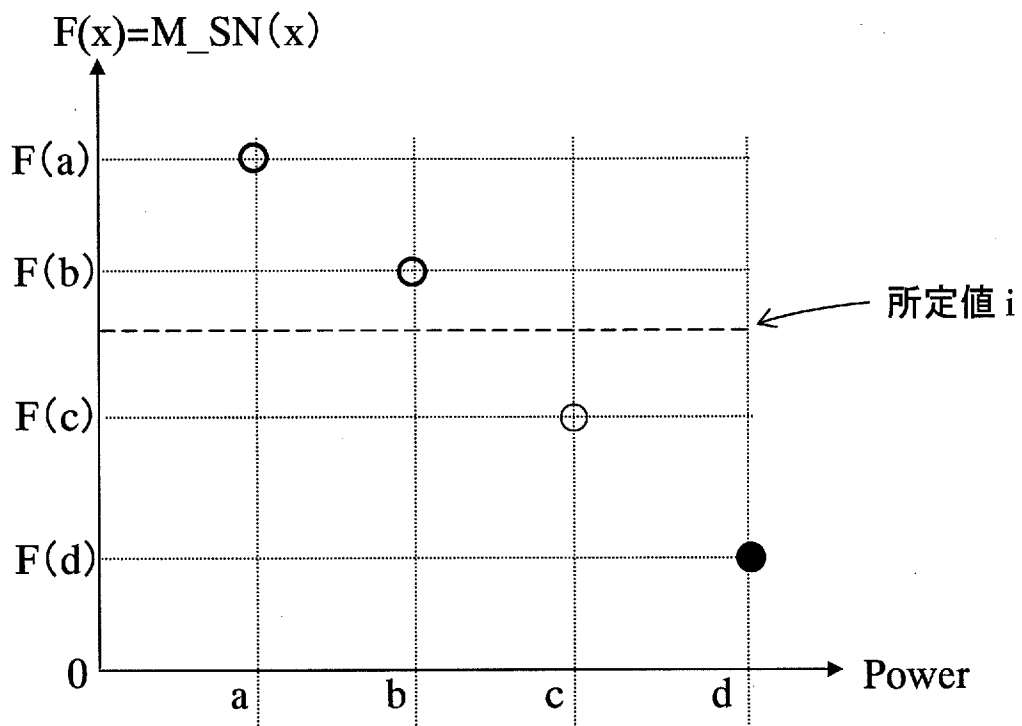
[図25]



[図26]

