

(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
2009年9月3日(03.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/107399 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 20/18 (2006.01) G11B 20/10 (2006.01)
G11B 7/0045 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/000907
- (22) 国際出願日: 2009年2月27日(27.02.2009)
- (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:
61/032,112 2008年2月28日(28.02.2008) US
61/048,262 2008年4月28日(28.04.2008) US
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [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): 宮下晴句(MIYASHITA, Harumitsu). 中田浩平(NAKATA, Kohei). 日野泰守(HINO, Yasumori). 木村直浩(KIMURA, Naohiro).
- (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).

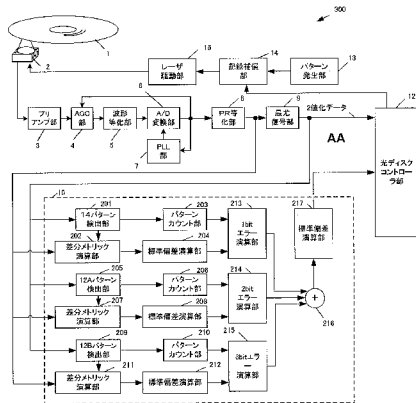
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, 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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SIGNAL EVALUATION METHOD AND SIGNAL EVALUATION DEVICE

(54) 発明の名称: 信号評価方法および信号評価装置

[図22]



- 15 LASER DRIVE UNIT
- 14 STORAGE COMPENSATION UNIT
- 13 PATTERN GENERATION UNIT
- 3 PREAMPLIFIER
- 4 AGC UNIT
- 5 WAVEFORM EQUALIZATION UNIT
- 6 A/D CONVERSION UNIT
- 7 PLL UNIT
- 8 PR EQUALIZER
- 9 MOST LIKELIHOOD DECODING UNIT
- AA DIGITIZED DATA
- 12 OPTICAL DISC CONTROLLER UNIT
- 201 14-PATTERN DETECTION UNIT
- 202 DIFFERENCE METRIC CALCULATION UNIT
- 203 PATTERN COUNT UNIT
- 204 STANDARD DEVIATION CALCULATION UNIT
- 213 1-bit ERROR CALCULATION UNIT
- 217 STANDARD DEVIATION CALCULATION UNIT
- 205 12A-PATTERN DETECTION UNIT
- 206 PATTERN COUNT UNIT
- 214 2-bit ERROR CALCULATION UNIT
- 207 DIFFERENCE METRIC CALCULATION UNIT
- 208 STANDARD DEVIATION CALCULATION UNIT
- 209 12B-PATTERN DETECTION UNIT
- 210 PATTERN COUNT UNIT
- 211 DIFFERENCE METRIC CALCULATION UNIT
- 212 STANDARD DEVIATION CALCULATION UNIT
- 215 3-bit ERROR CALCULATION UNIT

(57) Abstract: Provided is a signal evaluation method which evaluates a reproduction signal according to a digitization signal generated from a reproduction signal reproduced from an information recording medium by using the PRML method. The signal evaluation method includes: a step for detecting a pattern of paths corresponding to the digitization signal and combined into the same state; a step for acquiring an ideal value of a correct pattern corresponding to the digitization signal and an ideal value of an error pattern corresponding to the correct pattern; a step for calculating a difference between the distance of the ideal value of the correct pattern and the reproduction signal and a difference between the distance of the ideal value of the error pattern and the reproduction signal; a step for calculating a predicted error rate for each of predetermined pattern groups in the PRML method according to the differences; and a step for calculating a standard deviation corresponding to the entire error rate added by the error rate of each predetermined pattern group to be used for evaluating the reproduction signal.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2009/107399 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の信号評価方法は、情報記録媒体から再生された再生信号から PRML 方式を用いて生成された 2 値化信号に基づいて、再生信号を評価する信号評価方法である。信号評価方法は、2 値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、2 値化信号に対応した正パターンの理想値と、正パターンに対応した誤パターンの理想値とを取得するステップと、正パターンの理想値と再生信号との間の距離と、誤パターンの理想値と再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、差分に基づいて、PRML 方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、再生信号の評価に用いるための、所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップとを包含する。

明 細 書

信号評価方法および信号評価装置

技術分野

[0001] 本発明は、最尤復号法を用いた信号処理方法および最尤復号法を用いて再生信号を評価する方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、光ディスク媒体の高密度化により、記録マークの最短マーク長が光学的な分解能の限界に近づき、符号間干渉の増大およびSNR (Signal Noise Ratio) の劣化がより顕著となり、信号処理方法として、PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式等を用いることが一般的になりつつある。

[0003] PRML方式は、パーシャルレスポンス (PR) と最尤復号 (ML) とを組み合わせた技術であり、既知の符号間干渉が起こることを前提に再生波形から最も確からしい信号系列を選択する方式である。このため、従来のレベル判定方式よりも復号性能が向上することが知られている (例えば、非特許文献1)。

[0004] 一方、信号処理方式がレベル判定方式からPRML方式へ移行することで、再生信号の評価方法に課題が出てきた。従来から用いられてきた再生信号評価指標であるジッターは、レベル判定方式の信号処理を前提とするため、レベル判定とは信号処理のアルゴリズムが異なるPRML方式の復号性能との相関がない場合が出てきた。そこで、PRML方式の復号性能と相関のある新たな指標が提案されている (例えば、特許文献1および特許文献2)。

[0005] また、光ディスク媒体の記録品質にとって非常に重要となるマークとスペースの位置ずれ (エッジずれ) を検出することができる新たな指標も提案されている (例えば、特許文献3)。この指標も、PRML方式を用いる場合は、PRML方式の考え方に則しPRML方式の復号性能と相関のあるものである必要があり、且つ、パターンごとのエッジのずれ方向と量を定量的に

表現できなければならない。

[0006] 光ディスク媒体の高密度化がさらに進むと、符号間干渉およびS N R劣化がさらに問題となる。システムマージンを維持するためには、P R M L方式を高次の方式にすることで対応可能と非特許文献1に記載されている。例えば、12cmの光ディスク媒体の記録層1層当たりの記録容量が25GBの場合では、P R 1 2 2 1 M L方式を採用することで、システムマージンを維持することができたが、1層当たりの記録容量が33.3GBの場合では、P R 1 2 2 2 1 M L方式を採用する必要があることが説明されている。このように、光ディスク媒体の高密度化に比例して、高次のP R M L方式を採用する傾向は続くと予想される。

特許文献1：特開2003-141823号公報

特許文献2：特開2004-213862号公報

特許文献3：特開2004-335079号公報

特許文献4：特開2003-51163号公報

特許文献5：特開2003-272304号公報

非特許文献1：図解 ブルーレイディスク読本 オーム社

非特許文献2：適応信号処理アルゴリズム 培風館

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1、2では「最も確からしい第1の状態遷移列と再生信号との差と、2番目に確からしい第2の状態遷移列と再生信号との差との差分メトリック」を指標値として用いることが開示されている。この際、エラーを起す可能性のある「最も確からしい第1の状態遷移列と2番目に確からしい第2の状態遷移列」が複数パターンある場合には、これらを総合的に統計処理する必要がある。しかし、この処理方法については、特許文献1、2では開示がされていない。

[0008] 特許文献5には、この点に着目して、特許文献1、2と同様の方法で検出された差分メトリックを複数パターン検出して、このパターン群を処理する

方法が開示されている。特許文献5で用いられているPR12221ML信号処理では、エラーを起こしやすいパターン（ユークリッド距離が比較的小さい合流パスのパターン群）が3種類存在する。このパターン群は、その発生確率と、そのパターンでエラーが発生した際のエラー数とが異なる。このため、特許文献5では、これらのパターンごとに得られる指標値の分布から標準偏差 σ を求め、パターンの発生確率（全母数に対する発生頻度）と、パターンが間違っただけに発生するエラー数とから、発生するエラーを予測する方法が開示されている。特許文献5では、エラーを予測する方法として、得られた指標値の分布が正規分布と仮定し、その標準偏差 σ と分散平均値 μ から指標値が0以下となる確率、つまりビットエラーを引き起こす確率を予測する方法が用いられているが、これはエラー発生確率を予測する一般的な手法である。特許文献5では、パターンごとに発生確率を求め、予測エラーレートを算出し、この予測エラーレートを信号品質の目安としている。

[0009] 特許文献4および5では、差分メトリックから予測されるBERを指標とする方法が開示されているが、これらを指標値として用いたとしても、光ディスクの信号品質評価指標として用いられていた時間軸のジッターと互換性がなく、扱いが困難であるという課題がある。特に、従来のジッター指標値と互換性を持たすために、信号品質を σ を用いて表現できる信号評価指標が必要である。特許文献5が開示しているPR12221ML信号処理を用いることを前提としたシステムでは、PR12221ML信号処理の性能（エラーレート）と相関性の高い信号品質を表すことが可能な、 σ を用いて表現される信号評価指標が必要である。上記でも説明したが、PR12221ML信号処理は、エラーを起こしやすいパターン（ユークリッド距離が比較的小さい合流パスのパターン群）が3種類存在する。図18は、3種類のパターン群における差分メトリックの2乗の分布を示す。この3種類のパターン群は、その発生確率と、そのパターンでエラーが発生した際のエラー数とが異なるために、一つの分布として表現することが困難であった。

[0010] 本発明はこれらの課題に鑑み、PRML方式を採用したシステムに適した

信号処理方法を用いて、再生信号の品質を適切に評価する方法および装置を提供する。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明の信号評価方法は、情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する信号評価方法であって、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値とを取得するステップと、前記正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップとを包含する。
- [0012] ある実施形態によれば、前記エラーレートを計算するステップは、前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算するステップと、前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出するステップと、前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算するステップとを包含する。
- [0013] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である。
- [0014] ある実施形態によれば、複数の前記所定のパターン群は、ユークリッド距離が14のパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群とを含む。
- [0015] ある実施形態によれば、前記PRML方式は、PR12221方式である。
- [0016] 本発明の装置は、情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式

を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する装置であって、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するパターン検出部と、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算する差分演算部と、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するエラーレート演算部と、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算する標準偏差演算部とを備える。

[0017] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算する演算部と、前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出する検出部と、をさらに備え、前記エラーレート演算部は、前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算する。

[0018] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である。

[0019] ある実施形態によれば、複数の前記所定のパターン群は、ユークリッド距離が14のパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群とを含む。

[0020] ある実施形態によれば、前記PRML方式は、PR12221方式である。

[0021] 本発明の情報記録媒体は、所定の品質を有する情報記録媒体であって、前記情報記録媒体は、少なくとも1つの記録層を有し、前記記録層は、マークとスペースの組み合わせで情報を記録するための記録領域を含み、前記マーク及び前記スペースから再生される再生信号に対応する評価値が所定の値を有し、前記評価値を算出する処理は、前記マーク及び前記スペースから再生された再生信号からPRML方式を用いて2値化信号を生成するステップと

、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップとを含む。

[0022] 本発明の再生装置は、前記情報記録媒体を再生する再生装置であって、前記情報記録媒体に光ビームを照射し、前記マーク及び前記スペースからの反射光を受光する受光部と、前記反射光から得られる信号に基づき、前記マーク及び前記スペースを用いて記録された情報を再生する再生部とを備える。

[0023] 本発明の記録装置は、前記情報記録媒体に記録を行う記録装置であって、前記情報記録媒体にパルス状の光ビームを照射して、前記記録領域に前記マークを形成する照射部と、前記評価値が前記所定の値を満たすように、前記光ビームの発光波形パターンを調整する調整部とを備える。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、PRML信号処理におけるユークリッド距離が比較的小さい合流パスのパターンに着目し、発生確率が異なり、発生するエラー数が異なる、複数のパターン群の差分メトリック情報から、一つの信号評価指標を生成する。それぞれのパターン群からエラー発生確率を求め、その合計を算出する。算出された合計のエラーレートから予測される正規分布の標準偏差 σ を計算する。その標準偏差 σ を信号評価指標とすることで、エラーレートと非常に相関の高い信号評価方法及び信号評価指標を提供することができる。

[0025] また、本発明によれば、最小差分メトリックの合流パス中に複数のゼロクロス部分が含まれるPRML方式を用いて再生信号品質を計算する場合に、非最小差分メトリックの合流パス中にゼロクロス部分が1つのみ含まれる状

状態遷移パターンのみを用いて再生信号品質を計算する。合流パス中にゼロクロス部分を1つのみ有する状態遷移パターンを用いることで、1つ1つのゼロクロス部分（ゼロクロス情報）の誤差を個別に分離して検出することができる。再生信号のゼロクロス部分を個別に評価することで、適切に再生信号品質評価を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の実施形態による光ディスク装置を示す図である。
- [図2]本発明の実施形態によるRLL(1, 7)記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則を示す図である。
- [図3]図2に示す状態遷移則に対応するトレリス図である。
- [図4]本発明の実施形態による表1に示すPR等化理想波形を示す図である。
- [図5]本発明の実施形態による表2に示すPR等化理想波形を示す図である。
- [図6]本発明の実施形態による表3に示すPR等化理想波形を示す図である。
- [図7]本発明の実施形態によるRLL(1, 7)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示す図である。
- [図8]図7に示す状態遷移則に対応するトレリス図である。
- [図9]本発明の実施形態による表4に示すPR等化理想波形を示す図である。
- [図10]本発明の実施形態によるフォーカス調整時のフォーカスパラメータと各PRML特性の指標Mとの関係を示す図である。
- [図11]本発明の実施形態による光ディスク装置を示す図である。
- [図12]本発明の実施形態による光ディスク装置を示す図である。
- [図13]本発明の実施形態による光ディスク媒体のトラック上に記録されたマーク列と光ビーム径との相対的な関係を示す図である。
- [図14]本発明の実施形態による光ディスク媒体のOTF特性を示す図である。
- [図15] (a) から (c) は、本発明の実施形態による信号品質評価指標の値の分布を示す図である。
- [図16]本発明の実施形態による複数の記録層を有する光ディスク媒体を示す

図である。

[図17]本発明の実施形態によるPR (1, 2, 2, 2, 1) MLの差分メトリックの分布を示す図である。

[図18]本発明の実施形態によるPR (1, 2, 2, 2, 1) MLの各ユークリッド距離パターンにおける差分メトリックの分布を示す図である。

[図19]本発明の実施形態による信号評価指標値とエラーレートとの関係を示す図である。

[図20]本発明の実施形態によるPR (1, 2, 2, 2, 1) MLの各ユークリッド距離パターンにおける差分メトリックの分布と、所定のしきい値との関係を示す図である。

[図21] (a) および (b) は、本発明の実施形態における重複する評価パターンの例を説明した図である。

[図22]本発明の実施形態による光ディスク装置を示す図である。

[図23]本発明の実施形態による光ディスク装置を示す図である。

[図24]本発明の実施形態による信号評価指標値を、異なった記録膜を備えたメディアごとに算出し、その算出結果を比較した図である。

[図25]本発明の実施形態による信号評価指標値を用いて記録パワーマージンを表した図である。

[図26]本発明の実施形態による光ディスクの物理的構成を示す図である。

[図27] (A) は25GBのBDの例を示す図であり、(B) は25GBのBDよりも高記録密度の光ディスクの例を示す図である。

[図28]最短マーク (2T) の空間周波数がOTFカットオフ周波数よりも高く、かつ、2Tの再生信号の振幅が0になっている例を示す図である。

[図29]光ディスクの領域構成を示す図である。

[図30] (1) は、所定の記録密度のディスクAおよびより高い記録密度のディスクBの情報記録層の構成を示し、(2) および (3) は、それぞれ、ディスクAおよびディスクBのリードイン領域の具体的な構成を示す図である。

。

符号の説明

- [0027] 100、200、300 光ディスク装置
- 1 情報記録媒体
 - 2 光ヘッド部
 - 3 プリアンプ部
 - 4 AGC部
 - 5 波形等化部
 - 6 A/D変換部
 - 7 PLL部
 - 8 可変PR等化部
 - 9 可変最尤復号部
 - 10 信号評価指標演算部
 - 11 エッジシフト検出部
 - 12 光ディスクコントローラ部
 - 13 パターン発生部
 - 14 記録補償部
 - 15 レーザ駆動部
 - 16 サーボ制御部
 - 17 選択部
- 201、205、209 パターン検出部
- 202、207、211 差分メトリック演算部
- 203、206、210 パターンカウント部
- 204、208、212 標準偏差演算部
- 204a、208a、212a 絶対値積算部
- 213、214、215 エラー演算部
- 216 加算部
- 217 標準偏差演算部

発明を実施するための最良の形態

- [0028] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。同様の構成要素には同様の参照符号を付し、同様の説明の繰り返しは省略する。
- [0029] まず、本発明の実施形態によるPRML方式を用いた記録パラメータ調整（特にマークおよびスペースのエッジ位置の調整）について説明する。記録パラメータ調整方法の一例が特許文献3に記載されているので、ここでは、本発明に関係するポイントのみを説明する。参考のために特許文献3（特開2004-335079号公報）の開示内容を本明細書に援用する。
- [0030] 記録再生装置において、再生系の信号処理にPR12221ML方式を採用し、記録符号にRLL(1, 7)符号等のRLL(Run Length Limited)符号を用いる。
- [0031] まず、図2および図3を参照して、PR12221MLを簡単に説明する。図2は、RLL(1, 7)記録符号と等化方式PR(1, 2, 2, 2, 1)とから定まる状態遷移則を示す状態遷移図である。図3は、図2に示す状態遷移則に対応するトレリス図である。
- [0032] PR12221MLとRLL(1, 7)との組み合わせにより、復号部の状態数は10に制限され、その状態遷移のパス数は16になり、再生レベルは9レベルとなる。
- [0033] 図2に示すPR122221MLの状態遷移則を参照して、ある時刻での状態S(0, 0, 0, 0)をS0、状態S(0, 0, 0, 1)をS1、状態S(0, 0, 1, 1)をS2、状態S(0, 1, 1, 1)をS3、状態S(1, 1, 1, 1)をS4、状態S(1, 1, 1, 0)をS5、状態S(1, 1, 0, 0)をS6、状態S(1, 0, 0, 0)をS7、状態S(1, 0, 0, 1)をS8、状態S(0, 1, 1, 0)をS9というように表記し、10状態を表現する。ここで、括弧の中に記載されている“0”または“1”は、時間軸上の信号系列を示し、ある状態から次の時刻の状態遷移でどの状態になる可能性があるのかを示している。また、この状態遷移図を時間軸に沿って展開すると図3に示すトレリス図が得られる。
- [0034] 図3に示すPR12221MLの状態遷移において、ある時刻の所定の状

態から別の時刻の所定の状態へ遷移するときには2つの状態遷移を取り得るような状態遷移パターン（状態の組み合わせ）が無数にある。ある時刻範囲に限定し、且つ特にエラーの発生しやすいパターンに着目すると、PR12221MLの状態遷移パターンは、表1、表2および表3に示すようにまとめることができる。

[0035] [表1]