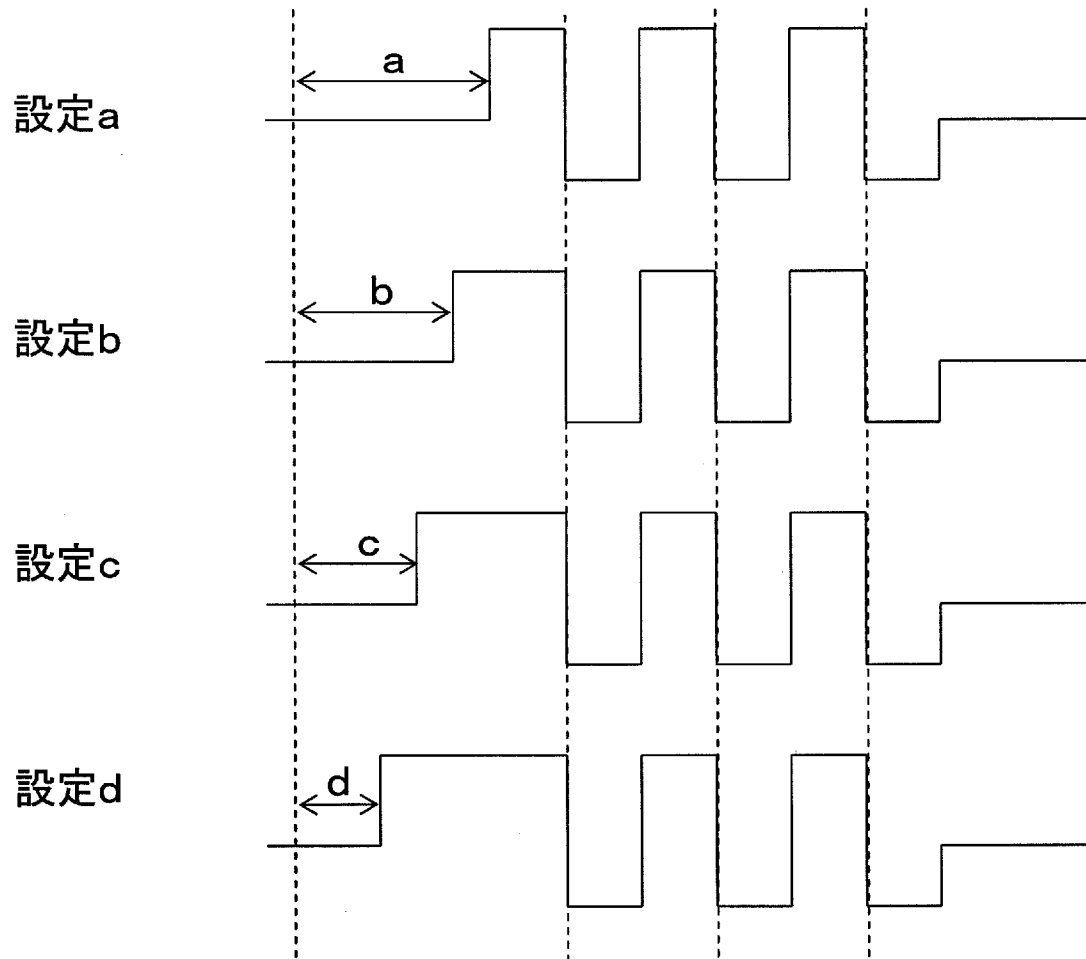


[図27]

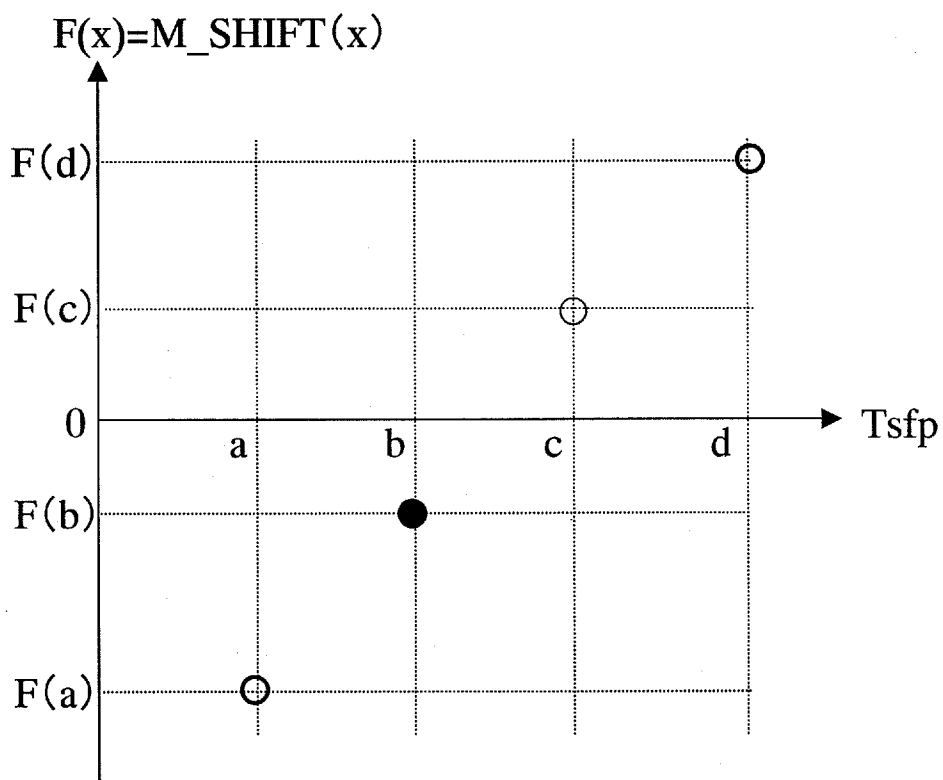




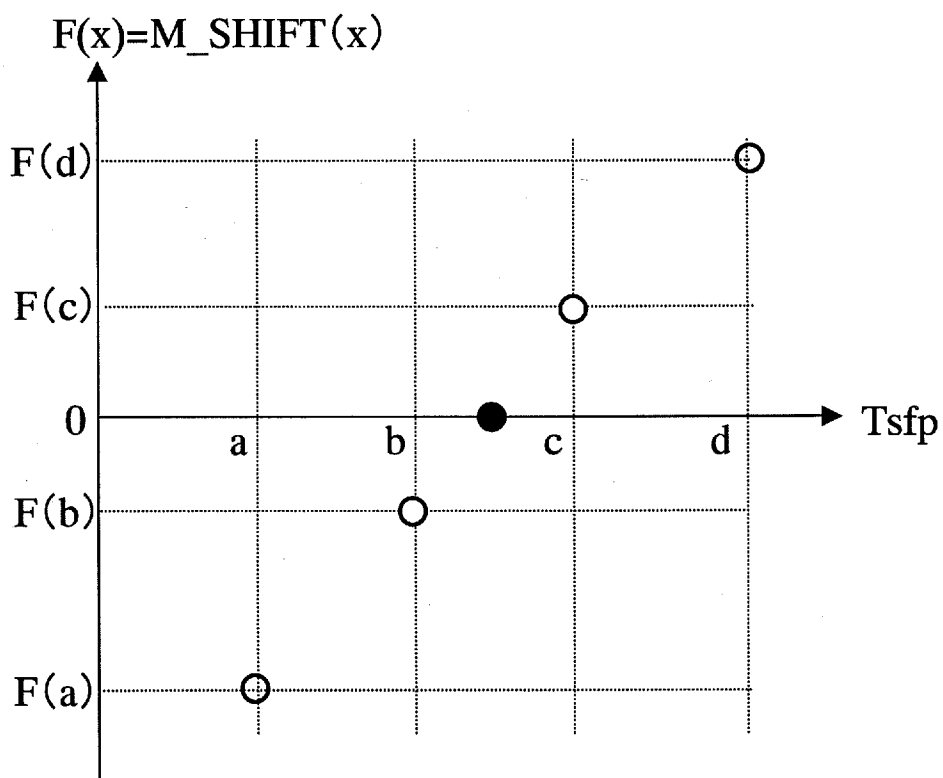
[図28]



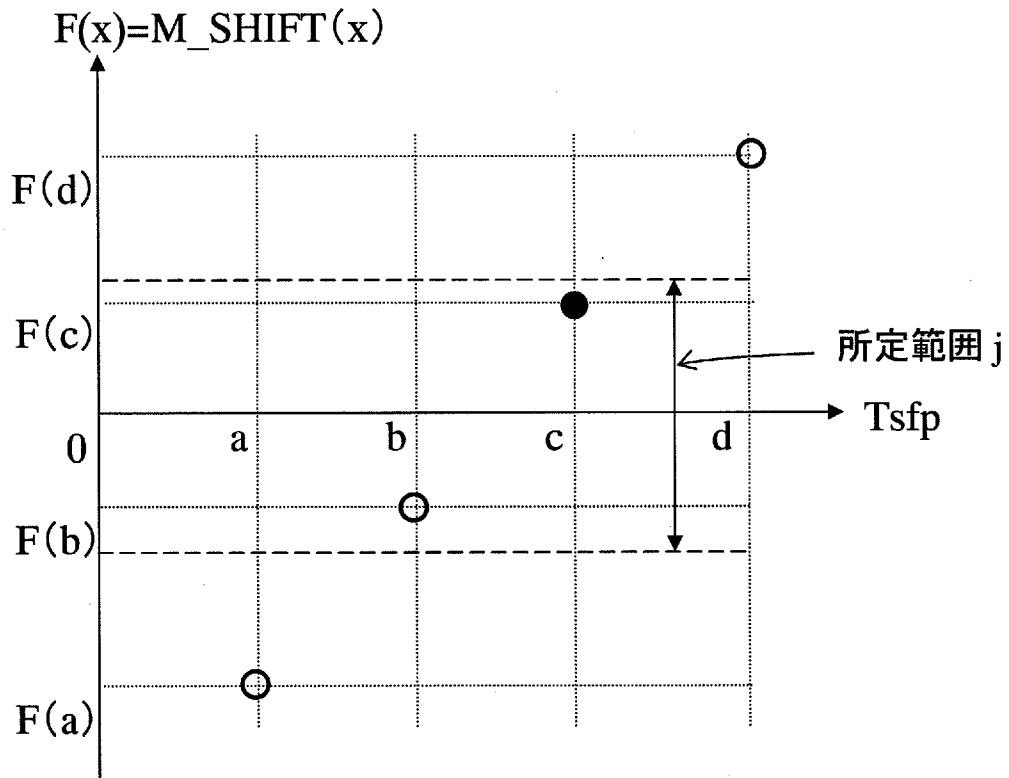
[図29]