状態遷移	記録符号(b_{k-9}, \dots, b_k)	k-9	k-8	k-7	k-6	k-5	k-4	k-3	k-2	k-1	k	PR等化理想値					バス間のユー クリッド距離						
												1	3	5	6	5							
$S0_{k+5} \rightarrow S6_k$	(0,0,0,0,1,1,1,0,0)								S0	S1	S2	S3	S5	S6				1	3	5	6	5	
	(0,0,0,0,0,1,1,0,0)								S0	S0	S1	S2	S9	S6				0	1	3	4	4	14
$S0_{k+5} \rightarrow S5_k$	(0,0,0,0,1,1,1,1,0)								S0	S1	S2	S3	S4	S5				1	3	5	7	8	
	(0,0,0,0,0,1,1,1,0)								S0	S0	S1	S2	S3	S5				0	1	3	5	7	14
$S0_{k+5} \rightarrow S4_k$	(0,0,0,0,1,1,1,1,1)								S0	S1	S2	S3	S4	S4				1	3	5	7	8	
	(0,0,0,0,0,1,1,1,1)								S0	S0	S1	S2	S3	S4				0	1	3	5	7	14
$S2_{k+5} \rightarrow S0_k$	(0,0,1,1,1,0,0,0,0)								S2	S3	S5	S6	S7	S0				5	6	5	3	1	
	(0,0,1,1,0,0,0,0,0)								S2	S9	S6	S7	S0	S0				4	4	3	1	0	14
$S2_{k+5} \rightarrow S1_k$	(0,0,1,1,1,0,0,0,1)								S2	S3	S5	S6	S7	S1				5	6	5	3	2	
	(0,0,1,1,0,0,0,0,1)								S2	S9	S6	S7	S0	S1				4	4	3	1	1	14
$S2_{k+5} \rightarrow S2_k$	(0,0,1,1,1,0,0,1,1)								S2	S3	S5	S6	S8	S2				5	6	5	4	4	
	(0,0,1,1,0,0,0,1,1)								S2	S9	S6	S7	S1	S2				4	4	3	2	3	14
$S3_{k+5} \rightarrow S0_k$	(0,1,1,1,1,0,0,0,0)								S3	S4	S5	S6	S7	S0				7	7	5	3	1	
	(0,1,1,1,0,0,0,0,0)								S3	S5	S6	S7	S0	S0				6	5	3	1	0	14
$S3_{k+5} \rightarrow S1_k$	(0,1,1,1,1,0,0,0,1)								S3	S4	S5	S6	S7	S1				7	7	5	3	2	
	(0,1,1,1,0,0,0,0,1)								S3	S5	S6	S7	S0	S1				6	5	3	1	1	14
$S3_{k+5} \rightarrow S2_k$	(0,1,1,1,1,0,0,1,1)								S3	S4	S5	S6	S8	S2				7	7	5	4	4	
	(0,1,1,1,0,0,0,1,1)								S3	S5	S6	S7	S1	S2				6	5	3	2	3	14
$S7_{k+5} \rightarrow S6_k$	(1,0,0,0,1,1,1,0,0)								S7	S1	S2	S3	S5	S6				2	3	5	6	5	
	(1,0,0,0,0,1,1,0,0)								S7	S0	S1	S2	S9	S6				1	1	3	4	4	14
$S7_{k+5} \rightarrow S5_k$	(1,0,0,0,1,1,1,1,0)								S7	S1	S2	S3	S4	S5				2	3	5	7	7	
	(1,0,0,0,0,1,1,1,0)								S7	S0	S1	S2	S3	S5				1	1	3	5	6	14
$S7_{k+5} \rightarrow S4_k$	(1,0,0,0,1,1,1,1,1)								S7	S1	S2	S3	S4	S4				2	3	5	7	8	
	(1,0,0,0,0,1,1,1,1)								S7	S0	S1	S2	S3	S4				1	1	3	5	7	14
$S6_{k+5} \rightarrow S6_k$	(1,1,0,0,1,1,1,0,0)								S6	S8	S2	S3	S5	S6				4	4	5	6	5	
	(1,1,0,0,0,1,1,0,0)								S6	S7	S1	S2	S9	S6				3	2	3	4	4	14
$S6_{k+5} \rightarrow S5_k$	(1,1,0,0,1,1,1,1,0)								S6	S8	S2	S3	S4	S5				4	4	5	7	7	
	(1,1,0,0,0,1,1,1,0)								S6	S7	S1	S2	S3	S5				3	2	3	5	6	14
$S6_{k+5} \rightarrow S4_k$	(1,1,0,0,1,1,1,1,1)								S6	S8	S2	S3	S4	S4				4	4	5	7	8	
	(1,1,0,0,0,1,1,1,1)								S6	S7	S1	S2	S3	S4				3	2	3	5	7	14
$S4_{k+5} \rightarrow S0_k$	(1,1,1,1,1,0,0,0,0)								S4	S4	S5	S6	S7	S0				8	7	5	3	1	
	(1,1,1,1,0,0,0,0,0)								S4	S5	S6	S7	S0	S0				7	5	3	1	0	14
$S4_{k+5} \rightarrow S1_k$	(1,1,1,1,1,0,0,0,1)								S4	S4	S5	S6	S7	S1				8	7	5	3	2	
	(1,1,1,1,0,0,0,0,1)								S4	S5	S6	S7	S0	S1				7	5	3	1	1	14
$S4_{k+5} \rightarrow S2_k$	(1,1,1,1,1,0,0,1,1)								S4	S4	S5	S6	S8	S2				8	7	5	4	4	
	(1,1,1,1,0,0,0,1,1)								S4	S5	S6	S7	S1	S2				7	5	3	2	3	14

[0036]

[表3]

状態遷移	記録符号(b_{k-1}, \dots, b_k)	k-9	k-8	k-7	k-6	k-5	k-4	k-3	k-2	k-1	k	PR等化理想値										バス間のユー クリッド距離
$S0_{k-9} \rightarrow S6_k$	(0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,0)	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	S6	1	3	4	4	4	4	5	6	5		
	(0,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0)	S0	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	0	1	3	4	4	4	4	4	4	4	12
$S0_{k-9} \rightarrow S5_k$	(0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,1)	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S5	1	3	4	4	4	4	5	7	7		
	(0,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,1)	S0	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	0	1	3	4	4	4	4	5	6	12	
$S0_{k-9} \rightarrow S4_k$	(0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1,1)	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S4	1	3	4	4	4	4	5	7	8		
	(0,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)	S0	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	0	1	3	4	4	4	4	5	7	12	
$S2_{k-7} \rightarrow S0_k$	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S2	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	5	6	5	4	4	4	4	3	1		
	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S0	4	4	4	4	4	4	3	1	0	12	
$S2_{k-7} \rightarrow S1_k$	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S2	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	5	6	5	4	4	4	4	3	2		
	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S1	4	4	4	4	4	4	3	1	1	12	
$S2_{k-7} \rightarrow S2_k$	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S2	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	5	6	5	4	4	4	4	4	4		
	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	S2	4	4	4	4	4	4	3	2	3	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S0_k$	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S3	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	7	7	5	4	4	4	4	3	1		
	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S0	6	5	4	4	4	4	3	1	0	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S1_k$	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S3	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	7	7	5	4	4	4	4	3	2		
	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S1	6	5	4	4	4	4	3	1	1	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S2_k$	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S3	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	7	7	5	4	4	4	4	4	4		
	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S3	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	S2	6	5	4	4	4	4	3	2	3	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S2_k$	(1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,0)	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	S6	2	3	4	4	4	4	5	6	5		
	(1,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0)	S7	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	1	1	3	4	4	4	4	4	4	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S2_k$	(1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1,0)	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S5	2	3	4	4	4	4	5	7	7		
	(1,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0)	S7	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	1	1	3	4	4	4	4	5	6	12	
$S3_{k-5} \rightarrow S2_k$	(1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1,1)	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S4	2	3	4	4	4	4	5	7	8		
	(1,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)	S7	S0	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	1	1	3	4	4	4	4	5	7	12	
$S6_{k-5} \rightarrow S6_k$	(1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,0)	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	S6	4	4	4	4	4	4	5	6	5		
	(1,1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0)	S6	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S9	S6	3	2	3	4	4	4	4	4	4	12	
$S6_{k-5} \rightarrow S5_k$	(1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1,0)	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S5	4	4	4	4	4	4	5	7	7		
	(1,1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0)	S6	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S5	3	2	3	4	4	4	4	5	6	12	
$S6_{k-5} \rightarrow S4_k$	(1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1,1)	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	S4	4	4	4	4	4	4	5	7	8		
	(1,1,0,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)	S6	S7	S1	S2	S9	S6	S8	S2	S3	S4	3	2	3	4	4	4	4	5	7	12	
$S4_{k-5} \rightarrow S0_k$	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S4	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	8	7	5	4	4	4	4	3	1		
	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S0	7	5	4	4	4	4	3	1	0	12	
$S4_{k-5} \rightarrow S1_k$	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S4	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	8	7	5	4	4	4	4	3	2		
	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S0	S1	7	5	4	4	4	4	3	1	1	12	
$S4_{k-5} \rightarrow S2_k$	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S4	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S8	S2	8	7	5	4	4	4	4	4	4		
	(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)	S4	S5	S6	S8	S2	S9	S6	S7	S1	S2	7	5	4	4	4	4	3	2	3	12	

[0038] 表1～表3のそれぞれは、2つの状態遷移パターンのスタート状態から合流した状態までの軌跡を示す状態遷移（記録符号（ b_{k-1}, \dots, b_k ））、その状態遷移を経由した場合の可能性のある2つの記録系列（ $k-9, \dots, k$ ）、その状態遷移を経由した場合の可能性のある2つの理想的な再生波形（PR等価理想値）、2つの理想的な再生波形のユークリッド距離（バス間のユークリッド距離）を示す。

[0039] 表1は、2つの状態遷移を取り得る状態遷移パターンのユークリッド距離

が14となる状態遷移パターンを示し、18種類ある。これらのパターンは、光ディスク媒体のマークとスペースの切り替わり部分（波形のエッジ部分）に該当する。言い換えると、エッジの1ビットシフトエラーのパターンである。一例として、図3に示す状態遷移則における $S_0(k-5)$ から $S_6(k)$ に到る状態遷移パスを説明する。この場合、記録系列が“0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0”と遷移する1つのパスが検出され、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、4Tスペース以上の長さのスペース、3Tマーク、2Tスペース以上の長さのスペースに該当する。そのパスのPR等価理想波形を図4のAパス波形として示す。

[0040] 図4は、表1に示すPR等化理想波形の一例を示す図である。図5は、表2で示すPR等化理想波形の一例を示す図である。図6は、表3で示すPR等化理想波形の一例を示す図である。図4、図5および図6において、横軸はサンプル時間（記録系列の1時刻ごとにサンプリング）を示し、縦軸は再生信号レベルを示している。

[0041] 上述したように、PR12221MLでは、理想的な再生信号レベルは9レベル（0レベルから8レベル）ある。図3に示す状態遷移則における $S_0(k-5)$ から $S_6(k)$ に到る状態遷移パスのうちのもう1つのパスの記録系列の遷移“0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0”は、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、5Tスペース以上の長さのスペース、2Tマーク、2Tスペース以上の長さのスペースに該当する。そのパスのPR等価理想波形を図4にBパス波形として示す。

[0042] 表1に示すユークリッド距離が14のパターンの特徴は、エッジ情報が必ず1つ含まれていることである。この特徴を利用して、PRML方式に最適なエッジ調整を行うことができる。

[0043] 表2は、ユークリッド距離が12となる状態遷移パターンを示し、18種類ある。これらのパターンは、2Tマークまたは2Tスペースのシフトエラ

一に該当し、2ビットエラーのパターンである。一例として、図3で示す状態遷移則における $S_0(k-7)$ から $S_0(k)$ に到る状態遷移パスを説明する。この場合、記録系列が“0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0”と遷移する1つのパスが検出され、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、4Tスペース以上の長さのスペース、2Tマーク、5Tスペース以上の長さのスペースに該当する。そのパスのPR等価理想波形を図5にAパス波形として示す。

[0044] もう1つのパスの記録系列の遷移“0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0”は、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、5Tスペース以上の長さのスペース、2Tマーク、4Tスペース以上の長さのスペースに該当する。そのパスのPR等価理想波形を図5にBパス波形として示す。

[0045] 表2に示すユークリッド距離が12パターンの特徴は、2Tの立ち上がりおよび立ち下りのエッジ情報が必ず2つ含まれていることである。

[0046] 表3は、ユークリッド距離が12となる状態遷移パターンを示し、18種類ある。これらのパターンは、2Tマークと2Tスペースとが連続する箇所に該当し、3ビットエラーのパターンである。一例として、図3で示す状態遷移則における $S_0(k-9)$ から $S_6(k)$ に到る状態遷移パスを説明する。この場合、記録系列が“0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0”と遷移する1つのパスが検出され、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、4Tスペース以上の長さのスペース、2Tマーク、2Tスペース、3Tマーク、2Tスペース以上の長さのスペースに該当する。そのパスのPR等価理想波形を図6にAパス波形として示す。

[0047] もう1つのパスの記録系列の遷移“0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0”は、再生データの“0”をスペース部分、“1”をマーク部分に置き換えて考えると、5Tスペース以上の長さのスペース、2Tマーク、2Tスペース、2Tマーク、2Tスペース以上の長さのスペースに該

当する。そのパスのPR等価理想波形を図6にBパス波形として示す。

[0048] 表3に示すユークリッド距離が12のパターンの特徴は、エッジ情報が少なくとも3つ含まれていることである。

[0049] 記録マークの始端エッジまたは終端エッジの位置を調整する場合、エッジずれ方向およびエッジずれ量を、マークとスペースの組み合わせごとに検出する必要がある。このため、PR12221ML方式を採用する場合は、表1に示すユークリッド距離が14の状態遷移パターンを用いることができる。

[0050] 記録マークの始端エッジまたは終端エッジの最適位置は、PRMLの特性によって異なってくる。PR12221MLの場合、5Tスペース以上の長さのスペースのあとの2Tマークの始端エッジ部分の理想的な波形は、図4に示すBパス波形となる。図4において、再生信号レベル4は、全9レベルの中心レベルであり、これは、2Tマークの信号振幅が理想的には0となることを意味する。すなわち、このような2Tマークの信号振幅となるように2Tマークの始端エッジを調整すれば、記録マークは小さくなる。

[0051] PRML方式の特性を比較するために、別のPRML方式の一例として、PR1221MLを説明する。PR12221MLと比べて、PR1221ML方式は、非高域強調特性型である。PR1221MLとRLL(1,7)との組み合わせにより、復号部の状態数は6に制限され、その状態遷移のパス数は10になり、再生レベルは7レベルとなる。

[0052] 図7は、RLL(1,7)とPR1221MLとの組み合わせから定まる状態遷移則を示す状態遷移図である。図8は、図7に示す状態遷移則に対応するトレリス図である。

[0053] 図7を参照して、ある時刻での状態 $S(0, 0, 0)$ を S_0 、状態 $S(0, 0, 1)$ を S_1 、状態 $S(0, 1, 1)$ を S_2 、状態 $S(1, 1, 1)$ を S_3 、状態 $S(1, 1, 0)$ を S_4 、状態 $S(1, 0, 0)$ を S_5 というように表記し、6状態を表現する。ここで、括弧の中に記載されている“0”または“1”は、時間軸上の信号系列を示し、ある状態から次の時刻の状態

遷移でどの状態になる可能性があるのかを示している。また、この状態遷移図を時間軸に沿って展開すると図8に示すトレリス図が得られる。

[0054] 図8に示すPR1221MLの状態遷移において、ある時刻の所定の状態から別の時刻の所定の状態へ遷移するときには2つの状態遷移を取り得るような状態遷移パターン（状態の組み合わせ）が無数にある。ある時刻範囲に限定し、且つ特にエラーの発生しやすいパターンに着目すると、PR1221MLの状態遷移パターンは、表4に示すユークリッド距離が10のパターンにまとめることができる。

[0055] [表4]

状態遷移	記録符号(b_{k-1}, \dots, b_k)	K-10	K-9	K-8	K-7	K-6	K-5	K-4	K-3	K-2	K-1	K	PR等化理想値				バス間のユークリッド距離	
S2(K-4)→S0(K)	(0,1,1,0,0,0,0)							S2	S4	S5	S0	S0			4	3	1	0
	(0,1,1,1,0,0,0)							S2	S3	S4	S5	S0			5	5	3	1
S3(K-4)→S0(K)	(1,1,1,0,0,0,0)							S3	S4	S5	S0	S0			5	3	1	0
	(1,1,1,1,0,0,0)							S3	S3	S4	S5	S0			6	5	3	1
S2(K-4)→S1(K)	(0,1,1,0,0,0,1)							S2	S4	S5	S0	S1			4	3	1	1
	(0,1,1,1,0,0,1)							S2	S3	S4	S5	S1			5	5	3	2
S3(K-4)→S1(K)	(1,1,1,0,0,0,1)							S3	S4	S5	S0	S1			5	3	1	1
	(1,1,1,1,0,0,1)							S3	S3	S4	S5	S1			6	5	3	2
S0(K-4)→S4(K)	(0,0,0,0,1,1,0)							S0	S0	S1	S2	S4			0	1	3	4
	(0,0,0,1,1,1,0)							S0	S1	S2	S3	S4			1	3	5	5
S5(K-4)→S4(K)	(1,0,0,0,1,1,0)							S5	S0	S1	S2	S4			1	1	3	4
	(1,0,0,1,1,1,0)							S5	S1	S2	S3	S4			2	3	5	5
S0(K-4)→S3(K)	(0,0,0,0,1,1,1)							S0	S0	S1	S2	S3			0	1	3	5
	(0,0,0,1,1,1,1)							S0	S1	S2	S3	S3			1	3	5	6
S5(K-4)→S3(K)	(1,0,0,0,1,1,1)							S5	S0	S1	S2	S5			1	1	3	5
	(1,0,0,1,1,1,1)							S5	S1	S2	S3	S5			2	3	5	6

[0056] 表4は、2つの状態遷移パターンのスタート状態から合流した状態までの軌跡を示す状態遷移（記録符号 (b_{k-1}, \dots, b_k)）、その状態遷移を経由した場合の可能性のある2つの記録系列 ($K-10, \dots, K$)、その状態遷移を経由した場合の可能性のある2つの理想的な再生波形（PR等価理想値）、2つの理想的な再生波形のユークリッド距離（バス間のユークリッド距離）を示す。

[0057] PR1221ML方式において、エッジ情報が必ず1つ含まれているパターンは、表4に示すユークリッド距離が10のパターンである。PR1221ML方式において、5Tスペース以上の長さのスペースのあとの2Tマー

クの始端エッジ部分の理想的な波形は、状態 S 0 (K-4) から状態遷移 S 4 (K) に遷移したときの 2 つの可能性のある波形のうち、図 9 に示す B パス波形のようになる。

[0058] 図 9 は、表 4 に示す P R 等化理想波形の一例を示す図である。P R 1 2 2 1 M L の理想的な再生信号レベルは 7 であることから図 9 に示す再生信号レベルの中心はレベル 3 である。図 9 に示す P R 1 2 2 1 M L の 2 T マークの信号振幅はレベル 4 を示していることから、2 T マークの信号振幅が P R 1 2 2 2 1 M L の場合よりも大きくなるように 2 T マークの始端エッジを調整することができる。2 T マークの始端エッジだけでなく、2 T マークの終端エッジや 3 T 以上の長さのマークの始終端エッジも同様に調整できる。このように、P R M L 方式の特性によって、調整後の記録マークの形状が異なってくることに注意することが必要である。

[0059] ここで、再生信号を評価するための信号評価演算と、エッジずれ検出のための信号評価演算とを説明する。再生信号を評価するための信号評価指標 M は、(式 1)、(式 2) および (式 3) から求めることができ、ジッターライクでかつ、P R M L の再生性能と相関のある指標となる。また、(式 2) において平均値を 0 と仮定して (式 3) を計算すれば、(式 3) は、(式 1) の分散をユークリッド距離の 2 乗で正規化した指標とすることができる。この指標については特許文献 1 で説明されているので、ここでは詳細な説明は省略する。参考のために特許文献 1 (特開 2 0 0 3 - 1 4 1 8 2 3 号公報) の開示内容を本明細書に援用する。

[数 1]

$$D = |Pa - Pb| - d^2 \quad (\text{式 1})$$

[数 2]

$$\sigma = \sqrt{D^2 - (\bar{D})^2} \quad (\text{式 2})$$

[数3]

$$M = \frac{\sigma}{2 \cdot d^2} \quad (\text{式 3})$$

[0060] PR1221ML方式での(式1)の演算の具体例を表5に示す。ここで、 $y_{k-3} \sim y_k$ は後述するPR等化波形(最尤復号部入力波形)系列であり、 $T_{-3} \sim T_3$ は表4に示すPR等化理想値系列(0から6の範囲を取り得る)であり、ユークリッド距離は10である($d^2=10$)。