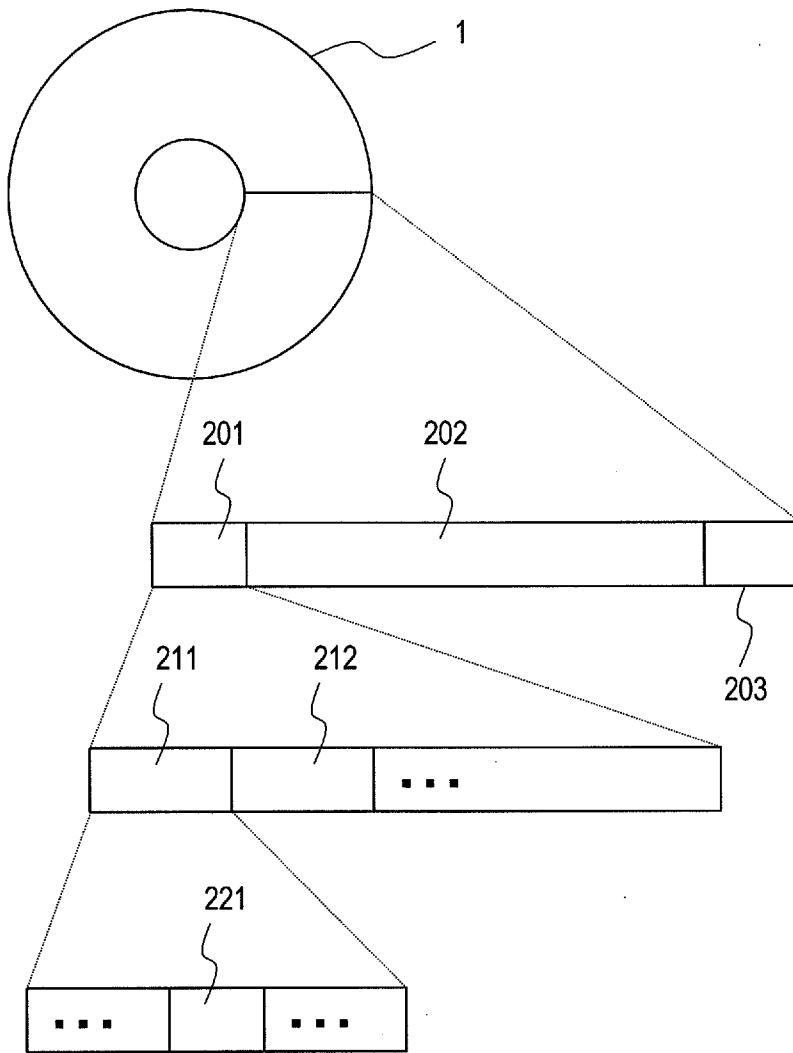
[図30]