[0061] [表5]

PR1221ML方式 $d^2=10$ のときの Pa-Pb

状態遷移	$b_k b_{k-1} b_{k-2}$ $b_{k-3} b_{k-4} b_{k-5} b_{k-6}$	Pa - Pb
$S0_{k-4} \rightarrow S4_k$	000x110	$(y_{k-3} - T_{-3})^2 + (y_{k-2} - T_{-2})^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_1)^2$ $- \{(y_{k-3} - T_{-2})^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_2)^2 + (y_k - T_2)^2\}$
$S0_{k-4} \rightarrow S3_k$	000x111	$(y_{k-3} - T_{-3})^2 + (y_{k-2} - T_{-2})^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_2)^2$ $- \{(y_{k-3} - T_{-2})^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_2)^2 + (y_k - T_3)^2\}$
$S2_{k-4} \rightarrow S0_k$	011x000	$(y_{k-3} - T_1)^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_{-2})^2 + (y_k - T_{-3})^2$ $- \{(y_{k-3} - T_2)^2 + (y_{k-2} - T_2)^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_{-2})^2\}$
$S2_{k-4} \rightarrow S1_k$	011x001	$(y_{k-3} - T_1)^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_{-2})^2 + (y_k - T_{-2})^2$ $- \{(y_{k-3} - T_2)^2 + (y_{k-2} - T_2)^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_{-1})^2\}$
$S5_{k-4} \rightarrow S4_k$	100x110	$(y_{k-3} - T_{-2})^2 + (y_{k-2} - T_{-2})^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_1)^2$ $- \{(y_{k-3} - T_{-1})^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_2)^2 + (y_k - T_2)^2\}$
$S5_{k-4} \rightarrow S3_k$	100x111	$(y_{k-3} - T_{-2})^2 + (y_{k-2} - T_{-2})^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_2)^2$ $- \{(y_{k-3} - T_{-1})^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_2)^2 + (y_k - T_3)^2\}$
$S3_{k-4} \rightarrow S0_k$	111x000	$(y_{k-3} - T_2)^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_{-2})^2 + (y_k - T_{-3})^2$ $- \{(y_{k-3} - T_3)^2 + (y_{k-2} - T_2)^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_{-2})^2\}$
$S3_{k-4} \rightarrow S1_k$	111x001	$(y_{k-3} - T_2)^2 + (y_{k-2} - T_0)^2 + (y_{k-1} - T_{-2})^2 + (y_k - T_{-2})^2$ $- \{(y_{k-3} - T_3)^2 + (y_{k-2} - T_2)^2 + (y_{k-1} - T_0)^2 + (y_k - T_{-1})^2\}$

[0062] 表4および表5に示すパターンはエッジの始末端部分に該当するため、マーク長とスペース長の組み合わせごとに再生デジタル信号を分類して(式1)の演算を行えば、組み合わせごとにエッジずれ方向およびエッジずれ量を求めることができる。また、表1に示すPR12221ML方式でも同様の考え方で演算することで、組み合わせごとのエッジずれ方向およびエッジず

れ量を求めることができる。

[0063] (実施形態1)

次に、本発明の実施形態による光ディスク装置を説明する。図1は、本発明の第1の実施形態による光ディスク装置100を示す図である。

[0064] 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情報記録媒体であり、例えば光ディスク媒体である。光ディスク装置100は、搭載された情報記録媒体1に対して情報の記録再生を行う記録再生装置である。

[0065] 光ディスク装置100は、再生部101と、記録条件調整部102と、記録部103とを備える。

[0066] 再生部101は、光ヘッド部2と、プリアンプ部3と、AGC (Automatic Gain Controller) 部4と、波形等化部5と、A/D変換部6と、PLL部7とを備える。再生部101は、情報記録媒体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。

[0067] 記録条件調整部102は、PRML部104と、信号評価指標演算部10と、調整部105とを備える。PRML部104は、可変PR等化部8と、可変最尤復号部9とを備える。調整部105は、エッジシフト検出部11と、光ディスクコントローラ部12とを備える。記録条件調整部102は、例えば半導体チップとして製造される。

[0068] 記録部103は、パターン発生部13と、記録補償部14と、レーザ駆動部15とを備える。

[0069] 光ヘッド部2は、対物レンズ2bを通過したレーザ光2aを情報記録媒体1の記録層に収束させ、その反射光を受光して、情報記録媒体1に記録された情報を示すアナログ再生信号を生成する。対物レンズ2bの開口数は0.7~0.9であり、より好ましくは0.85である。レーザ光2aの波長は410nm以下であり、より好ましくは405nmである。

[0070] プリアンプ部3は、アナログ再生信号を所定のゲインで増幅してAGC4へ出力する。AGC部4は、予め設定されたターゲットゲインを用いて、A/D変換部6から出力される再生信号のレベルが一定のレベルとなるように

再生信号を増幅して波形等化部5へ出力する。

- [0071] 波形等化部5は、再生信号の高域を増幅するフィルタ特性を有しており、再生波形の高域部分を増幅させてA/D変換部6へ出力する。
- [0072] PLL回路7は、波形等化後の再生信号に同期する再生クロックを生成してA/D変換部6へ出力する。
- [0073] A/D変換部6は、PLL回路7から出力される再生クロックに同期して再生信号をサンプリングしてアナログ再生信号をデジタル再生信号へ変換し、可変PR等化部8、PLL部7およびAGC部4へ出力する。
- [0074] 可変PR等化部8は、複数のPR方式の特性へフィルタ特性を可変できる機能を有する。可変PR等化部8は、記録再生系の周波数特性が可変最尤復号部9の想定する特性（例えば、PR(1, 2, 2, 1)等化特性、PR(1, 2, 2, 2, 1)等化特性など）となるように設定された周波数特性を有し、再生信号に対して高域雑音の抑制および意図的な符号間干渉の付加を行うPR等化処理を実行して可変最尤復号器部9へ出力する。
- [0075] 可変PR等化部8の特性を切り替える第1の方法を説明する。PR(a, b, b, a)等化特性を用いる場合において、 $b/a = A$ とし、AとしてA1とA2(A2はA1より小さい)とを用いる。これにより、A1を用いた高域強調型のクラスからA2を用いた高域を強調しないクラスに変更することができる。
- [0076] 第2の方法として、2Tを強調したPR等化特性から2Tを強調しないPR等化特性へ変更する。具体的には、可変PR等化部8は、PR(a, b, b, a)等化特性をPR(x, y, z, y, x)等化特性へ変更する。またその変更とともに、 $b/a = A$ 、 $((y+z)/2) / ((x+y)/2) = B$ とし、 $A > B$ となるx, y, zの係数を用い、高域を強調したクラスから高域を強調しないクラスに変更する。例えば、PR(1, 2, 2, 1)等化からPR(1, 2, 2, 2, 1)等化へ変更してフィルタの次数を増加させることにより、2Tを強調しないPR等化特性へ変更することができる。
- [0077] 可変最尤復号部9は、可変PR等化部8のPR特性に同期して、最尤復号

処理を切り替えることができる。例えば、上記第 1 の方法において A 1 から A 2 に変更した場合、復号処理に用いる閾値を A 2 に最適となるように変更する。また、上記第 2 の方法においては、復号処理に用いる閾値および復号則が最適となるように変更する。

- [0078] 可変最尤復号部 9 は、例えばビタビ復号器であり、パーシャルレスポンスの型に応じて意図的に付加された符号的規則に基づいて尤も確からしい系列を推定する最尤復号方式を用い、可変 PR 等化部 8 で PR 等化された再生信号を復号して 2 値化データを出力する。この 2 値化データは、復調 2 値化信号として後段の回路（図示省略）へ出力され、所定の処理が実行されて情報記録媒体 1 に記録されている情報が再生される。
- [0079] 信号評価指標演算部 10 には、可変 PR 等化部 8 から出力された波形整形されたデジタル再生信号と、可変最尤復号部 9 から出力された 2 値化信号とが入力される。信号評価指標演算部 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（式 1）の演算を実行する。さらに、信号評価指標演算部 10 は、2 値化信号に基づいて、マーク長とスペース長の組み合わせごとに上記演算結果を分類する。例えば、上記表 1 に示す 18 パターンや表 4 に示す 8 パターンのパターンごとに（記録マークの始末端エッジのパターンごとに）パルス信号を生成してエッジシフト検出部 11 に出力する。
- [0080] エッジシフト検出部 11 は、上記演算結果をパターンごとに累積加算し、記録マークのエッジ位置を調整するパラメータの最適値からのずれ（エッジシフトとも言う）を求める。
- [0081] 光ディスクコントローラ部 12 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。さらに、光ディスクコントローラ部 12 は、PRML 特性を変更するための制御信号を可変 PR 等化部 8、可変最尤復号部 9 および信号評価指標演算部 10 へ出力する。可変 PR 等化部 8、可変最尤復号部 9 および信号評価指標演算部 10 は、PRML の特性変更に応じて、処理および演算が異なってくる場

合があるので、光ディスクコントローラ部 12 によって同期して変更する。

[0082] パターン発生部 13 は、記録マークのエッジを調整するための記録パターンを出力する。記録補償部 14 は、光ディスクコントローラ部 12 から受け取った記録パラメータと、記録パターンとに従ってレーザ発光波形パターンを生成する。レーザ駆動部 15 は、生成されたレーザ発光波形パターンに従って、光ヘッド部 2 のレーザ発光動作を制御する。

[0083] 次に、光ディスク装置 100 の動作をより詳細に説明する。記録パラメータ調整を実行する場合、光ディスクコントローラ部 12 は、光ディスク媒体のコントロールデータ等に記載されている記録パラメータの初期値およびその初期値から数ステップずらした試し記録を実行するように記録補償部 14 に指示する。光ディスクコントローラ部 12 は、数パターンの記録パラメータを記録補償部 14 に出力する。パターン発生部 13 は、記録マークのエッジを調整するための記録パターンを出力する。記録補償部 14 は、光ディスクコントローラ部 12 から受け取った記録パラメータと、記録パターンに従ってレーザ発光波形パターンを生成する。レーザ駆動部 15 は、生成されたレーザ発光波形パターンに従って、光ヘッド部 2 のレーザ発光動作を制御する。この一連の処理により、記録エッジ調整のための試し記録が完了する。次に、試し記録をした領域を再生する。

[0084] 光ディスクコントローラ部 12 は、PR 1221 ML の特性となるように、可変 PR 等化部 8、可変最尤復号部 9 および信号評価指標演算部 10 に指示する。可変 PR 等化部 8 は、出力波形が PR 1221 特性となるように、波形整形する。可変最尤復号部 9 は、ブランチメトリック計算時に用いるしきい値を PR 1221 ML 用に変更し、状態数を 6 状態に、ブランチメトリックの遷移パスを 10 に制限する。

[0085] 信号評価指標演算部 10 は、PR 1221 ML 用の再生信号評価指標 M が演算できるように、表 4 に示す状態遷移パスに基づいて、上記 (式 1) ~ (式 3) を演算し、演算結果をエッジシフト検出部 11 に出力する。エッジシフト検出部 11 は、マーク長とスペース長の組み合わせごとにエッジシフト

量を集計演算し、光ディスクコントローラ部 12 に出力する。光ディスクコントローラ部 12 は、集計されたエッジシフト量から、記録マークのエッジを調整するパラメータの最適値を求め、記録補償部 14 に最適パラメータを出力する。この一連の処理により、記録マークのエッジを調整するパラメータの最適値を求めることができる。

[0086] また、ユーザーデータ等の再生を実行する場合、光ディスクコントローラ部 12 は、PR12221ML の特性となるように、可変PR等化部 8 および可変最尤復号部 9 に指示する。可変PR等化部 8 は、出力波形がPR12221特性となるように波形整形する。可変最尤復号部 9 は、ブランチメトリック計算時に用いるしきい値をPR12221ML用に変更し、状態数を10状態に、ブランチメトリックの遷移パスを16に制限する。可変最尤復号部 9 は、再生信号を復号して2値化データを出力する。この2値化データは、復調2値化信号として後段の回路（図示せず）へ出力され、所定の処理が実行されて情報記録媒体 1 に記録されている情報（映像、音声、文字情報等）が再生される。

[0087] また、記録領域の記録品質を測定するための再生を実行する場合、光ディスクコントローラ部 12 は、PR1221ML の特性となるように、可変PR等化部 8、可変最尤復号部 9 および信号評価指標演算部 10 に指示する。可変PR等化部 8 は、出力波形がPR12221特性となるように波形整形する。可変最尤復号部 9 は、ブランチメトリック計算時に用いるしきい値をPR12221ML用に変更し、状態数を10状態に、ブランチメトリックの遷移パスを16に制限する。

[0088] 信号評価指標演算部 10 は、PR12221ML用の再生信号評価指標Mを演算できるように、表1～表3に示す遷移パスに基づいて、上記（式1）～（式3）の演算し、演算結果をエッジシフト検出部 11 に出力する。エッジシフト検出部 11 は、表1～表3で示す遷移パスごとに信号評価指標Mを集計演算し、光ディスクコントローラ部 12 に出力する。光ディスクコントローラ部 12 は、集計された信号評価指標Mから、記録領域の記録品質を判

断することができる。この場合、エッジシフト検出部 11 は、エッジシフトだけを集計するブロックではなく、信号評価指標 M を集計するブロックとしても用いることができる。

[0089] このように、記録パラメータを調整する場合（特に、マークとスペースの境界部分のエッジ位置に係わるパラメータを調整する場合）には、記録特性が最適となる PRML 特性を選択して記録パラメータを調整し、メディアの記録品質を最適化する。これにより、システムの記録のマーヅン確保を容易に達成することができる。

[0090] PR12221ML を用いたエッジ位置調整を実行すると、2T マークまたは 3T マーク等のマーク長が小さくなるように調整され、その結果、記録のマーヅンが減少（記録パワーずれ、ストラテヅずれの許容範囲が狭くなること）し、再生信号から同期信号を生成する PLL が不安定となる場合がある。また、特に、2T マークまたは 3T マーク等の短いマークを小さくする記録をすると、信号評価指標ジッターが極端に悪化し、再生系に PRML 方式でない別の判別方式（例えばレベル判別方式）を用いた装置では再生が困難となり、光ディスク媒体の互換という意味で問題となる場合がある。そこで、エッジ調整時には、PR1221ML を用いることで、適切な長さのマーク長となるように、2T マークおよび 3T マーク等のマーク長（またはマーク位置）を調整することができ、記録のマーヅンを最大限にする記録の実現と、再生信号から同期信号を生成する PLL の安定性の実現と、光ディスク媒体の安定した互換性維持を実現することができる。

[0091] 上述したように、再生する場合（ユーザー領域にアクセスして情報を再生する場合）には、再生性能が最高となる PRML 特性を選択して再生することで、システムの再生のマーヅンを最大限拡大することができる。

[0092] 上述したように、記録領域の記録品質を測定するための再生を実行する場合、再生時に用いる PRML 特性の信号評価指標 M 等を演算することで、システムの再生性能を認識することができる。この指標 M を用いて、システムマーヅンを確認することで、光ディスク装置に挿入されたメディアの記録状

態や記録性能が、装置側でサポートできるか等を判断できる。例えば、記録パワーを変化して試し記録した領域の信号評価指標Mの値の変化や、最適記録パラメータで記録した領域の信号評価指標Mの値から判断することができる。

[0093] また、信号評価指標Mを用いて、サーボパラメータ（フォーカス位置パラメータ、球面収差位置パラメータ、トラッキング位置パラメータ等）の最適化を行ってもよい。パラメータ変化に指標Mの値が敏感に変化することが望ましい場合は、再生に用いるPRML特性ではなく、それよりも再生性能が悪いPRML特性に切り替えて調整することができる。例えば、パラメータを変化させて、評価指標Mの変化の谷を見つけてパラメータの最適値を抽出する方法では、少ないパラメータ変化で谷を見つけることができるので、パラメータを大きく変化させた場合に発生する可能性があるサーボ外れ等の状態を防ぐことができ、システムの安定化を実現することができる。

[0094] 図10に、各PRML特性の指標Mとフォーカスパラメータとの関係を示す。PR1221MよりもPR12221MLの方が、高い再生性能を示す場合、PR1221MLの指標Mでフォーカスパラメータを調整した方が、パラメータ変化が小さい範囲で指標Mの谷を精度よく検出できる。

[0095] このようなサーボパラメータの最適化を行う光ディスク装置200を図11に示す。光ディスク装置200の構成要素は、光ディスク装置100（図1）の構成要素とほぼ同等であるが、説明を簡単にするために一部の構成要素の図示を省略している。光ディスク装置200は、サーボ制御部16をさらに備える。

[0096] サーボ制御部16は、光ヘッド部2の位置制御、フォーカス位置制御、球面収差位置制御およびトラッキング位置制御等、光ディスク媒体の特定位置にアクセスする場合に必要な制御を行う。光ディスクコントローラ部12は、フォーカスパラメータの最適値（図10）をサーボ制御部16へ出力する。サーボ制御部16は、そのパラメータを用いてフォーカス位置を制御する。フォーカス位置パラメータだけでなく、球面収差位置パラメータ、トラッ

キング位置パラメータ等も同様に求めて、各サーボパラメータを最適にすることで、光ディスク装置の記録再生動作の安定化が実現できる。サーボパラメータの最適化は、再生時のサーボパラメータだけでなく、記録時のサーボパラメータに関しても行うことができる。

[0097] また、上述したように、PRML特性によって信号評価指標の演算が異なってくるので、PRML特性の切り替えと同時に、信号評価指標の演算も選択されたPRML特性に合った演算に切り替える。

[0098] このように、記録調整の場合と、再生の場合、および信号品質測定用の再生の場合等、用途別にPRML特性を切り替えることで、各種記録パラメータの最適化と、再生性能の最適化、および各種再生パラメータの最適化が容易に実現でき、それにより、記録品質および再生性能が高く、互換性が高い光ディスク装置を提供することができる。

[0099] 上述の説明において、PRML方式として、PR1221ML方式とPR12221ML方式を取り上げて説明したが、本発明はこれに限定されない。本発明の趣旨を実施できる別のPRML方式の組み合わせであっても本発明の効果は同様に得られる。

[0100] また、試し記録は必ずしも必要ではなく、初期値の記録パラメータで記録した情報から、エッジのずれを検出して、記録パラメータを補正してもよい。

[0101] また、可変PR等化部8は、FIR (Finite Impulse Response) フィルタ構成を備え、LMS (The Least-Mean Square) アルゴリズムを用いて、適応的にタップ係数を制御してもよい (非特許文献2参照)。

[0102] また、光ディスク媒体に情報を記録するときの記録密度に応じて、PRML特性を切り替えてもよい。この場合は、結果として、すべての場合で、同じPRML特性を選択してもよい。

[0103] また、PRML特性の切り替えに応じて、光ディスクコントローラ部12が波形等化部5の等化特性を切り替えてもよい。波形等化部5の波形等化は

、PLL部7の前段で波形を整形することで、PLLの安定性を確保するという役割と、可変PR等化部8の出力特性を良好するという役割がある。PRML特性を高域強調型または非高域強調型に切り替えるのと同期して、波形等化部5の波形等化の特性を切り替えることで、PLLの安定性を確保するとともに、可変PR等化部8の出力特性を良好にすることができる。この2つの特性が両立しない場合は、波形等化部をPLL用とPRML用に2つ設けてもよい。PR1221MLからPR12221ML方式に切り替えた場合は、PLL用の波形等化部の特性のゲインを上げ（例えば、高域周波数の振幅を上げる特性にする）、PR等化用の波形等化部の特性のゲインを下げればよい（例えば、高域周波数の振幅を下げる特性にする）。また、PLL用の波形等化のみを行ってもよい。波形等化部5をA/D変換部6の後段に配置し、デジタル波形等化部として機能してもよい。

[0104] また、上述の説明では、エッジシフトと相関のある記録パラメータを調整したが、調整する記録パラメータは特に限定されない。調整する記録パラメータは、記録信号波形の始端位置や終端位置、記録波形の高さ（記録パワー）であってもよい。すなわち、マークのエッジ位置が調整できれば、どの記録パラメータでもよい。また、調整する記録パラメータは、記録パワーであってもよい。エッジのずれ方向およびずれ量からマーク長を算出することができ、このマーク長が所定の長さとなるように記録パワーを調整してもよい。

[0105] また、図1に示したプリアンプ部3、AGC部4および波形等化部5は1つの、アナログ集積回路（LSI）として構成されてもよい。A/D変換部6、PLL部7、可変PR等化部8、可変最尤復号部9、信号評価指標演算部10、エッジシフト検出部11、光ディスクコントローラ部12、パターン発生部13および記録補償部14は、アナログデジタル混載の1つの集積回路（LSI）として構成されてもよい。もちろん、このアナログデジタル混載の集積回路は、プリアンプ部3、AGC部4および波形等化部5を含んでもよい。レーザ駆動部15は1つのドライバーLSIとして構成され、光

ヘッド部 2 に組み込まれてもよい。

[0106] なお、上述した光ディスク装置 100 および 200 は記録再生装置であったが、再生専用装置であってもよく、この場合はパターン発生部 13 と記録補償部 14 が省略され得る。またこの場合、サーボ制御部 16 は、上記アナログデジタル混載の集積回路の 1 ブロックとして含まれてもよい。光ディスク装置 100 に、サーボ制御部 16 が追加されてもよい。これら光ディスク装置の構成例は、本発明を限定するものではなく、他の構成であってもよい。

[0107] また、記録調整、再生および信号品質測定用の再生は、例えば、記録アクセスコマンド、再生アクセスコマンド、測定アクセスコマンド等の各アクセスコマンドによって識別される。

[0108] (実施形態 2)

図 12 は、本発明の第 2 の実施形態による光ディスク装置 300 を示す図である。光ディスク装置 300 は、記録条件調整部 102 が含む構成要素が異なること以外は、光ディスク装置 100 (図 1) と同じ構成要素を備える。

[0109] 光ディスク装置 300 の信号評価指標演算部 10 は、表 1 に示すパターンについての評価指標の演算 (検出)、表 2 に示すパターンについての評価指標の演算 (検出)、表 3 に示すパターンについての評価指標の演算 (検出) を行う。評価指標の演算により、評価指標の値を検出する。光ディスク装置 300 は、選択部 17 をさらに備える。選択部 17 は、演算結果 (検出結果) のうちのいずれを光ディスクコントローラ部 12 へ出力するかを選択する。

[0110] 選択部 17 は、光ディスクコントローラ部 12 からの制御信号を受けて、表 1 ~ 表 3 に示すパターンのうちのどのパターンの信号評価指標の検出結果を出力するかを選択する。表 1 ~ 表 3 に示すパターンのうちのすべてを選択することも、一部を選択することも可能である。

[0111] 次に、3.3. 3GB/層の記録線密度の BD (Blu-ray Disc

）に対して記録パラメータを調整する時の再生処理、および通常のユーザー領域の再生処理を説明する。

[0112] 光ディスクコントローラ部12は、PRML検出部104の可変PR等化部8および可変最尤復号部9に対して、PR12221ML方式を選択するように指示する。また、光ディスクコントローラ部12は、信号評価指標演算部10における表1パターン評価指標検出結果のみを出力するように、選択部17に指示する。

[0113] 光ディスクコントローラ部12は、その検出結果を信号の評価値として認識し、記録領域の再生で得られた再生デジタル信号の信号品質を認識する。

[0114] PR12221ML方式のような高次のPRML方式は、符号間干渉の影響下で再生信号を識別するために、より長い区間の波形のパターンを用いて、再生信号波形を認識する方式である。ここで、PR12221MLで最も間違い易いパターンを示す表2および表3と、PR1221MLで最も間違い易いパターンを示す表4とを比較すると、より長い区間とは、最小の波形距離で合流するパス距離が長い区間（時間Kの推移が長い）のことである。波形距離とは、ここでは、ビタビ復号する際の基準となる波形の可能性のある2つの波形の離れ具合を示す表現である。なお、最も間違い易いパターンとは、最小の波形距離で合流するパスのパターンである。

[0115] 表2に示す評価パターンは、2Tマーク（または2Tスペース）に対応する2T信号が孤立するパターンであるため、2T信号の始端と終端の2つのエッジ（ゼロクロス情報）を持つ。ゼロクロス情報は、信号のゼロクロス部分を示している。1つのパターンから1つのゼロクロス情報の誤差を分離して検出できないため、ゼロクロス情報に着目してマーク長ごとに記録パラメータを調整するときに、ゼロクロス部分を個別に調整することは困難である。

[0116] 表3に示す評価パターンは、2T信号が連続するパターンと2T信号の前または後が2T信号でないパターンを含み、複数のゼロクロス情報を持つ。1つのパターンから1つのゼロクロス情報の誤差を分離して検出できない

め、ゼロクロス情報に着目してマーク長ごとに記録パラメータを調整するとき、ゼロクロス部分を個別に調整することは困難である。

[0117] 表 1 に示す評価パターンは、PR12221ML で最も間違い易いパターンではないものの、ゼロクロス情報を 1 つのみ有するパターンである。1 つのパターンから 1 つのゼロクロス情報の誤差を分離して検出できるため、ゼロクロス情報に着目してマーク長ごとに記録パラメータを調整するとき、ゼロクロス部分を個別に調整することができる。

[0118] PR12221ML 方式は、最小差分メトリックの合流パス中に複数のゼロクロス情報（ゼロクロス部分）が含まれる PRML 方式であり、本実施形態では、この PR12221ML 方式を用いて再生デジタル信号の信号品質を計算する。このとき、非最小差分メトリックの合流パス中にゼロクロス情報が 1 つのみ含まれる状態遷移パターンのみを用いて評価指標を計算して信号品質を検出する。この非最小差分メトリックの合流パス中にゼロクロス情報が 1 つのみ含まれる状態遷移パターンは、表 1 に示す状態遷移パターンである。特に、信号のゼロクロス部分に情報を持たせるマークエッジ記録方式を採用する光ディスク媒体では、このゼロクロス部分の検出および評価が、記録された領域の品質の評価および調整に非常に重要な要素となる。

[0119] なお、図 12 に示す可変 PR 等化部 8 および可変最尤復号部 9 は、PRML 方式の切り替えが可能な構成でなくともよい。例えば、PR12221ML 方式に固定された構成でもよい。

[0120] メディア評価を行うとき、信号評価指標として、エラーレートと最も関連のある指標（最も間違い易いパターンに対応する指標）を用いていた。しかし、表 2 および表 3 に示すように、最短マークに関するパターンということが予め分かっている点で、信号処理である程度対応は可能である。重要なのは、信号処理で対処できない SN、消去特性、アーカイバル特性（記録品質の維持、経年に伴う消え難さ）等に関する対処である。これらの特性が良好か否かの判定は、ゼロクロスに関する情報を用いて行う。このため、どのような高次の PRML 方式であっても、記録の状態を評価するに当たっては、

光ディスク媒体の記録方式に適合したパターンを選択して評価するのが望ましい。

- [0121] 記録線密度の向上に伴い発生し得る符号間干渉およびSNRの悪化等を考慮して、最適なPRML方式を選択する必要がある。本実施形態では、所定の記録線密度まではPR1221ML方式を採用し、それ以上の記録線密度の記録情報を再生する場合、PR12221MLの方式を用いる。
- [0122] 図13および図14を参照して、BDの記録線密度について説明する。BDにおいても、DVD(Digital Versatile Disc)と同様に、データは記録層の物理変化により生じるマーク列としてトラック131上に記録される。このマーク列の中で最も長さの短いものが最短マーク132であり、25GB記録容量のBDの場合、その物理的長さは $0.149\mu\text{m}$ となっている。これは、DVDの最短マーク長の約 $1/2.7$ に相当し、光学系の波長パラメータ(405nm)とNAパラメータ(0.85)を変えて、レーザの分解能を上げて、記録マークを識別できる限界である光学的な分解能の限界に近づいている。なお、マークの最短マーク長は $2T$ であり、スペースの最短スペース長も $2T$ である。
- [0123] 図13は、トラック131上に記録されたマーク列に光ビームスポット133が形成されている状態を示している。BDでは、光学系パラメータにより光スポット133の直径は約 $0.39\mu\text{m}$ 程度となる。光学系の構造は変えないで記録線密度を向上させる場合、スポット径に対する記録マークが相対的に小さくなるため、再生の分解能は悪くなる。
- [0124] 光ビームを照射して記録マークを再生した際の再生信号振幅は、記録マークが短くなるに従って低下し、光学的な分解能の限界でゼロとなる。この記録マークの周期の逆数を空間周波数といい、空間周波数と信号振幅の関係をOTF(Optical Transfer Function)という。信号振幅は、空間周波数が高くなるに従ってほぼ直線的に低下し、振幅ゼロとなる再生の限界をOTFカットオフ(cutoff)という。図14は、25GB記録容量のBDのOTFと最短記録マークとの関係を示す。BD

の最短マークの空間周波数は、OTFカットオフ周波数（OTFカットオフとなる空間周波数）に対して80%と、OTFカットオフ周波数に近づいている。また、最短マークの再生信号振幅も、約10%と非常に小さくなっている。BDの最短マークの再生がOTFカットオフになる、すなわち再生振幅がほとんど出ない記録線密度は、BDでは約31GB相当になる。

[0125] 最短マークの空間周波数がOTFカットオフ周波数付近になる、または、それを超える周波数になると、光学的分解能の限界、もしくは超えていることもあり、再生信号の再生振幅が小さくなり、SNRが急激に劣化する。

[0126] 例えば、PR1221ML方式とPR12221ML方式を切り替える記録密度を、BDであれば31GB相当の記録線密度とする。最短マークの空間周波数がOTFカットオフ周波数になる記録線密度は、計算上は31.8GBであり、31.8GBよりも小さい線密度の段階でPR1221ML方式とPR12221ML方式を切り替えるのが望ましい。

[0127] なお、切り替える記録線密度は、レーザ分解能だけでなく、メディアの持つ記録特性に関わるSNR等もよく考慮し、31GBより低密度であってもよいし高密度であってもよい。

[0128] 情報記録媒体1の記録層の1層当たりの記録線密度は例えば31GB以上であり、31.8GB以上であってもよい。例えば、記録層の1層当たりの記録線密度は約33.3GBである。情報記録媒体1は、記録層を3層以上備えていてもよく、3層の記録層の合計の記録線密度は約100GBとなる。

[0129] また、上述したPRML方式は一例であって、これに限定されない。記録線密度に応じたPRML方式を選択すればよい。

[0130] 上述したように、信号のゼロクロス部分に情報を持たせるマークエッジ記録方式を採用する光ディスク媒体では、このゼロクロス部分の検出および評価が、記録された領域の品質の評価および調整に非常に重要な要素となる。そのゼロクロス部分を用いた信号評価方法の一例を説明する。

[0131] 光ディスク装置300（図12）の信号評価指標演算部10は、表1パタ

ーン評価指標（表 1 に示すパターンについての信号評価指標）を演算して検出し、検出結果は、マーク長とスペース長の組み合わせごとに分離される。その分離により、パターンごとのエッジズレや S N R が分かる。計算例として、本発明の実施形態 1 の説明で示した（式 1）の演算を行い、演算結果をジッターライクな分布の指標として用いてもよい。

[0132] 図 1 5 は、表 1 に示すパターンに対する信号評価指標の演算（式 1）の結果の分布（指標 D の値の分布）を示している。横軸は（式 1）で求めた D の値、縦軸はその頻度である。P R 1 2 2 2 1 M L 方式の場合、（式 1）における d の 2 乗は 1 4 である。

[0133] 図 1 5（a）は、分布の平均値がほぼ 0 であり、標準偏差 σ も比較的小さい値となる分布を示しており、再生信号品質は良好であることを示す例である。図 1 5（b）は、標準偏差 σ は比較的小さい値を示しているが、分布の平均値がずれている分布を示しており、該当パターンがエッジズレを起こしている例である。図 1 5（c）は、分布の平均値がほぼ 0 であるが、標準偏差 σ が比較的大きい値を示す分布を示しており、該当パターンのエッジの S N R が悪いことを示す例である。これらの評価方法を用いて、マーク長とスペース長の組み合わせごとに分離して信号品質を解析すれば、光ディスク媒体に形成された記録マークの品質を精度よく評価することができる。信号品質評価処理では、計算した信号品質に基づいて再生デジタル信号の S N 比の度合いとエッジシフトの度合いとの少なくとも一方を決定する。計算した品質評価指標値の分布の平均値から再生デジタル信号のエッジシフトの度合いを決定することができる。また、計算した品質評価指標値の分布の標準偏差から再生デジタル信号の S N 比の度合いを決定することができる。

[0134] そして、その評価結果から、マーク長とスペース長の組み合わせごとのエッジズレや S N R が良化するように記録パラメータを変更して記録すればよい。ここで、エッジズレの良化とは分布の平均値ができるだけ 0 に近づくようにすることであり、S N R の良化とは標準偏差 σ が小さくなるようにすることである。例えば、光ディスクコントローラ部 1 2 が、信号評価指標演算

部10から評価結果を受けて、どの記録パラメータを変更すればよいかを判断し、記録補償部14にその変更後のパラメータを出力してもよい。記録パラメータは、記録パワーパラメータ、記録パルス位置パラメータ等を含む。また、これらの評価結果を用いて、上述したサーボパラメータ（フォーカス位置パラメータ、球面収差位置パラメータ、トラッキング位置パラメータ等）の最適化を行ってもよい。

[0135] 評価方法として、エッジずれとSNRを分離して別々に評価してもよいし、両方含めて評価してもよいし、演算結果をパターンごとに分離して評価してもよい。

[0136] これらの評価値の目標としては、十分システムマージンを確保できる範囲に設定すべきで、(式1)で求まるDの分散値をTWで正規化すれば、エラーレートと相関ある評価値として用いることができる。ここで、TWは、 $2 \times d$ の2乗である。例えば、トータルの指標の目標値を10%として、要素ごとに目標をおいて評価してもよい。例えば、エッジずれの目標値を4.3%にして評価を行ってもよい。また、SNRの目標値を9%として評価を行ってもよい。

[0137] (実施形態3)

次に、本発明の第3の実施形態による情報記録媒体を説明する。図16は、本実施形態の情報記録媒体1を示す図である。情報記録媒体1は、上述した光ディスク装置100~300に搭載される。

[0138] 図16では、情報記録媒体1の一例として、多層の相変化薄膜ディスク媒体を示しているが、記録層を1層のみ備える単層構造のディスク媒体であってもよい。図16に示す情報記録媒体1は、 n 層(n は2以上の整数)の記録層を備える。情報記録媒体1は、レーザ光2a(図1)の照射側から、カバー層(保護層)162と、記録層 $L_n \sim L_0$ と、ポリカーボネート基板161とを備える。また、記録層 $L_n \sim L_0$ の間には、光学的緩衝材として機能する中間層163が挿入されている。基板161の厚さは例えば1.1mmである。カバー層(保護層)162の厚さは例えば $10 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$

であり、より好ましくは $100\mu\text{m}$ 以下である。

[0139] レーザ光2a(図1)の照射方向164は光ヘッド部2から情報記録媒体1のカバー層162に向かう方向であり、レーザ光2aは情報記録媒体1のカバー層162側から情報記録媒体1内へ入射する。

[0140] このように、1層当たりの記録容量を維持しつつ、多層構造にすることで、情報記録媒体1枚当たりの記録容量を増やすことが提案されている。しかし、記録層の多層化は、再生動作にいろいろな影響を及ぼす場合がある。例えば、多層化により透化率バランスを最適化できないために起因する反射率の低下、中間層幅を小さくすることによる層間クロストークに起因するSNRの低下、光ヘッド部の構成に起因する迷光によるSNRの低下等が発生する。これらのSNRを適切に定量的に測定する方法が望まれている。

[0141] 上記表2および表3に示すパターンを用いた評価方法では、確かに、エラーレートとの相関を持つ評価値を得ることができる。しかし、記録条件によっては、適切にSNR成分を評価することができなかった。上述したように、表2および表3に示すパターンは、2T信号の孤立パターンあるいは2T信号の繰り返しパターンを含む。PR12221ML方式は、2T振幅が0(波形の中心レベル)として再生されることを期待して再生する方式である。そのため、エッジずれがなく、SNRも良好な記録状態においても、2T信号のDCレベルが大きくなるような再生信号波形、すなわちアシンメトリ波形を評価する場合、評価指標はDCレベルのずれの影響を大きく受ける。このため、表2および表3に示すパターンを採用すると、アシンメトリ性のある波形を評価する場合に、適切にSNRの影響を精度よく評価することができない場合がある。そこで、本発明では、上述したように、表1に示すパターンを用いて評価をすることで、メディアの特性や光ヘッド部の特性を適切に評価することができる。

[0142] なお、上述の説明では、多層構造のメディアの課題を挙げ、それに対する本発明の効果について説明したが、記録層を1層のみ備える単層構造のメディアの評価にも本発明は有用である。また、記録型情報記録媒体についてだ

けでなく、ROM (Read Only Memory) 型情報記録媒体の評価にも本発明は有用である。

[0143] (実施形態4)

上記のディスクの評価方法では、最も重要であるマークの形成に係わるエッジ部に注目する指標として、PR12221ML方式における、非最小差分メトリックの合流パス中にゼロクロス情報が1つのみ含まれる状態遷移パターンのみを用いて評価指標を計算して、信号品質を検出した。具体的には、非最小差分メトリックの合流パス中にゼロクロス情報が1つのみ含まれる状態遷移パターンは、表1に示す状態遷移パターンであった。ディスクの評価方法としては、表1のパターンを主眼として評価すれば十分であったが、エラーレートとより高い相関のある信号評価指標とするためには、PR12221ML信号処理において、エラーが発生する可能性が高いパターンをすべて考慮した評価指標にすることが望ましい。

[0144] 図17は、PR12221ML信号処理における差分メトリックの分布図である。横軸は、ユークリッド距離の2乗とし、縦軸は、その頻度を示している。ユークリッド距離の2乗が小さい程、PR12221ML信号処理において、エラーとなる可能性を秘めていることを示している。この図17から、ユークリッド距離の2乗は、12と14の部分に分布の群を持ち、それより高い値の群は30以上しかないと分かる。すなわち、エラーレートと高い相関のある信号指標とするためには、ユークリッド距離の2乗が12と14の群に着目すれば十分であることがわかる。この群は、すなわち、表1、表2および表3のパターンである。

[0145] 図18は、表1のパターン及び表2のパターン及び表3のパターンを用いたときの、上記(式1)の差分メトリック部 $|P_a - P_b|$ の分散の様子を示したもので、横軸はユークリッド距離の2乗、縦軸はその頻度を示す図である。図18の分布(A)は、ユークリッド距離の2乗が14の表1のパターンのみの分布の例であり、この分布は、ほぼ、ユークリッド距離の2乗が14を中心に分布している。図18の分布(B)は、ユークリッド距離の2

乗が12の表2のパターンのみの分布の例であり、この分布は、ほぼ、ユークリッド距離の2乗が12を中心に分布している。図18の分布(C)は、ユークリッド距離の2乗が12の表3のパターンのみの分布の例であり、この分布は、ほぼ、ユークリッド距離の2乗が12を中心に分布している。