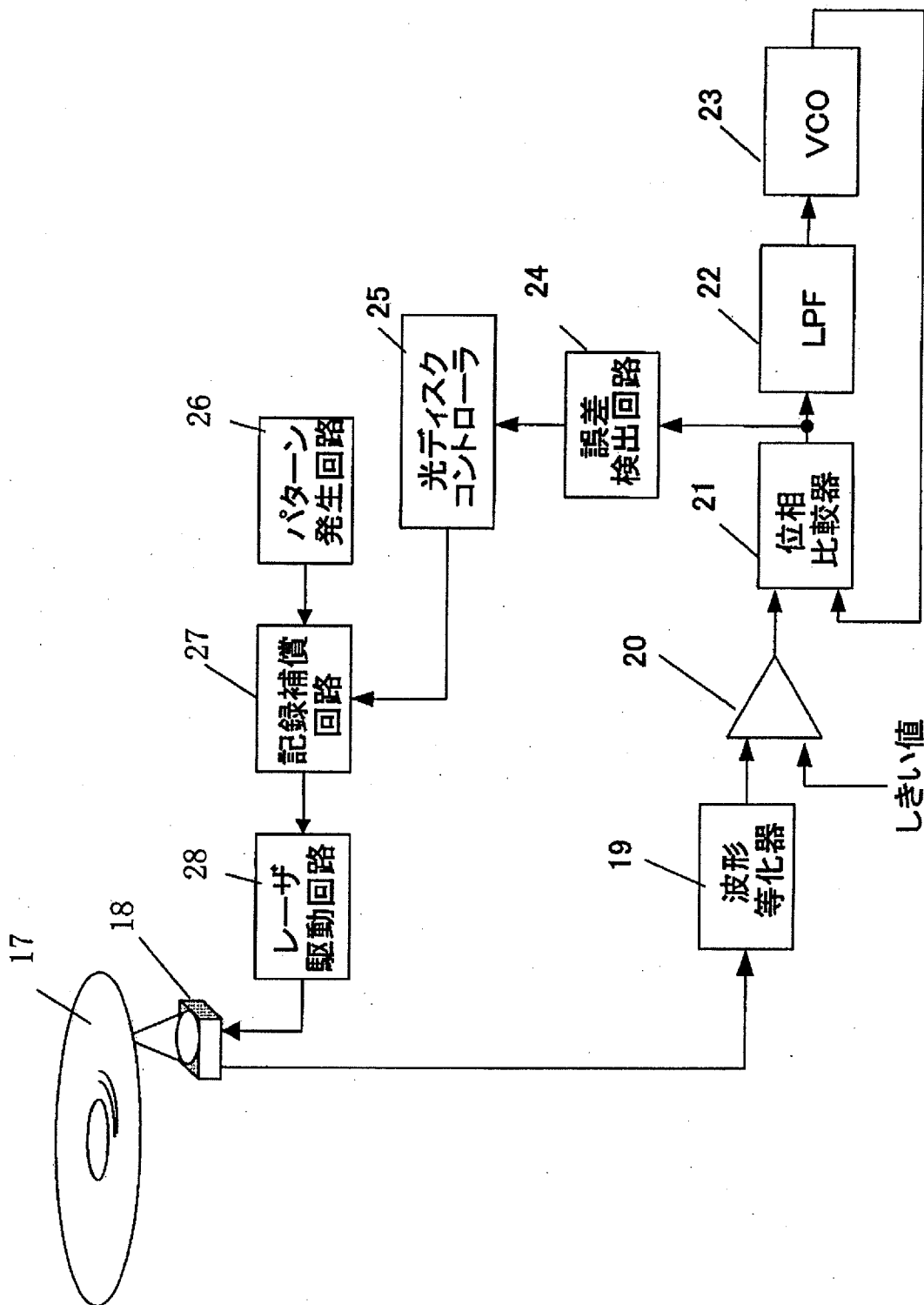
[図31]