[0146] 表1のパターンと、表2のパターンと、表3のパターンは、ユークリッド距離も異なるが、表における0及び1の系列からも分かるように、エラー発生個数も異なる。ユークリッド距離の2乗が14の表1パターンは、1ビットエラーが発生するパターンであり、ユークリッド距離の2乗が12の表2パターンは、2ビットエラーが発生するパターンであり、ユークリッド距離の2乗が12の表3パターンは、3ビット以上のエラーが発生するパターンである。特に、表3パターンは、2T連続個数に依存し、例えば、6個連続まで許容されている記録変調符号であれば、最大6ビットエラーが発生するパターンとなる。表3では、6ビットエラーまで表現はしていないが、2Tの連続するパターンを拡張すればよい。説明を簡単にするために表3では省略している。

[0147] また、各表のパターンは、記録変調符号系列における発生確率も異なる。例えば、表1のパターンは、全サンプルに対して約40%、表2のパターンは、全サンプルに対して約15%、表3のパターンは、全サンプルに対して約5%程度の発生頻度となる。

[0148] 図18の分布(A)、(B)、(C)は、ばらつきを示す標準偏差 σ と、検出ウィンドウ(ユークリッド距離)と、発生頻度と、エラービット数に対する重みとが異なるために、エラーに対する影響が異なってくる。

[0149] ここで、この3つの信号分布からエラーと相関の高い信号指標を得る方法について、その一例を説明する。

[0150] (式4)は、表1のパターンを用いて、差分メトリックを求める式を示している。ここで、差分メトリックについて、簡単に説明する。PRML処理により、ディスクより再生された再生信号から2値化信号を生成する。その2値化信号から表1の記録符号パターンのいずれかを検出し、それを正パタ

ーンとし、その正パターンに対応するPR等化理想値（理想信号）を算出する。さらに、正パターンに対比する誤パターンと、その誤パターンに対応するPR等化理想値を算出する。

[0151] 例えば、表1において、正パターンを（0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0）とすると、その正パターンに対応するPR等化理想値は、（1, 3, 5, 6, 5）となる。一方、誤パターンは（0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0）とすると、その誤パターンに対応するPR等化理想値は、（0, 1, 3, 4, 4）となる。この場合、ユークリッド距離の2乗値は、正パターンと誤パターンのPR等化理想値の差の2乗なので、14となる。

[0152] 次に、再生信号系列と、正パターンに対応するPR等化理想値との差の2乗値を求め、それをPBとする。同様に、再生信号系列と、誤パターンに対応するPR等化理想値との差の2乗値を求め、それをPAとする。そして、その差分のPA-PBを求める。この差分情報を、正パターンと誤パターンのPR等化理想値の差の2乗値（14）でオフセットさせる。これが（式4）に相当する演算である。もちろん、ここでは、正パターンと誤パターンのPR等化理想値の差の2乗値（14）でオフセットさせているが、特に必要はない。分布の中心が0となるように演算上の都合で記載している。

[0153] なお、PBを正パターンの期待値と信号との距離の計算結果とし、PAを正パターンに対応した誤パターンの期待値と信号との距離の計算結果としてもよい。この場合、PA-PBの計算結果は、理想的なユークリッド距離の2乗値14を中心とした分布となり、（式4）で示すような絶対値演算が必要となくなる。

[0154] 同様に、（式5）は、表2のパターンを用いて、差分メトリックを求める式を示している。（式6）は、表3のパターンを用いて、差分メトリックを求める式を示している。

[数4]

$$D_{14} = |Pa - Pb| - d^2_{(14)} \quad (\text{式4})$$

[数5]

$$D_{12A} = |Pa - Pb| - d^2_{(12A)} \quad (\text{式 5})$$

[数6]

$$D_{12B} = |Pa - Pb| - d^2_{(12B)} \quad (\text{式 6})$$

[0155] 求められる差分メトリックの分布をガウス分布と仮定すると、エラーの発生する確率（bER）は、分布の σ （分散）を用いた（式7）から求めることができる。

[数7]

$$bER = p \times \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-d)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (\text{式 7})$$

[0156] p は、全チャネルポイントに対する分布の成分の発生確率である。表1のパターンによる差分メトリックは、（式4）で算出することができ、その分布の例が、図18の分布（A）である。この分布から求められる、表1のパターンで発生するエラー発生確率は、（式8）から求めることができる。

[数8]

$$bER_{14} = 1 \times p_{14} \times \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{14}} e^{-\frac{(x-d_{14})^2}{2\sigma_{14}^2}} dx \quad (\text{式 8})$$

[0157] p_{14} は、全チャネルポイントに対する分布の成分の発生確率である。また、表1のパターンで発生するエラーは1ビットエラーであるため、1を乗じている。

[0158] 表2のパターンによる差分メトリックは、（式5）で算出することができ、その分布の例が、図18の分布（B）である。この分布から求められる、表2のパターンで発生するエラー発生確率は、（式9）から求めることができる。

[数9]

$$bER_{12A} = 2 \times p_{12A} \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{12A}} e^{-\frac{(x-d_{12A})^2}{2\sigma_{12A}^2}} dx \quad (\text{式9})$$

[0159] p_{12A} は、全チャネルポイントに対する分布の成分の発生確率である。また、表2のパターンで発生するエラーは2ビットエラーであるため、2を乗じている。

[0160] 表3のパターンによる差分メトリックは、(式6)で算出することができ、その分布の例が、図18の分布(C)である。この分布から求められる、表3のパターンで発生するエラー発生確率は、(式10)から求めることができる。

[数10]

$$bER_{12B} = 3 \times p_{12B} \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{12B}} e^{-\frac{(x-d_{12B})^2}{2\sigma_{12B}^2}} dx \quad (\text{式10})$$

[0161] p_{12B} は、全チャネルポイントに対する分布の成分の発生確率である。また、表3のパターンで発生するエラーは3ビットエラーであるため、3を乗じている。

[0162] 表1のパターンと表2のパターンと表3のパターンの全パターンで発生するエラー発生確率を求める場合には、(式8)と(式9)と(式10)とを加算することで求めることができる。トータルエラーレートを $bER(A|I)$ とすると、 $bER(A|I)$ は、(式11)で示すことができる。

[数11]

$$bER_{all} = bER_{1A} + bER_{12A} + bER_{12B} \quad (\text{式11})$$

[0163] (式11)でも十分に信号指標と定義することはでき、実際のエラーと相関がある信号指標とすることができる。しかし、光ディスク装置の評価手法の互換等を考慮すると、ジッターライクな指標でかつエラーレートと相関のある指標が要望されている。そこで、(式11)で求めたエラーレートを

(式7)の左辺に入力して、 σ を逆算し、求めた σ を所定のウィンドウで正規化する。これにより、エラーレートと相関があり、ジッターライクで扱い易い信号指標を得ることができる。このとき、(式7)の p は、 p_{14} と p_{12A} と p_{12B} の加算で求められる、全チャネル数に対する分布の成分の発生確率である。

[0164] (式7)は、(式12)のように式変形することができる。

[数12]

$$bER = \frac{p}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{d^2}{\sqrt{2}\sigma} \right) \quad (\text{式12})$$

ここで、 $\operatorname{erfc}(\)$ は相補誤差関数の積分値である。ここで、信号指標の定義式を(式13)とする。

[数13]

$$M = \frac{\sigma}{2 \cdot d^2} \quad (\text{式13})$$

[0165] この(式13)を(式12)に代入すると、(式12)は、(式14)のように表すことができる。

[数14]

$$bER = \frac{p}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{2\sqrt{2} \times M} \right) \quad (\text{式14})$$

[0166] (式14)を用いることで、(式11)で算出されたエラーレートと(式13)で定義された信号指標 M とを関連付けることができる。なお、本発明では、この信号指標 M の定義に限定されない。

[0167] 本発明は、エラーレートと非常に相関の高い信号評価方法及び評価指標を提供するものであって、PRML信号処理におけるユークリッド距離が比較的小さい合流パスのパターンに着目する。そして、発生確率が異なり、発生するエラービット数が異なる、複数のパターン群の分布から、一つの信号評価指標を生成する。そのために、それぞれの分布からエラー発生確率を求め

、それらの合計を算出し、算出されたエラーレートからトータルの σ を計算して、信号評価としている。

[0168] 図19は、チルトやデフォーカスや球面収差等の再生ストレスを付加した場合のビットエラーレートと、(式13)の信号指標値[%]とを示す、シミュレーション結果の例である。図上の実線は、(式14)から求めることができる理論曲線である。このように、実シミュレーションにおいても、エラーレートと信号指標Mとの相関は、ほぼ理論曲線に整合し、本発明の信号評価方法及び指標は、再生信号を適切に評価するという観点で非常に有効であることが分かる。

[0169] なお、上記では、PRML信号処理におけるユークリッド距離が比較的小さい合流パスのパターンとして、大きく3つのパターン群に分けて、信号評価指標の計算例を説明したが、本発明は、これに限定されない。表1では、ユークリッド距離の2乗が14のパターンを一つの群として扱ったが、表1をパターンの特徴ごとにさらに分類して差分メトリックを計算し((式4)に相当)、予測エラーレート計算((式8)に相当)を行ってもよい。特徴ごとのパターン分類とは、一例として、記録マークの始端、終端などの分類である。記録された記録マークが適切でなく、非線形歪みの再生波形が検出される場合がある。この場合は、表1で示されるパターンごとに、図15の分布を示すと、分布がガウス分布でない場合や、図15(b)のように分布の中心が大きくずれてしまう場合が発生する。このようなパターンを一つのパターン群として扱った場合、PRML信号処理の性能(ビットエラーレート)と、(式13)から得られる信号指標値との相関性が悪くなる場合がある。このように、特徴あるパターン群にさらに分類して、本発明の信号指標値を計算してもよい。表2、表3のパターンに対しても同様に、特徴あるパターン群に分類して、本発明の信号指標値を計算してもよい。

[0170] なお、特徴ごとのパターン分類として、表2では、孤立の2Tマークを含む群と、孤立の2Tスペースを含む群とを分類してもよい。表3では、2Tマーク2Tスペースを含む群と、2Tスペース2Tマークを含む群とを分類

してもよい。

- [0171] なお、パターン分類は、上記の例に限定されない。表 1～表 3 において、PRML 信号処理の性能（ビットエラーレート）と相関のよい、パターン分類にしてもよい。
- [0172] 上記では、情報記録媒体の評価方法について説明した。次に、記録情報記録媒体の評価装置について説明する。
- [0173] 上記実施形態の説明において、図 12 を用いて、再生信号評価装置の構成例と、その構成要素の機能の説明を行っているので、ここでは、図 12 の再生信号評価装置において、上記実施形態の説明と異なる動作について説明する。
- [0174] 図 12 の信号評価指標部 10 は、PRML 検出部から出力される 2 値化データに基づいて、表 1 の記録符号パターンのいずれかを検出するパターン検出部を有する。パターン検出部で検出されたパターンを正パターンとし、その正パターンに対応する PR 等化理想値を算出し、さらに、正パターンに対比する誤パターンと、その誤パターンに対応する PR 等化理想値を算出する算出部を有する。
- [0175] 例えば、表 1 において、正パターンを (0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0) とすると、その正パターンに対応する PR 等化理想値は、(1, 3, 5, 6, 5) となる。一方、誤パターンを (0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0) とすると、その誤パターンに対応する PR 等化理想値は、(0, 1, 3, 4, 4) となる。この場合、ユークリッド距離の 2 乗値は、正パターンと誤パターンの PR 等化理想値の差の 2 乗なので、14 となる。なお、本発明は、表で示すような理想値の固定化に限定されない、この PR 等化理想値を再生信号に応じて変化させる信号処理に対応している場合、表のように固定値ではなく、再生信号に応じて更新される構成でもよい。
- [0176] 次に、再生信号系列と、正パターンに対応する PR 等化理想値との差の 2 乗値を求め、それを PA とする。同様に、再生信号系列と、誤パターンに対応する PR 等化理想値との差の 2 乗値を求め、それを PB とする。それらの

差分の $P_A - P_B$ を算出し、この差分情報を、正パターンの P_R 等化理想値と誤パターンの P_R 等化理想値の差の 2 乗値 (14) でオフセットさせる演算を行う演算部を、信号評価指標部 10 は有する。

[0177] 表 2 及び表 3 のパターンにおいても、表 1 のパターンと同様に処理される。これらの処理は、上記の (式 4)、(式 5)、(式 6) に相当する演算処理である。さらに、図 12 の信号評価指標部 10 は、表 1 のパターンと表 2 のパターンと表 3 のパターンの発生頻度を検出するためのパターン検出個数カウンタを有する。例えば、表 1 のパターンのいずれかのパターンが上記検出部で検出されれば、カウンタを一つ増加させる構成である。

[0178] 図 12 の光ディスクコントローラ 12 は、信号評価指標部 10 から、信号評価指標部 10 において検出及び演算された (式 4)、(式 5)、(式 6) に相当する値と、表ごとの個数を得て、発生確率を算出する。上記 (式 8)、(式 9)、(式 10)、(式 11) を用いて、各パターン群の分散から、計算上のエラーレートを算出する。得られたビットエラーレートから (式 14) を用いて、信号指標 M を算出する。

[0179] 上記 (式 8)、(式 9)、(式 10) で求めた各パターン群の見積もりエラーレートは、特に上記に限定されない。上記は、各パターン群の σ と、発生確率と、エラー数の重みとからビットエラーレートを推定した。特許文献 4 で紹介されているような、特定のパターン群の差分メトリック値が所定のしきい値 (特許文献 4 では S_L) を越えた数を求め、その求められた数からビットエラーレートを推定する方法であってもよい。本発明の実施形態に沿って、パターン群の差分メトリック値から、それぞれの群のビットエラーレートを推定する方法を説明する。

[0180] 図 20 は、図 18 で説明した差分メトリックの各パターン群の分布図を示したものである。分布 (A) は、上記表 1 で示すユークリッド距離の 2 乗が 14 のパターンであり、分布 (B) は、上記表 2 で示すユークリッド距離の 2 乗が 12 のパターンであり、分布 (C) は、上記表 3 で示すユークリッド距離の 2 乗が 12 のパターンである。

- [0181] 差分メトリックの計算 ($P_a - P_b$) を行う。 P_b は、検出されたパターンと再生信号の 2 乗距離であり、 P_a は、検出されたパターンと対比する間違ったパターンと再生信号の 2 乗距離である。 よって、検出される差分メトリックが小さくなるほど、エラーが発生する確率が大きくなる。 図 20 の各分布の 0 に近い方の裾野が、エラー発生確率が大きくなることを意味する。 ここで、差分メトリック $P_a - P_b$ が、所定以下となるエラーを数える。
- [0182] 例えば、図 20 の分布 (A) で示すユークリッド距離の 2 乗が 14 のパターンが検出された回数をカウントし、カウント値 C_{14} を得る。 さらに、差分メトリック $P_a - P_b$ が TH_1 (例えば、ユークリッド距離の 2 乗の半分である 7) 以下である回数をカウントし、カウント値 TH_{14} を得る。
- [0183] 図 20 の分布 (B) で示すユークリッド距離の 2 乗が 12 のパターンが検出された回数をカウントし、カウント値 C_{12A} を得る。 さらに、差分メトリック $P_a - P_b$ が TH_2 (例えば、ユークリッド距離の 2 乗の半分である 6) 以下である回数をカウントし、カウント値 TH_{12A} を得る。
- [0184] 図 20 の分布 (C) で示すユークリッド距離の 2 乗が 12 のパターンが検出された回数をカウントし、カウント値 C_{12B} を得る。 さらに、差分メトリック $P_a - P_b$ が TH_2 以下である回数をカウントし、カウント値 TH_{12B} を得る。
- [0185] 得られた各パターン群の検出回数と所定のしきい値を越える回数を求め、その回数から、パターン群ごとに推定されるビットエラーレートを算出する。
- [0186] 例えば、図 20 の分布 (A) で示すユークリッド距離の 2 乗が 14 のパターン群で発生するエラーレートは、 TH_{14} / C_{14} の計算結果から、所定のしきい値を超える確率を求めることになる。 このため、分布の平均値が 0 で、標準偏差が 1 である正規分布と仮定すると、標準正規累積分布関数の逆関数を演算することで、正規分布の σ を算出することができる。 さらに、求められた σ に基づいて、図 20 の分布 (A) の 0 以下になる確率は、標準正規累積分布関数を使って求めることができる。 さらに、測定したデータ量にお

ける図20の分布(A)で示すユークリッド距離の2乗が14のパターン群の発生確率(上記では、 p_{14} と表現)とエラービット数(14パターンの場合には1)とを乗算することで、ユークリッド距離の2乗が14のパターン群で発生するエラーレートを推定することができる。

[0187] 同様に、図20の分布(B)で示すユークリッド距離の2乗が12のパターン群の発生確率(上記では、 p_{12A} と表現)とエラービット数(12Aパターンの場合は2)とを乗算することで、ユークリッド距離の2乗が12のパターン群で発生するエラーレートを推定することができる。

[0188] 同様に、図20の分布(C)で示すユークリッド距離の2乗が12のパターン群の発生確率(上記では、 p_{12B} と表現)とエラービット数(12Bパターンの場合は3)とを乗算することで、ユークリッド距離の2乗が12のパターン群で発生するエラーレートを推定することができる。

[0189] それぞれのパターン群で得られたビットエラーレートを加算して、そのエラーレートから σ を逆演算して、その σ を信号指標として用いる方法は、上記本発明の実施形態で説明した方法と同じである。

[0190] ただし、この方法は、差分メトリックの計算($P_a - P_b$)で得られる σ からエラーレートを推定する方法ではなく、差分メトリックの計算結果が所定のしきい値を単純に越える回数を数えて、その結果からエラーレートを推測する方法なので、 σ から推測する方法に比べて、傷や指紋等に代表されるディフェクトの影響を受けやすい。このため、測定区間を長くする等の対策が必要がある。このように、パターン群ごとに発生するエラーレートを推定する方法は、上記で説明した方法に限定されるのではなく、ここで説明した方法であってもよい。もちろん、本実施形態で説明した2つのビットエラーレート推定方法に限定されず、他の方法でもよい。

[0191] なお、装置の構成例としては、図12の信号評価指標演算部10の差分メトリックを検出する回路において、所定のしきい値を設ける。各パターンにおいて、差分メトリックが所定のしきい値以下の場合、カウントアップする。

- [0192] また、上記表3の2T連続パターンの場合、上記でも説明したが、2Tの連続回数によって、発生するエラー回数が増えていくため、表3を拡張したパターン評価指標検出部を設けてもよい。
- [0193] なお、評価する波形の2T連続回数頻度（4回以上）が、他のパターンに比べて大幅に小さい場合は、上記した表3パターンの検出範囲の拡大（2Tの連続回数検出範囲）は、考慮しなくても、評価指標としてほとんど問題と考えられ、省いてもよい。ただし、2Tの連続回数の頻度が多いパターンを評価する場合は、2Tの連続範囲まで考慮した構成とするのが望ましい。これらについては、その評価パターンや環境に影響するため、その都度判断し、パターン表及び回路を構成すればよい。
- [0194] 次に、上記エラーレートを算出する場合において、同じ時刻の波形を複数の評価値としてカウントする場合があります。その課題と解決手段について説明する。信号品質を評価するためのパターンとして、本実施例では、評価パターンとして、表1、表2、表3のパターンを具体例として挙げて説明した。表1、表2、表3のパターンにおいては重複するパターンがあり、同じ時刻の波形を複数の評価値としてカウントする場合があります。表1、表2、表3の評価パターン群においては、発生するエラー数も異なり、同じ時刻の波形を複数の異なった重み付け評価を行うことになるので、信号品質によっては正しく評価値を算出することができない可能性がある。
- [0195] 以下、具体例を挙げて対策方法を説明する。図21(a)および(b)は、ビタビ復号器で再生された2値化パターンが、表2のパターンの1番目に記載のパターン（記録符号：0、0、0、0、1、1、0、0、0、0、0）の2T孤立パターンである場合において、その正パターンに対応した誤パターンの理想波形及び2値化パターンを示したものである。
- [0196] 図21の波形Cは、正パターンの理想波形である。時刻7において、誤パターンの候補である表1の1番目に記載のパターン（記録符号：0、0、0、0、1、1、1、0、0）の波形Bと、波形Cとの間で、上記で説明した評価値を求められる。

- [0197] 同様に、時刻 10 において、誤パターンの候補である表 1 の 7 番目に記載のパターン（記録符号：0、0、1、1、1、0、0、0、0）の波形 A と、波形 C との間で、上記で説明した評価値を求める。
- [0198] 同様に、時刻 10 において、誤パターンの候補である表 2 の 2 番目に記載のパターン（記録符号：0、0、0、0、0、1、1、0、0、0、0）の波形 D と、波形 C との間で、上記で説明した評価値を求める。
- [0199] 同様に、時刻 9 において、誤パターンの候補である表 2 の 1 番目に記載のパターン（記録符号：0、0、0、0、1、1、0、0、0、0、0）の波形 D と、波形 C との間（この例の場合、正パターンの 2 時刻前の波形）で、上記で説明した評価値を求める。
- [0200] このように、同じ時刻の波形を複数の評価値としてカウントする場合がある。この例において、波形 C（正パターンとする）と各波形との比較の意味は、波形 A との比較の場合は、2 T の孤立が終端側に 1 T 大きくなり、3 T と判断される可能性との比較である。波形 B との比較の場合は、2 T の孤立が始端側に 1 T 大きくなり、3 T と判断される可能性との比較である。波形 D との比較の場合は、2 T の孤立が、遅れ時間軸方向に 2 T シフトすると判断される可能性との比較である。波形 E との比較の場合、2 T の孤立が、進み時間軸方向に 2 T シフトすると判断される可能性との比較であることを意味する。
- [0201] 同じ時刻の波形を重複して評価しないように、評価結果が所定以内の部分のみ評価値として採用し、それ以外は、除外して評価する。上記でも説明したが、差分メトリック計算において、P B を正パターンの期待値と信号の距離計算結果とし、P A を正パターンに対応した誤パターンの期待値と信号の距離計算結果とした場合、 $P A - P B$ の計算結果が、理想的な P A と P B の距離より小さい場合のみ評価値とし採用し、大きい場合は評価値として除外する。このようにすることで、評価値を重複して計算しないようにできる。
- [0202] 例えば、上記表 1 の評価パターンの理想的なユークリッド距離の 2 乗値は 14 であるので、 $P A - P B$ が 14 以下であれば、評価値として採用する。

同様に、表 2、表 3 の評価パターンの理想的なユークリッド距離の 2 乗値は 1 2 であるので、 $PA - PB$ が 1 2 以下であれば、評価値として採用する。

[0203] 図 1 8 の分布 (A)、(B)、(C) において、それぞれ、ユークリッド距離の 2 乗値が 1 4、1 2、1 2 を基準に、左半分 (0 に近い方) のみを評価値として用いることを意味する。差分メトリックの σ からエラーレートを予測する場合も理想的なユークリッド距離の 2 乗値 (1 4、1 2、1 2) を基準に、左半分 (0 に近い方) のみで求めればよい。このような処理を追加することで、評価パターンの重複を回避することができ、実際にエラーが発生する可能性の高い、差分メトリックの理想距離が小さい部分のみを評価値として採用することができ、これにより、求められた信号指標値は、エラーレートとの相関性も高くなる。

[0204] ただし、ユークリッド距離の 2 乗が 1 4、1 2 の次元の異なる評価値間では、上記の方法では、同じ時刻の波形を重複して評価しないようにすることを完全に回避できない可能性がある。少なくとも、理想的なユークリッド距離の 2 乗が同じ距離になるものにおける重複評価は回避ができる。

[0205] なお、図 2 1 を参照して説明した検出パターンの検出時刻は一例であり、回路の構成次第では、異なったタイミングで検出してもよい。例えば、表 1、表 2、表 3 にある特定のパターンを、パターンの時間軸の中心で検出するような構成であれば、図 2 1 の検出時刻と異なる。上記図 2 1 の検出時刻の例は、可能性のある合流するパスが確定する時刻を検出する時刻と設定した例である。検出確定時刻については、本実施例に限定されない。

[0206] なお、表 1、表 2、表 3 にある特定のパターンを検出するために、回路、装置、プログラミング等を構成する場合、表のパターンそのものを検出しなくてもよい。パターンの差分情報以外の部分だけを保持しておき、特定パターンを検出してもよい。また、特定パターンを計算で求めてもよい。特定のパターンを検出する方法においては、本実施例に限定されない。

[0207] なお、図 1 2 の信号評価指標演算部 1 0 の差分メトリックを検出する回路において、検出された差分メトリック値と理想的なユークリッド距離との大

小関係を検出してもよい。この場合は、差分メトリック値が大の場合は、検出結果及び検出回数を出力しない（0と出力してもよい）構成であってもよい。

[0208] これらの検出および演算処理は上記で説明した内容に限定されず、別の構成であってもよい。

[0209] ここで、図12に示す信号評価指標演算部10の構成の一例と、その動作を説明する。

[0210] 図22は、図12の光ディスク装置300が備える信号評価指標演算部10を示す図である。図12に示す装置とは、信号評価指標演算部10と選択部17と光ディスクコントローラ12の構成が異なる。

[0211] 図12の信号評価指標演算部10の表1パターン評価指標検出部は、図22のパターン検出部201と、差分メトリック演算部202と、パターンカウント部203と、標準偏差演算部204と、エラー演算部213を含む。

[0212] 図12の信号評価指標演算部10の表2パターン評価指標検出部は、図22のパターン検出部205と、差分メトリック演算部207と、パターンカウント部206と、標準偏差演算部208と、エラー演算部214を含む。

[0213] 図12の信号評価指標演算部10の表3パターン評価指標検出部は、図22のパターン検出部209と、差分メトリック演算部211と、パターンカウント部210と、標準偏差演算部212と、エラー演算部215を含む。

[0214] 加算部216および標準偏差演算部217は、図12に示す構成では、光ディスクコントローラ部12に含まれている。

[0215] 図12に示す構成では、選択部17によって、エラー演算部213、214、215のすべてを選択することも、一部を選択することも可能であった。

[0216] 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情報記録媒体であり、例えば光ディスク媒体である。光ディスク装置300は、搭載された情報記録媒体1に対して情報の記録再生を行う装置であるが、再生専用装置であってもよい。

- [0217] 光ディスク装置102は、光ヘッド部2と、プリアンプ部3と、AGC部4と、波形等化部5と、A/D変換部6と、PLL部7と、PR等化部8と、最尤復号部9と、信号評価指標検出部10と、光ディスクコントローラ部15と、パターン発生部13と、記録補償部14と、レーザ駆動部15とを備える。
- [0218] 図22を参照して、信号評価指標検出部10は、パターン検出部201、205、209と、差分メトリック演算部202、207、211と、パターンカウント部203、206、210と、標準偏差演算部204、208、212と、エラー演算部213、214、215と、加算部216と、標準偏差演算部217とを備えている。
- [0219] パターン検出部201、205、209は、表1、2、3の遷移データ列と2値化データとを比較する。差分メトリック演算部202、207、211は、表1（14パターン）、表2（12Aパターン）、表3（12Bパターン）に対応したメトリック差を検出する。パターンカウント部203、206、210は、各パターンの数を検出する。演算部204、208、212は、差分メトリック演算部の出力の標準偏差 σ を演算する。エラー演算部213、214、215は、各パターンでの標準偏差とカウント値とから予測エラーレートを演算する。加算部216は、エラー演算結果を全て加算する。標準偏差演算部217は、加算された全体のエラーレートから標準偏差を演算する。
- [0220] 光ヘッド部2は、対物レンズを通過したレーザ光を情報記録媒体1の記録層に収束させ、その反射光を受光して、情報記録媒体1に記録された情報を示すアナログ再生信号を生成する。対物レンズの開口数は0.7~0.9であり、より好ましくは0.85である。レーザ光の波長は410nm以下であり、より好ましくは405nmである。プリアンプ部3は、アナログ再生信号を所定のゲインで増幅してAGC4へ出力する。AGC部4は、予め設定されたターゲットゲインを用いて、A/D変換部6から出力される再生信号のレベルが一定のレベルとなるように再生信号を増幅して波形等化部5へ

出力する。

- [0221] 波形等化部 5 は、再生信号の高域を遮断する L P F 特性と、再生信号の所定の周波数帯域を増幅するフィルタ特性を有しており、再生波形を所望の特性に整形させて A / D 変換部 6 へ出力する。P L L 回路 7 は、波形等化後の再生信号に同期する再生クロックを生成して A / D 変換部 6 へ出力する。
- [0222] A / D 変換部 6 は、P L L 回路 7 から出力される再生クロックに同期して再生信号をサンプリングしてアナログ再生信号をデジタル再生信号へ変換し、P R 等化部 8、P L L 部 7 および A G C 部 4 へ出力する。
- [0223] P R 等化部 8 は、再生系の周波数特性が最尤復号部 9 の想定する特性（例えば、P R (1, 2, 2, 2, 1) 等化特性）となるように設定された周波数特性を有し、再生信号に対して高域雑音の抑制および意図的な符号間干渉の付加を行う P R 等化処理を実行して最尤復号部 9 へ出力する。また、P R 等化部 8 は、F I R (F i n i t e I m p u l s e R e s p o n s e) フィルタ構成を備え、L M S (T h e L e a s t - M e a n S q u a r e) アルゴリズムを用いて、適応的にタップ係数を制御してもよい。
- [0224] 最尤復号部 9 は、例えばビタビ復号器であり、パーシャルレスポンスの型に応じて意図的に付加された符号的規則に基づいて尤も確からしい系列を推定する最尤復号方式を用い、P R 等化部 8 で P R 等化された再生信号を復号して 2 値化データを出力する。この 2 値化データは、復調 2 値化信号として後段の光ディスクコントローラ 1 2 へ出力され、所定の処理が実行されて情報記録媒体 1 に記録されている情報が再生される。
- [0225] 信号評価指標検出部 1 0 には、P R 等化部 8 から出力された波形整形されたデジタル再生信号と、最尤復号部 9 から出力された 2 値化信号とが入力される。
- [0226] パターン検出部 2 0 1、2 0 5、2 0 9 は、表 1、2、3 の遷移データ列と 2 値化データとを比較する。そして、この 2 値化データが表 1、2、3 の遷移データ列と一致する場合は、表 1、2、3 に基づいて最も確からしい遷移系列 1 と 2 番目に確からしい遷移系列 2 を選択する。この選択結果に基づ

き、差分メトリック演算部では、遷移系列の理想値（表 1～3 に示す PR 等化理想値）とデジタル再生信号との距離であるメトリックが演算され、得られたメトリック同士の差が演算される。標準偏差演算部は、パターン群ごとに、このメトリック差のばらつき度合いを示す標準偏差 σ を演算する。

[0227] パターンカウント部 203、206、210 は、表 1、2、3 のパターン群ごとの発生数をカウントする。すなわち、表 1、2、3 のパターン群ごとに、2 値化信号がパターン群に該当した回数をカウントする。このカウント値は、エラーレートを計算する際の各パターン群の発生頻度となる。

[0228] エラー演算部 213、214、215 は、差分メトリックの標準偏差とパターン発生数とから、予測エラーレートを算出する。算出されたエラーレートが加算部 216 で加算され、このエラーレートに対応する標準偏差が標準偏差演算部 217 で演算される。この標準偏差演算部 217 で演算された標準偏差が、再生信号品質を評価する信号評価指標となる。光ディスクコントローラ部 12 は、この信号評価指標を用いて再生信号品質の評価を行う。

[0229] 各処理の具体的な計算方法などは、上記（式 4）から（式 11）を用いて説明しているので、ここでは省略する。差分メトリック演算部 202 は（式 4）の演算処理を、差分メトリック演算部 207 は（式 5）の演算処理を、差分メトリック演算部 211 は（式 6）の演算処理をそれぞれ実行する。エラーレート演算部 213 は（式 8）の演算処理を、エラーレート演算部 214 は（式 9）の演算処理を、エラーレート演算部 215 は（式 10）の演算処理をそれぞれ実行する。エラーレート加算演算部 216 は（式 11）の演算処理を実行する。

[0230] 標準偏差演算部 217 は、（式 11）の演算で求められたトータルのエラーレートを、そのエラーレートに相当する σ に変換する。

[0231] なお、各パターン群の合計の発生確率で、エラーレートを正規化して、（式 7）の逆演算を行い、信号指標を求めるために検出したサンプル部の σ に変換してもよい。

[0232] 上述したように、図 22 の回路構成によって信号評価指標を演算すること

ができる。

[0233] ここで、標準偏差演算部 217 の出力値を用いた信号評価方法の具体例を説明する。

[0234] まず、本発明の信号評価方法は、記録メディアの品質を評価するのに有用である。図 24 は、異なった特性の記録膜を有するメディアに、最適な記録パラメータ（記録パワー、記録ストラテジなど）で記録した領域を準備し、本発明の信号評価指標値を算出し、メディアごとに信号評価指標値を比較した図である。横軸に、メディアの種類 A～E を示し、縦軸は、本発明の信号評価指標値（指標 M）を示している。

[0235] 本発明では、所定のクライテリアを設定し、そのクライテリア以下に記録できるメディアとなるようにメディアの品質を規定する手法を用いることができる。例えば、指標 M のクライテリアを 11% とした場合、11% 以下となるように記録できるメディアは、所定の品質を満足できるメディアと判断することができる。図 24 の例では、メディア C とメディア D が、品質を規定するクライテリア（指標 M = 11%）を満たせないため、品質が良くないと判断できる。

[0236] この指標 M のクライテリアは、図 16 で示す情報記録媒体の層ごとに規定してもよい。例えば、3 層における L0 記録層のクライテリアは 10.5% 以下、L1 記録層のクライテリアは 11.0% 以下、L2 記録層のクライテリアは 11.5% 以下としてもよい。図 16 の多層構成の情報記録媒体の例では、記録層がヘッドから距離が遠い位置に配置されるほど、ヘッドのレンズ傾きやメディアの反りで発生するチルトストレスの許容マージンが他の記録層に比べて狭くなる。よって、各層でのマージンを考慮すると、ヘッドから距離が遠い位置に配置されるほど、ベースとなる信号品質が良好である必要がある。なお、上記クライテリアは、これらの例に限定されない。チルトストレスも許容しないことを前提に、すべての記録層で同じクライテリアにしてもよい。この場合、例えば、クライテリアは、11.0% としてもよい。

- [0237] また、情報記録媒体に記録される記録密度ごとにクライテリアを規定してもよい。上記実施例では、記録層ごとの記録容量が33.3GBとした場合と、31.0GBとした場合とを示した。例えば、3層記録構造における各記録層の記録容量が33.3GBの場合、各記録層のクライテリアは、L0層が11.0%、L1層が11.5%、L2層が11.5%としてもよい。4層記録構造における各記録層の記録容量が31.0GBの場合、各記録層のクライテリアは、L0層が10.5%、L1層が10.5%、L2層が11.0%、L3層が11.0%としてもよい。
- [0238] このように、記録層の数や記録容量ごとに、クライテリアを規定することにより、情報記録媒体の品質を維持する規定を設けることができ、メディアに要求される品質を適切に設定することができる。その結果、情報記録媒体に過剰な品質を求めることなく、かつ、情報記録媒体を記録または再生するシステムの互換性を高く維持することができる。本発明は、情報記録媒体の低コスト化と、システムの高い互換性とを両立することができる信号評価方法とそのクライテリアの規定方法を提供する。
- [0239] また、本発明の信号評価方法は、情報記録媒体の記録マージンを評価するのに有用である。図25は、所定の情報記録媒体において、記録パワーを変化させながら記録し、その領域を再生し、本発明の信号評価指標値を算出した図である。
- [0240] 最適な記録パワーを基準記録パワーとして、所定のクライテリアに悪化するまでの記録パワー変化がいくらあるか検出することで、情報記録媒体の記録パワーマージンを測定することができる。例えば、指標Mのクライテリアを15%とした場合、基準記録パワーに対して、低い側の記録パワー変化によって、クライテリアに達する変化量をx%、高い側の記録パワー変化によって、クライテリアに達する変化量をy%とする。このxとyが所定以上である情報記録媒体が、規定の記録パワーマージンを満足する情報記録媒体と判断することができる。例えば、xは15.0%、yは10.0%としてもよい。なお、xとyはこれらの数値に限定されない。上記クライテリアを実

現する情報記録媒体のコストと、システムの高い互換性とを両立することができる値に設定すればよい。

[0241] また、本発明の信号評価方法は、各種サーボパラメータの最適点を探索する手法に有用である。図10は、フォーカスパラメータを変化させながら、本発明の信号評価指標値を算出した図である。図10では、指標Mが最小となるフォーカスパラメータ設定を選択することで、再生信号処理の伝送路において、最適なフォーカスパラメータ設定を決定することができる。このように、指標Mが最小となるように、サーボパラメータを選択することで、再生伝送路が最適となる設定を決定することができる。サーボパラメータとしては、チルト、球収差パラメータなどがある。

[0242] なお、差分メトリック演算部202、207、211から出力される差分メトリック値のばらつきが正規分布に近い場合は、回路をより簡単化できる。その一例を図23に示す。回路で標準偏差を求めるためには回路規模が大きくなる。また、プログラムで標準偏差を求める場合には、処理量が多いことから全体の処理速度が遅くなってしまう。

[0243] 図23の構成では、図22の標準偏差演算部204、208、210の代わりに、絶対値積算部204a、208a、210aが設けられている。絶対値積算部204a、208a、210aは、差分メトリック202、207、211の出力を絶対値加算する処理を行う。そして、積算値を、パターンカウント部203、206、210のカウント値で割り算することで、差分メトリックの絶対値の平均値を求める。一般的に、標準偏差 σ と絶対値平均 m との関係は、 σ がガウス分布と仮定すると、所定の係数の関係($\sigma \doteq 1.253m$)となる。このことを利用して、絶対値平均値から σ を求め、その σ を用いて、エラー演算部213、214、215でエラーレートを演算してもよい。このように、図23の構成であれば、図22の構成に対して、標準偏差処理を削減することができるので、回路規模を小さくすることが可能である。

[0244] なお、ハードウェア及びCPU演算処理に対する誤差関数演算の負荷が大

きい場合は、表6で示すようなビットエラーレートと信号指標Mとの変換テーブルを用いてもよい。演算精度等は、必要に応じて最適化すればよい。

[0245] [表6]

ビットエラーレート	⇔	信号指標M
...		
1.25E-10	⇔	8.0
2.05E-10	⇔	8.1
3.28E-10	⇔	8.2
5.19E-10	⇔	8.3
8.06E-10	⇔	8.4
1.23E-09	⇔	8.5
1.86E-09	⇔	8.6
...		
1.08E-04	⇔	14.0
1.19E-04	⇔	14.1
1.31E-04	⇔	14.2
1.44E-04	⇔	14.3
1.57E-04	⇔	14.4
1.72E-04	⇔	14.5
1.88E-04	⇔	14.6
2.05E-04	⇔	14.7
...		