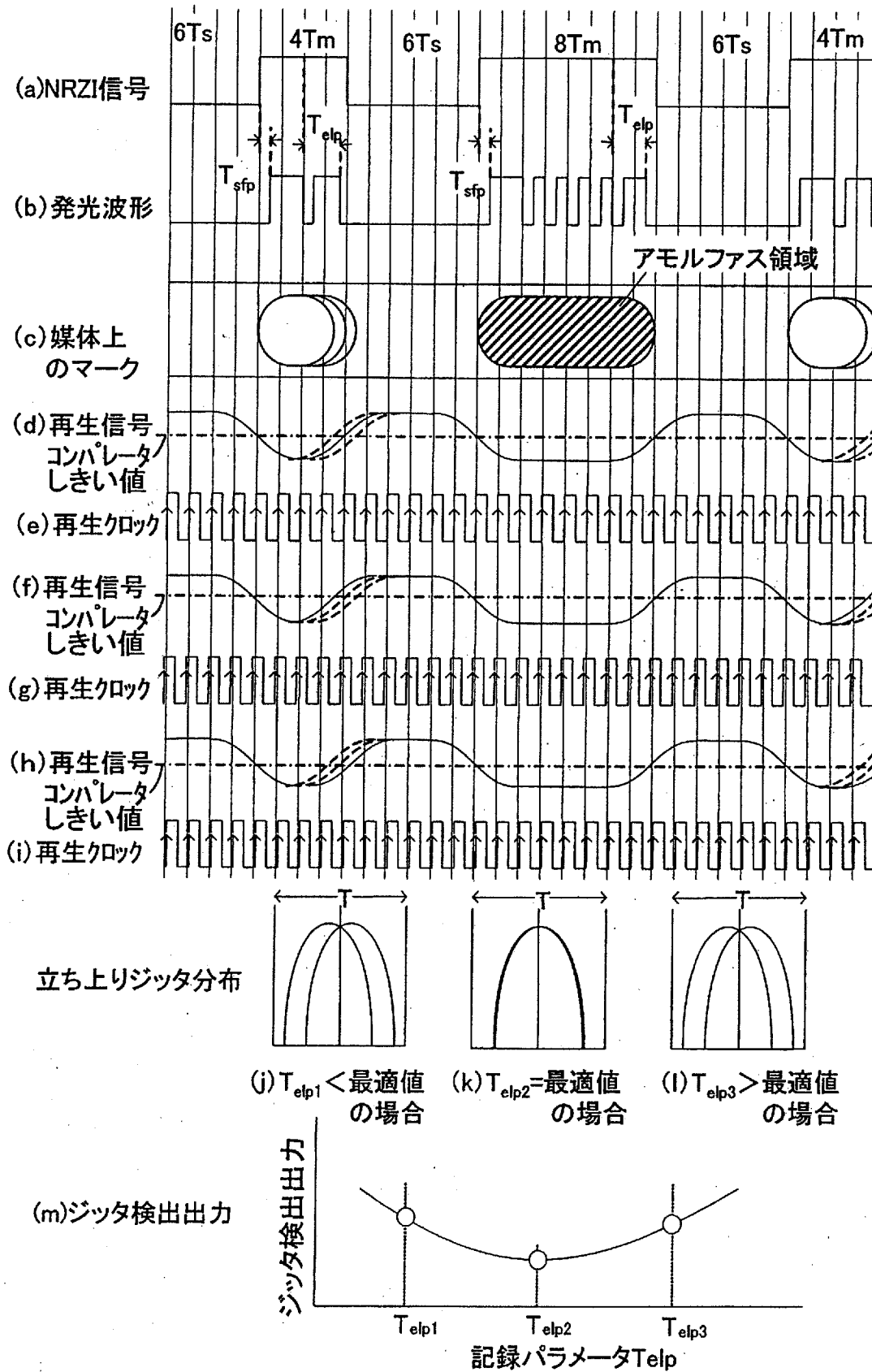
[図32]



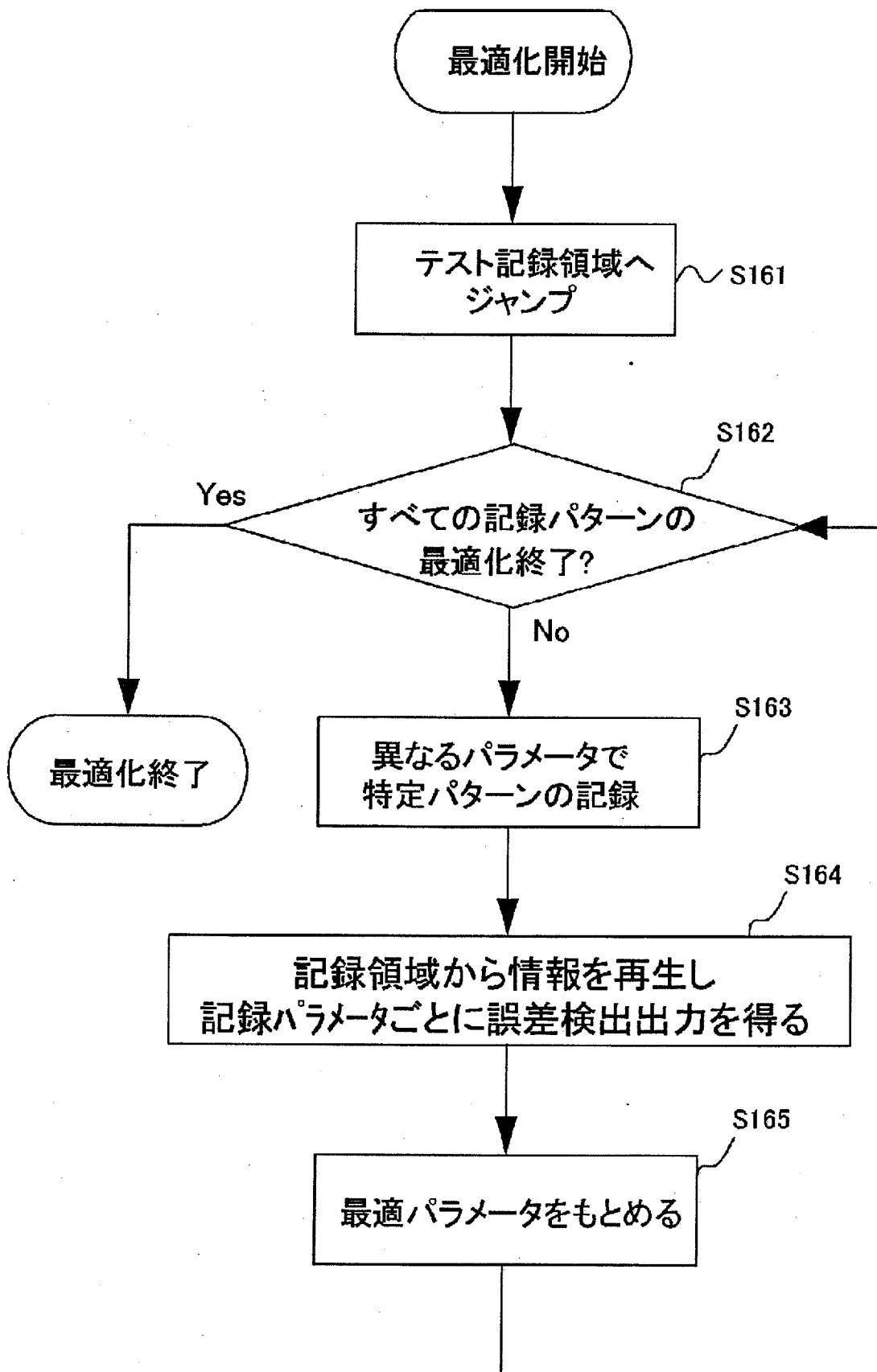
[図33]