[0246] このように、ビットエラーレートと相関のある一つのパラメータの信号評価指標を提供することで、記録媒体の規定を容易にできる。また、ジッターライクな指標を提供することで、従来の評価手法との互換を容易に実現することができる。また、図15を用いて説明したように、PR12221ML方式において、ユークリッド距離ごとに、エッジずれ成分と、SN成分に分離した信号指標とを用いることで、記録パワーパラメータのずれ及び記録ストラテジパラメータのずれを定量的に検出でき、パラメータの最適化が容易となる。上記では、ユークリッド距離の2乗が14の場合を説明したが、もちろん、表2及び表3で示したユークリッド距離の2乗が12のパターンにも適用可能である。表2及び表3のパターンは、2Tマークおよび2Tスペースの少なくとも一方が必ず含まれるパターンである。図15に示したように、エッジずれ成分とSN成分とを分離することで、2Tマークの前後の影

響を定量化でき、2 Tに関連したパラメータを評価及び最適化するのに有用である。

[0247] なお、上記では、PR12221MLを用いて説明したが、PRの型はこれに限定されず、他のPRの型にも本発明を適用することができる。

[0248] ここで、本発明に関する光ディスク（特に記録密度に関する点）について、説明する。

[0249] 図26は、光ディスク1の物理的構成を示す。円盤状の光ディスク1には、たとえば同心円状またはスパイラル状に多数のトラック2が形成されており、各トラック2には細かく分けられた多数のセクタが形成されている。なお、後述するように、各トラック2には予め定められたサイズのブロック3を単位としてデータが記録される。

[0250] 光ディスク1は、従来の光ディスク（たとえば25GBのBD）よりも情報記録層1層あたりの記録容量が拡張されている。記録容量の拡張は、記録線密度を向上させることによって実現されており、たとえば光ディスクに記録される記録マークのマーク長をより短くすることによって実現される。ここで「記録線密度を向上させる」とは、チャンネルビット長を短くすることを意味する。このチャンネルビットとは、基準クロックの周期T（所定の変調則によってマークを記録する場合における、変調の基準周期T）に相当する長さをいう。

[0251] なお、光ディスク1は多層化されていてもよい。ただし、以下では説明の便宜のため、1つの情報記録層にのみ言及する。

[0252] なお、複数の情報記録層が設けられている場合において、各情報記録層に設けられたトラックの幅が同一であるときでも、層ごとにマーク長を一様に変化させて層ごとに記録線密度を異ならせてもよい。

[0253] トラック2は、データの記録単位64kB（キロバイト）毎にブロックに分けられて、順にブロックアドレス値が割り振られている。ブロックは、所定の長さのサブブロックに分割され、3個のサブブロックで1ブロックを構成している。サブブロックは、前から順に0から2までのサブブロック番号

が割り振られている。

- [0254] 次に、記録密度について、図27を用いて説明する。
- [0255] 図27(A)は25GBのBDの例を示す。BDでは、レーザ123の波長は405nm、対物レンズ220の開口数(Numerical Aperture; NA)は0.85である。
- [0256] DVD同様、BDにおいても、記録データは光ディスクのトラック2上に物理変化のマーク列120、121として、記録される。このマーク列の中で最も長さの短いものを「最短マーク」という。図では、マーク121が最短マークである。
- [0257] 25GB記録容量の場合、最短マーク121の物理的長さは0.149 μ mとなっている。これは、DVDの約1/2.7に相当し、光学系の波長パラメータ(405nm)とNAパラメータ(0.85)を変えて、レーザの分解能を上げて、光ビームが記録マークを識別できる限界である光学的な分解能の限界に近づいている。
- [0258] なお、図13及び14を用いて、記録容量について述べたが、図27(B)の高記録密度の光ディスクとして想定している記録線密度は、再生信号の最短マークの周波数が、OTFカットオフ周波数付近の場合(OTFカットオフ周波数以下だがOTFカットオフ周波数を大きく下回らない場合も含む)からOTFカットオフ周波数以上の場合が該当するとしてもよい。
- [0259] 記録容量としては、OTFカットオフ周波数付近の場合として、例えば、約29GB(例えば、29GB \pm 0.5GB, 又は29GB \pm 1GBなど), 又は29GB以上, 又は約30GB(例えば、30GB \pm 0.5GB, 又は30GB \pm 1GBなど), 又は30GB以上, 又は約31GB(例えば、31GB \pm 0.5GB, 又は31GB \pm 1GBなど), 又は31GB以上, 又は約32GB(例えば、32GB \pm 0.5GB, 又は32GB \pm 1GBなど), 又は32GB以上がある。
- [0260] 記録容量としては、OTFカットオフ周波数以上の場合として、例えば、約32GB(例えば、32GB \pm 0.5GB, 又は32GB \pm 1GBなど)

、又は32GB以上、又は約33GB（例えば、33GB±0.5GB、又は33GB±1GBなど）、又は33GB以上、又は約33.3GB（例えば、33.3GB±0.5GB、又は33.3GB±1GBなど）、又は33.3GB以上、又は約34GB（例えば、34GB±0.5GB、又は34GB±1GBなど）、又は34GB以上、又は約35GB（例えば、35GB±0.5GB、又は35GB±1GBなど）、又は35GB以上などを想定することが可能である。

[0261] ここで、記録密度を33.3GBとすると3層で約100GB（99.9GB）が実現でき、33.4GBとすると3層で100GB以上（100.2GB）が実現できる。これは、25GBのBDを4層にした場合の記録容量に相当するものの、多層化には、各記録層における再生信号振幅の低下（SN比の劣化）や、多層迷光（隣接する記録層からの信号）の影響などが伴う。そのため、約33.3GB又はそれ以上の記録密度にすることにより、そのような影響を抑えつつ、即ち、より少ない層数（3層）で、約100GB（～100GB以上）を実現することが可能となる。

[0262] 図28は、最短マーク（2T）の空間周波数がOTFカットオフ周波数よりも高く、かつ、2Tの再生信号の振幅が0になっている例を示す。最短マーク長の2Tの空間周波数はOTFカットオフ周波数の1.12倍である。

[0263] また、高記録密度のディスクBにおける波長と開口数とマーク／スペース長の関係は以下の通りである。

[0264] 最短マーク長を T_{Mnm} 、最短スペース長を T_{Snm} としたとき、最短マーク長+最短スペース長 P は、 T_M+T_{Snm} である。17変調の場合、 $P=2T+2T=4T$ となる。レーザ波長 λ （405nm±5nm、すなわち400～410nm）、開口数 NA （0.85±0.01すなわち0.84～0.86）、最短マーク+最短スペース長 P （17変調の場合、 $P=2T+2T=4T$ ）の3つのパラメータを用いると、

$$P \leq \lambda / 2NA$$

となるまで基準 T が小さくなるとOTFカットオフ周波数を超えることにな

る。

[0265] $NA = 0.85$, $\lambda = 405$ としたときの、OTFカットオフ周波数に相当する基準 T は、

$$T = 405 / (2 \times 0.85) / 4 = 59.558 \text{ nm}$$

となる。

[0266] なお、逆に、 $P > \lambda / 2NA$ である場合は、空間周波数はOTFカットオフ周波数より低い。

[0267] なお、以上では、最短マークの再生信号の周波数とOTFカットオフ周波数を比較して記録密度に関して述べたものであるが、更に高記録密度が進んだ場合には、次最短マーク（更には次々最短マーク、次最短マーク以上の記録マーク）の再生信号の周波数とOTFカットオフ周波数との関係により、以上と同様の原理に基づき、それぞれに対応した記録密度（記録線密度、記録容量）を設定することができる。

[0268] 次に、図29を参照しながら、本発明の実施形態における光ディスク400の構成を詳細に説明する。

[0269] 図29は、光ディスク400の領域構成を示す。光ディスク400は、情報記録層を含む。情報記録層に記録マークを形成することによって、光ディスク400にデータが記録される。光ディスク400には、トラックが同心円状に形成されている。

[0270] 光ディスク400は、BCA（Burst Cutting Area）領域410と、リードイン領域420と、ユーザー領域430と、リードアウト領域440とを含む。

[0271] BCA領域410は、予めバーコード状の信号が記録されており、ディスク1枚ごとに異なるメディア識別用の固有の番号や、著作権情報や、ディスク特性情報が含まれる。このディスク特性情報には、情報記録層の層数やアドレス管理方法の識別情報が含まれている。上記ディスク特性情報として、たとえば情報記録層の層数そのものを表す情報、許可層数に応じた所定のビット情報、記録密度に関する情報が含まれている。記録密度に関する情報と

しては、例えば、光ディスクの記録容量を示す情報、チャンネルビット長（記録線密度）を示す情報が挙げられる。

[0272] また、この記録密度に関する情報の格納位置は、再生専用型ディスクの場合、BCA領域、および／または、記録データ（凹凸ピット）の内部（データに付加されるデータアドレスとして記録）などが考えられる。追記型又は書換型の記録型ディスクの場合は、BCA領域、および／または、PIC領域、および／または、ウォブル（ウォブルに重畳される副情報として記録）などが考えられる。

[0273] ユーザー領域430は、ユーザーが任意のデータを記録し得るように構成されている。ユーザー領域430には、例えば、ユーザーデータが記録される。ユーザーデータには、例えば、オーディオデータおよびビジュアル（ビデオ）データが含まれる。

[0274] リードイン領域420は、ユーザー領域430とは異なって、ユーザーが任意のデータを記録し得るようには構成されていない。リードイン領域420は、PIC（Permanent Information and Control data）領域421とOPC（Optimum Power Calibration）領域422とINFO領域423を含む。

[0275] PIC領域421には、ディスク特性情報が含まれる。このディスク特性情報には、たとえば上記で説明した、情報記録層の層数、アドレス管理方法の識別情報、アクセスパラメータが記録されている。アクセスパラメータは、例えば、光ディスク400に複数の記録マークを形成／消去するためのレーザーパワーに関するパラメータ、および複数の記録マークを記録するための記録パルス幅に関するパラメータである。

[0276] なお、本実施形態においては、BCA領域410およびPIC領域421のいずれにもディスク特性情報が格納されているとした。しかしながらこれは例であり、この例には限られない。たとえばBCA領域、PIC領域、記録データの内部、ウォブルのいずれか、これらの任意の2以上の領域などでもよい。なお、同じディスク特性情報が複数箇所に分けて記録されれば、い

ずれかから読み出すことができる。よってディスク特性情報の信頼性を確保することが可能となる。また、ディスクの種類が未知であっても、光ディスク装置は、予め位置決めされたそれらの領域にディスク特性情報を格納しておくことで、確実にそのディスクの情報記録層の層数などを知ることができる。

[0277] なお、複数の情報記録層が存在する場合、ディスク特性情報が配置される情報記録層（基準層）は、例えば、光ヘッドから最も距離が遠い位置にある層、換言すれば、レーザ光が入射する側の表面から最も深い位置の層であっても構わない。

[0278] また、BDのみに対応する過去の機種との互換性を取るために、上記基準層のディスク特性情報は、従来と変更しないように、トラックアドレスフォーマットを記録線密度ごとに変更するのが望ましい。

[0279] 以下、図30を参照しながら、この点をより詳細に説明する。図30の（1）は、従来の記録密度のディスクA、および、より高い記録密度のディスクBの情報記録層の構成を示し、図30の（2）および（3）は、それぞれ、ディスクAおよびディスクBのリードイン領域420の具体的な構成を示す。

[0280] 図30の（1）はある光ディスクの情報記録層を示している。内周側（図面の左側）から、クランプ領域425、BCA領域410、リードイン領域420、ユーザーデータ領域430が順に配置されている。

[0281] 図30の（2）は、ディスクAの基準層のリードイン領域420の具体的配置例を示している。PIC領域421は半径位置22.2mmから所定の半径距離Aを有している。図30の（3）はディスクBの基準層のリードイン領域420の具体的配置例を示している。PIC領域421は半径位置22.2mmから所定の半径距離Bを有している。ここで特徴的なのは、ディスクBのPIC領域421の半径距離Bが、ディスクAのPIC領域421の半径距離Aと同じ点である。

[0282] ディスクBにおいて単純に記録線密度を上げてPIC領域421に情報を

記録する場合、チャンネルビット長が短くなるため、それに対応してP I C領域4 2 1の半径距離Bも短くしてもよいはずである。しかし、ディスクBのP I C領域4 2 1にはディスクのアクセスに重要な情報が格納されており、P I C領域4 2 1は安全に再生できるようにしておく必要がある。例えば予め定められた位置に光ヘッドを機械的に精度よく移動させてP I C領域4 2 1の情報を読む光ディスクドライブは、P I C領域4 2 1の半径距離が短くなると再生できない場合がある。そのようなドライブとの下位互換を維持するためにも、半径距離Bは半径距離Aと同じにしておくことが好ましい。

[0283] ここで、半径距離Bを半径距離Aと同じにする方法として、たとえば、次の2つの方法が考えられる。第1は、ディスクBのP I C領域に関しては、ディスクBの記録線密度ではなく、ディスクAと同じ記録線密度で記録する方法である。この場合、リードイン領域内でも、領域によって記録線密度が変わる場合がある。第2は、ディスクBの記録線密度で、P I C領域に記録する情報の繰り返し記録する回数を増やす方法である。P I C領域に記録する情報は重要な情報であるため、信頼性を確保するために繰り返して記録するが、そのような場合、記録線密度は詰めて、繰り返しを増やす（例えば5回から7回に増やす）ことで従来の半径距離Aと同等にすることが可能となる。

[0284] O P C領域4 2 2は、テストデータを記録または再生するための領域である。テストデータの記録または再生は、光ディスク4 0 0にアクセスする光ディスク装置がアクセスパラメータの調整（例えば、記録パワーやパルス幅等の調整）を行う。

[0285] I N F O領域4 2 3は、光ディスク4 0 0にアクセスする装置にとって必要であるユーザー領域4 3 0の管理情報やユーザー領域4 3 0の欠陥管理のためのデータが記録される。

[0286] なお、図1 6を用いて、多層の記録媒体について述べたが、ここで更に補足する。ディスク特性情報の認識前に、光ディスク装置が上記基準層と異なった層にフォーカス及びトラッキングをかけ、アドレス情報を読んだ場合、

層情報及びブロックアドレス情報の配置が異なることがあり、アドレス位置を誤判別する可能性がある。これを回避するために、上記基準層と他の層との中間層を他の層間の中間層よりも大きく確保して、層判別の誤判別を防いでもよい。例えば、BDの2層対応における基準層のL0層は、レーザ光から見れば、約100 μ mの深さの位置に、L1層は、約75 μ mの位置に構成されている。本発明では、L1層への誤引き込みを防ぐために、L1層以降のレーザ光に近い側に構成される記録層を75 μ mよりもレーザ光側に構成すればよい。例えば、L1層は70 μ mの位置である。しかし、あまり極端に基準層とL1層との間の中間層の幅（厚さ）を大きくすると、L2層以降の中間層の幅を十分に確保することが困難となる。そのため、L1層への誤引き込みがなく、他層の中間層の幅を確保できるバランスが必要となる。

[0287] 次に、BDに関する物理フォーマット、論理フォーマットや記録方式などについて、より詳しく説明することにする。

[0288] BDには、ライトワンス記録であるBD-R（追記型ブルーレイディスク）、複数回情報の書き換えが可能なBD-RE（書換え型ブルーレイディスク）や再生のみ可能なBD-ROM（再生専用ブルーレイディスク）等がある。ブルーレイディスクの主な光学定数と物理フォーマットについては、「ブルーレイディスク読本」（オーム社出版）やブルーレイアソシエーションのホームページ（<http://www.blueraydisc.com/>）に掲載されているホワイトペーパーに開示されている。

[0289] （主要パラメータ等）

BDでは、波長405nm（誤差範囲の許容値を ± 5 nmとすれば、400~410nm）のレーザ光およびNA=0.85（誤差範囲の許容値を ± 0.01 とすれば、0.84~0.86）の対物レンズを用いる。BDのトラックピッチは0.32 μ mであり、記録層が1層または2層設けられている。記録層の記録面がレーザ入射側から片面1層あるいは片面2層の構成であり、BDの保護層の表面から記録面までの距離は75 μ m~100 μ mである。

[0290] 記録信号の変調方式は17PP変調を利用し、記録されるマークの最短マーク長(2Tマーク)は $0.149\mu\text{m}$ (チャンネルビット長:Tが 74.50nm)である。記録容量は片面単層25GB(又は27GB)(より詳細には、 25.025GB (又は 27.020GB))、または、片面2層50GB(又は54GB)(より詳細には、 50.050GB (又は 54.040GB))である。

[0291] チャンネルクロック周波数は、標準速度(BD1x)の転送レートでは66MHz(チャンネルビットレート 66.000Mb/s)であり、4倍速(BD4x)の転送レートでは264MHz(チャンネルビットレート 264.000Mb/s)、6倍速(BD6x)の転送レートでは396MHz(チャンネルビットレート 396.000Mb/s)、8倍速(BD8x)の転送レートでは528MHz(チャンネルビットレート 528.000Mb/s)である。標準線速度(基準線速度、1x)は 4.917m/s である。

[0292] 2倍(2x)、4倍(4x)、6倍(6x)および8倍(8x)の線速度は、それぞれ、 9.834m/s 、 19.668m/s 、 29.502m/s および 39.336m/s である。標準線速度よりも高い線速度は一般的には、標準線速度の正の整数倍であるが、整数に限られず、正の実数倍であってもよい。また、0.5倍(0.5x)など、標準線速度よりも遅い線速度も定義し得る。

[0293] (保護層)

保護層(カバー層)の厚みに関しては、開口数を上げ焦点距離が短くなるのに伴い、またチルトによるスポット歪みの影響を抑えられるよう、より薄い保護層、例えば媒体の総厚み 1.2mm 程度のうち、保護層の厚みを $10\sim 200\mu\text{m}$ (より具体的には、 1.1mm 程度の基板に、単層ディスクならば 0.1mm 程度の透明保護層、二層ディスクならば 0.075mm 程度の保護層に 0.025mm 程度の中間層(Spacer Layer)としてもよい。三層以上のディスクならば、保護層及び/又は中間層の厚みはさら

に薄くなる。

[0294] (多層の構造)

レーザ光を保護層の側から入射して情報が再生及び／又は記録される片面ディスクとすると、記録層を二層以上にする場合、基板と保護層の間には複数の記録層が設けられることになるが、その場合における多層構造を次のようにしてもよい。つまり、光入射面から所定の距離を隔てた最も奥側の位置に基準層(L0)を設け、基準層から光入射面側に層を増やすように積層(L1, L2, ..., Ln)し、また光入射面から基準層までの距離を単層ディスクにおける光入射面から記録層までの距離と同じ(例えば0.1mm程度)にする等である。このように層の数に関わらず最奥層までの距離を一定にすることで、基準層へのアクセスに関する互換性を保つことができ、また層数の増加に伴うチルト影響の増加を抑える(最奥層が最もチルトの影響を受けるが層数の増加に伴い最奥層までの距離が増加することがなくなるため)ことが可能となる。

[0295] (保護層傷つき防止のための突起部)

また、光学的情報記録媒体は、以下のような突起部を有するものでもよい。例えばブルーレイディスクの場合、保護層の厚みは、単層ディスクでは100 μ m、2層ディスクでは75 μ mであるが、このように薄い保護層への傷つき防止のため、保持領域(Clamp Area)の外側または内側に突起部を設けてもよい。特に保持領域の内側に設けた場合、保護層の傷つき防止に加え、ディスクの中心穴に近い部分に突起部があるため、突起部の重量バランスによる回転スピンドル(モータ)への負荷を軽減することや、光ヘッドとの衝突を避ける(光ヘッドは保持領域の外側にある情報記録領域にアクセスするため保持領域の内側に突起部を設けることで突起部と光ヘッドとの衝突を回避する)ことができる。

[0296] そして、保持領域の内側に設けた場合、例えば外径120mmのディスクにおける具体的な位置は次のようにしてもよい。仮に中心穴の直径が15mm、保持領域が直径23mmから33mmの範囲内とした時、中心穴と保持