[図34]



[図35]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2006/314188

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G11B20/18(2006.01)i, G11B7/0045(2006.01)i, G11B7/007(2006.01)i, G11B7/125(2006.01)i, G11B20/10(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, G11B7/0045, G11B7/007, G11B7/125, G11B20/10

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 | 1996-2006 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2006 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2006 |

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<br>Y    | JP 2005-158245 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.),<br>16 June, 2005 (16.06.05),<br>Par. Nos. [0047] to [0050], [0057], [0058], [0082], [0084], [0155] to [0162]; Figs. 3, 5, 18 to 20<br>& US 2005/0128911 A1 & EP 1530202 A2 | 1-3, 8-12<br>4-7, 13-16 |
| Y         | JP 2004-095018 A (Sanyo Electric Co., Ltd.),<br>25 March, 2004 (25.03.04),<br>Par. No. [0021]<br>(Family: none)   | 4-7, 13-16              |

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  
29 August, 2006 (29.08.06)

Date of mailing of the international search report  
05 September, 2006 (05.09.06)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G11B20/18(2006.01)i, G11B7/0045(2006.01)i, G11B7/007(2006.01)i, G11B7/125(2006.01)i, G11B20/10(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 (IPC))  
 Int.Cl. G11B20/18, G11B7/0045, G11B7/007, G11B7/125, G11B20/10

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 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2006年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2006年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2006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<br>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<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| X               | J P 2 0 0 5 - 1 5 8 2 4 5 A (松下電器産業株式会社)<br>2005.06.16, 段落【0047】-【0050】, 【0057】, 【0058】, 【0082】, 【0084】, 【0155】-【0162】, 図3, 図5, 図18-20 | 1-3,<br>8-12     |
| Y               | & US 2005/0128911 A1<br>& EP 1530202 A2  | 4-7,<br>13-16    |
| Y               | J P 2 0 0 4 - 0 9 5 0 1 8 A (三洋電機株式会社)<br>2004.03.25, 段落【0021】(ファミリーなし)  | 4-7,<br>13-16    |

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  | の日の後に公表された文献   |
| 「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                                 | 「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     |
| 「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                         | 「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                     |
| 「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) | 「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 |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                      | 「&」同一パテントファミリー文献   |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                   |  |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 国際調査を完了した日<br>29.08.2006 | 国際調査報告の発送日<br>05.09.2006 |
|--------------------------|--------------------------|

|   |  |    |      |
|---|--|----|------|
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100-8915<br>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)<br>小林 大介<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3591 | 5Q | 3661 |
|---|--|----|------|