領域の間、つまり直径 1.5 mm から 2.3 mm の範囲内に突起部を設けることになる。その際、中心穴からある程度の距離を設けてもよく（例えば中心穴の縁端から 0.1 mm 以上（又は／及び 0.125 mm 以下）離してもよい）、また、保持領域からある程度の距離を設けてもよい（例えば保持領域の内端から 0.1 mm 以上（又は／及び 0.2 mm 以下）離してもよい）。

[0297] また、中心穴の縁端と保持領域の内端の両方からある程度の距離を隔てて設けてもよい（具体的な位置として、例えば、直径 17.5 mm から 21.0 mm の範囲内に突起部を設けてもよい）。なお、突起部の高さとしては、保護層の傷つきにくさや持ち上げ易さのバランスを考慮して決めればよいが、高すぎても別の問題が発生するかも知れないので、例えば、保持領域から 0.12 mm 以下の高さとしてもよい。

[0298] （再生方向）

また、スポットの進行方向／再生方向に関しては、例えば、全ての層において同じ、つまり全層にて内周方向から外周方向、又は全層にて外周方向から内周方向、というパラレル・パスであってもよい。また、オポジット・パスであってもよい。オポジット・パスでは、例えば、スポットの進行方向を基準層（L0）では内周側から外周側の方向とした場合、L1では外周側から内周側の方向、L2では内周側から外周側の方向、・・・つまり、Lm（mは0及び偶数）では内周側から外周側の方向、Lm+1では外周側から内周側の方向となる。又は、Lm（mは0及び偶数）では外周側から内周側の方向、Lm+1では内周側から外周側の方向となる。このように、オポジット・パスでは層が切り替わる毎に再生方向が逆になる。

[0299] （変調方式）

データ（オリジナルのソースデータ／変調前のバイナリデータ）を記録媒体に記録する場合、所定のサイズに分割され、さらに所定のサイズに分割されたデータは所定の長さのフレームに分割され、フレーム毎に所定のシンクコード／同期符号系列が挿入される（フレームシンク領域）。フレームに分割されたデータは、記録媒体の記録再生信号特性に合致した所定の変調則に

従って変調されたデータ符号系列として記録される（フレームデータ領域）。

[0300] ここで変調則としては、マーク長が制限されるRLL (Run Length Limited) 符号化方式などでもよい。RLL (d, k) と表記した場合、1と1の間に出現する0が最小d個、最大k個であることを意味する（dおよびkは、 $d < k$ を満たす自然数である）。例えば $d=1$ 、 $k=7$ の場合、Tを変調の基準周期とすると、最短が2T、最長が8Tの記録マーク及びスペースとなる。またRLL (1, 7) 変調に更に次の[1] [2]の特徴を加味した1-7PP変調としてもよい。1-7PPの“PP”とは、Parity preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Lengthの略で、[1]最初のPであるParity preserveは、変調前のソースデータビットの“1”の個数の奇偶（すなわちParity）と、それに対応する変調後ビットパターンの“1”の個数の奇偶が一致していることを意味し、[2]後ろの方のPであるProhibit Repeated Minimum Transition Lengthは、変調後の記録波形の上での最短マーク及びスペースの繰り返し回数を制限（具体的には、2Tの繰り返し回数を最大6回までに制限）する仕組みを意味する。

[0301] （フレームシンク）

一方、フレーム間に挿入されるシンクコード／同期符号系列には前述の所定の変調則は適用されないので、その変調則によって拘束される符号長以外のパターンを含ませることが可能となる。このシンクコード／同期符号系列は、記録されたデータを再生するときの再生処理タイミングを決定するものため、次のようなパターンが含まれてもよい。

[0302] データ符号系列との識別を容易にするという観点からは、データ符号系列には出現しないパターンを含ませてもよい。例えば、データ符号系列に含まれる最長マーク／スペースよりも長いマーク又はスペースやそのマークとスペースの繰り返しである。変調方式が1-7変調の場合、マークやスペース

の長さは2 T～8 Tに制限されるので、8 Tよりも長い9 T以上のマーク又はスペース（9 T M a n d / o r 9 T S）や9 Tマーク／スペースの繰り返し（9 T / 9 T）等である。

[0303] 同期引き込み等の処理を容易にするという観点からは、マーク／スペースの遷移（ゼロクロス点）を多く発生させるパターンを含ませてもよい。例えば、データ符号系列に含まれるマーク／スペースの内、比較的短いマーク又はスペースやそのマークとスペースの繰り返しである。変調方式が1-7変調方式の場合、最短である2 Tのマーク又はスペース（2 T M a n d / o r 2 T S）や2 Tマーク／スペースの繰り返し（2 T / 2 T）や、次最短である3 Tのマーク又はスペース（3 T M a n d / o r 3 T S）や3 Tマーク／スペースの繰り返し（3 T / 3 T）等である。

[0304] （フレームシンクの符号間距離）

前述の同期符号系列とデータ符号系列を含む領域を仮にフレーム領域と呼び、そのフレーム領域を複数（例えば31個）含む単位を仮にセクタ（又はAddress Unit）と呼ぶことにすると、あるセクタにおいて、そのセクタの任意のフレーム領域に含まれる同期符号系列と、その任意のフレーム領域以外のフレーム領域に含まれる同期符号系列との符号間距離を2以上にしてもよい。ここで符号間距離とは、2つの符号系列を比較した場合、符号系列中の異なるビットの個数を意味する。この様に符号間距離を2以上にすることで、再生時のノイズの影響などにより一方の読み出し系列が1ビットシフト誤りを起こしても、もう一方と誤識別することがない。また、特に、そのセクタの先頭に位置するフレーム領域に含まれる同期符号系列と、先頭以外に位置するフレーム領域に含まれる同期符号系列との符号間距離を2以上にしてもよく、この様にすることで、先頭箇所か否か／セクタの区切り箇所か否かの識別を容易にすることができる。

[0305] なお符号間距離は、NRZ記録のときは符号系列をNRZ表記した場合、NRZI記録の時は符号系列をNRZI表記した場合、における符号間距離の意味を含んでいる。そのため、もしRLL変調を採用した記録の場合、こ

のRLLとはNRZIの記録波形の上で高レベル又は低レベルの信号が続く個数を制限することを意味するものであるため、NRZI表記における符号間距離が2以上ということの意味する。

[0306] (記録方式：イン・グループ／オン・グループ)

また記録方式に関してであるが、媒体に溝を形成することによって、溝部と、溝と溝との間の溝間部と、が形成されることになるが、溝部に記録するか、溝間部に記録するか、溝部と溝間部の両方に記録するか、様々な方式がある。ここで、溝部と溝間部のうち、光入射面から見て凸部となる側に記録する方式をOn-Groove方式といい、光入射面から見て凹部となる側に記録する方式をIn-Groove方式という。本発明において、記録方式として、On-Groove方式とするか、In-Groove方式とするか、両方式のどちらか一方を許可する方式とするかは特に問わない。

[0307] なお、両方式のどちらか一方を許可する方式の場合、その媒体が、どちらの記録方式であるかを容易に識別できるように、On-Groove方式であるかIn-Groove方式であるかを示した記録方式識別情報を媒体に記録してもよい。多層媒体については、各層についての記録方式識別情報を記録してもよい。その場合、各層についての記録方式識別情報を基準層（光入射面から見てもっとも遠い側の層（L0）又は最も近い層や、起動時に最初にアクセスされるように決められている層など）にまとめて記録してもよいし、各層にその層のみに関する記録方式識別情報を記録してもよいし、各層に全ての層に関する記録方式識別情報を記録してもよい。

[0308] また記録方式識別情報を記録する領域としては、BCA（Burst Cutting Area）やディスク情報領域（データ記録領域よりも内周側又は及び外周側にあり、主に制御情報を格納する領域、なお再生専用領域でデータ記録領域よりもトラックピッチが広がっていることがある）やウォブル（ウォブルに重畳して記録）等があり、いずれかの領域又はいずれか複数の領域又は全ての領域に記録してもよい。

[0309] またウォブルの開始方向に関してであるが、On-Groove方式とI

n-Groove方式とで互いに逆となるようにしてもよい。つまり、もしOn-Groove方式にてウォブルの開始方向がディスクの内周側から開始する場合には、In-Groove方式ではウォブルの開始方向をディスクの外周側から開始するようにしてもよい。又は、もしOn-Groove方式にてウォブルの開始方向がディスクの外周側から開始する場合には、In-Groove方式ではウォブルの開始方向をディスクの内周側から開始するようにしてもよい。このように、On-Groove方式とIn-Groove方式とでウォブルの開始方向が互いに逆となるようにすることで、どちらの方式にしてもトラッキングの極性を同一にすることができる。なぜなら、On-Groove方式では、光入射面から見て凸部となる側に記録を行うのに対して、In-Groove方式では、光入射面から見て凹部となる側に記録を行うため、仮に両方で溝の深さが同じである場合、トラッキング極性は逆の関係となる。そこで、両方でウォブルの開始方向も互いに逆とすることにより、トラッキング極性を同じにすることができる。

[0310] (イン・ピット／オン・ピット)

上記のIn/On-Groove方式は、媒体に溝を形成する記録型の媒体に関してであるが、再生専用型の媒体に関しても同様の考え方を適用できる。つまり再生専用型の媒体の場合、情報はエンボス／凹凸ピットという形で記録されるが、このピットの形成方式としても、光入射面から見て凸部のピットが形成されるものをOn-Pit方式といい、光入射面から見て凹部のピットが形成されるものをIn-Pit方式といい、本発明において、ピットの形成方式として、On-Pit方式とするか、In-Pit方式とするか、両方式のどちらか一方を許可する方式とするかは特に問わない。

[0311] また、両方式のどちらか一方を許可する方式の場合、その媒体が、どちらの方式であるかを容易に識別できるように、On-Pit方式であるかIn-Pit方式であるかを示したピット形成方式識別情報を媒体に記録してもよい。多層媒体については、各層についてのピット形成方式識別情報を記録してもよい。その場合、各層についてのピット形成方式識別情報を基準層（

光入射面から見てもっとも遠い側の層（L0）又は最も近い層や、起動時に最初にアクセスされるように決められている層など）にまとめて記録してもよいし、各層にその層のみに関するピット形成方式識別情報を記録してもよいし、各層に全ての層に関するピット形成方式識別情報を記録してもよい。

[0312] またピット形成方式識別情報を記録する領域としては、BCA（Burst Cutting Area）やディスク情報領域（データ記録領域よりも内周側又は／及び外周側にあり、主に制御情報を格納する領域、なおデータ記録領域よりもトラックピッチが広がっていることがある）等があり、いずれかの領域又は両方の領域に記録してもよい。

[0313] （記録膜と反射率：HTL／LTH）

また、記録膜の特性に関してであるが、記録部分と未記録部分との反射率の関係により、以下の2つの特性のものがある。つまり、未記録部分が記録済部分よりも高反射率（High-to-Low）であるHtoL特性と、未記録部分が記録済部分よりも低反射率（Low-to-High）であるLtoH特性である。本発明において、媒体の記録膜特性として、HtoLであるか、LtoHであるか、どちらか一方を許可するものであるかは特に問わない。

[0314] また、どちらか一方を許可するものの場合、どちらの記録膜特性であるかを容易に識別できるように、HtoLであるかLtoHであるかを示した記録膜特性識別情報を媒体に記録してもよい。多層媒体については、各層についての記録膜特性識別情報を記録してもよい。その場合、各層についての記録膜特性識別情報を基準層（光入射面から見てもっとも遠い側の層（L0）又は最も近い層や、起動時に最初にアクセスされるように決められている層など）にまとめて記録してもよいし、各層にその層のみに関する記録膜特性識別情報を記録してもよいし、各層に全ての層に関する記録膜特性識別情報を記録してもよい。

[0315] また、記録膜特性識別情報を記録する領域としては、BCA（Burst Cutting Area）やディスク情報領域（データ記録領域よりも内周

側又は／及び外周側にあり、主に制御情報を格納する領域、なお再生専用領域でデータ記録領域よりもトラックピッチが広がっていることがある）やウォブル（ウォブルに重畳して記録）等があり、いずれかの領域又はいずれか複数の領域又は全ての領域に記録してもよい。

[0316] なお、記録密度が向上すると、光ディスク媒体の記録密度は複数種類存在する可能性が生じることになる。この場合は、上記の各種のフォーマットや方式に関して、記録密度に応じて、その一部のみを採用したり、一部を別のフォーマットや方式に変更したりしてもよい。

[0317] なお、上記では、記録媒体として光ディスクを例に挙げて説明し、記録媒体に関する表現として、メディア、情報記録媒体などの文言を用いているが、同じ意味である。また、本発明は、対象となる記録媒体として、光で記録または再生する光ディスクだけでなく、磁気エネルギーを用いて記録または再生を行う「磁気記録媒体」、「光磁気記録媒体」などにも適用可能である。また、本発明は、PRML信号処理方式を用いた信号処理を行う分野に適用可能である。例えば、通信の伝送路の特性評価という分野にも適用可能である。例えば、「HD-PLC」や、「HDMI」などの高速通信の伝送路評価にも適応可能である。

[0318] 本発明の信号評価方法は、情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する信号評価方法であって、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値とを取得するステップと、前記正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップとを包含する。

- [0319] ある実施形態によれば、前記エラーレートを計算するステップは、前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算するステップと、前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出するステップと、前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算するステップとを包含する。
- [0320] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である。
- [0321] ある実施形態によれば、複数の前記所定のパターン群は、ユークリッド距離が14のパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群とを含む。
- [0322] ある実施形態によれば、前記PRML方式は、PR12221方式である。
- [0323] 本発明の装置は、情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する装置であって、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するパターン検出部と、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算する差分演算部と、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するエラーレート演算部と、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算する標準偏差演算部とを備える。
- [0324] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算する演算部と、前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出する検出部と、をさらに備え、前記エラーレート演算部は、前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算する。

- [0325] ある実施形態によれば、前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である。
- [0326] ある実施形態によれば、複数の前記所定のパターン群は、ユークリッド距離が14のパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群とを含む。
- [0327] ある実施形態によれば、前記PRML方式は、PR12221方式である。
- [0328] 本発明の情報記録媒体は、所定の品質を有する情報記録媒体であって、前記情報記録媒体は、少なくとも1つの記録層を有し、前記記録層は、マークとスペースの組み合わせで情報を記録するための記録領域を含み、前記マーク及び前記スペースから再生される再生信号に対応する評価値が所定の値を有し、前記評価値を算出する処理は、前記マーク及び前記スペースから再生された再生信号からPRML方式を用いて2値化信号を生成するステップと、前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップとを含む。
- [0329] 本発明の再生装置は、前記情報記録媒体を再生する再生装置であって、前記情報記録媒体に光ビームを照射し、前記マーク及び前記スペースからの反射光を受光する受光部と、前記反射光から得られる信号に基づき、前記マーク及び前記スペースを用いて記録された情報を再生する再生部とを備える。
- [0330] 本発明の記録装置は、前記情報記録媒体に記録を行う記録装置であって、前記情報記録媒体にパルス状の光ビームを照射して、前記記録領域に前記マ

ークを形成する照射部と、前記評価値が前記所定の値を満たすように、前記光ビームの発光波形パターンを調整する調整部とを備える。

[0331] 本発明の信号評価方法は、情報記録媒体から再生した信号からPRML信号処理方式を用いて2値化信号を生成する信号評価方法である。前記2値化信号から前記PRML方式における、同じ状態に合流するパスのパターンを検出する。前記2値化信号を正パターンとし、その正パターンから得られる理想信号と、この正パターンに対応する誤パターンと、その誤パターンから得られる理想信号と、前記正パターンと前記誤パターンとのユークリッド距離とを算出する。前記2値化信号が所定のパターンと検出された場合、前記正パターンの理想信号と再生信号のユークリッド距離と、前記誤パターンの理想信号と再生信号のユークリッド距離との差分を算出し、所定のパターン群ごとに前記差分の σ とパターン群の発生確率とを求める。前記パターン群ごとに、誤差関数の積分値計算により、推定のビットエラーレートを求める。前記で求めたパターン群ごとの推定ビットエラーレートを加算した全体の推定のビットエラーレートをを用いて、再生信号を評価する。また、前記で求めたパターン群ごとの推定ビットエラーレートを加算した全体の推定のビットエラーレートから σ を求め、その σ を用いて再生信号を評価してもよい。

[0332] 本発明の信号評価装置は、情報記録媒体から再生した信号からPRML信号処理方式を用いて2値化信号を生成する信号評価装置である。信号評価装置は、前記2値化信号から前記PRML方式における、同じ状態に合流するパスのパターンを検出する手段と、前記2値化信号を正パターンとし、その正パターンから得られる理想信号と、この正パターンに対応する誤パターンと、その誤パターンから得られる理想信号と、前記正パターンと前記誤パターンとのユークリッド距離とを算出する手段とを備える。信号評価装置は、前記2値化信号が所定のパターンと検出された場合、前記正パターンの理想信号と再生信号のユークリッド距離と、前記誤パターンの理想信号と再生信号のユークリッド距離との差分を算出する手段と、所定のパターン群ごとに前記差分の σ とパターン群の発生確率とを求める手段と、前記パターン群ご

とに、誤差関数の積分値計算により、推定のビットエラーレートを求める手段と、前記で求めたパターン群ごとの推定ビットエラーレートを加算した全体の推定のビットエラーレートを求める手段を具備する。また、信号評価装置は、前記で求めたパターン群ごとの推定ビットエラーレートを加算した全体の推定のビットエラーレートから σ を求める手段を備えてもよい。

[0333] 本発明の信号評価方法は、情報記録媒体から再生した信号からPRML信号処理方式を用いて2値化信号を生成する信号評価方法である。信号評価方法では、前記2値化信号から前記PRML方式における、同じ状態に合流するパスのパターンを検出する。前記2値化信号を正パターンとし、その正パターンから得られる理想信号と、この正パターンに対応する誤パターンと、その誤パターンから得られる理想信号とを生成する。前記パターン検出において、前記2値化信号が所定のパターンと検出された場合に、前記正パターンの理想信号と前記再生信号の距離と、前記誤パターンの理想信号と前記再生信号の距離との差分を算出する。前記算出された差分結果から、所定のパターン群ごとに予測されるエラーレートを求める。前記エラーレート演算ステップで求めたパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートから予測される正規分布の σ を求め、その σ を用いて、再生信号を評価する。

[0334] 前記エラーレートを演算するときは、前記所定のパターン群ごとに、算出される前記差分情報の σ と前記所定のパターン群の発生確率とを求める。前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数に基づいて、予測されるエラーレートを求める。

[0335] また、前記エラーレートを演算するときは、前記所定のパターン群ごとに、算出される前記差分情報が所定の閾値を超える回数と、前記所定のパターン群の発生確率とを求める。前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数に基づいて、予測されるエラーレートを求める。

[0336] 本発明の信号評価装置は、情報記録媒体から再生した信号からPRML信号処理方式を用いて2値化信号を生成する信号評価装置である。信号評価装

置は、前記2値化信号から前記PRML方式における、同じ状態に合流するパスのパターンを検出する手段と、前記2値化信号を正パターンとし、その正パターンから得られる理想信号と、この正パターンに対応する誤パターンと、その誤パターンから得られる理想信号とを生成する生成手段とを備える。信号評価装置は、前記検出手段において、前記2値化信号が所定のパターンと検出された場合に、前記正パターンの理想信号と前記再生信号の距離と、前記誤パターンの理想信号と前記再生信号の距離との差分を算出する差分算出手段と、前記算出された差分結果から、所定のパターン群ごとに予測されるエラーレートを求めるエラーレート演算手段と、前記エラーレート演算手段で求めたパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートから予測される正規分布の σ を求める手段とを備える。

産業上の利用可能性

[0337] 本発明は、最尤復号法を用いて信号処理を行う技術分野において特に有用である。

請求の範囲

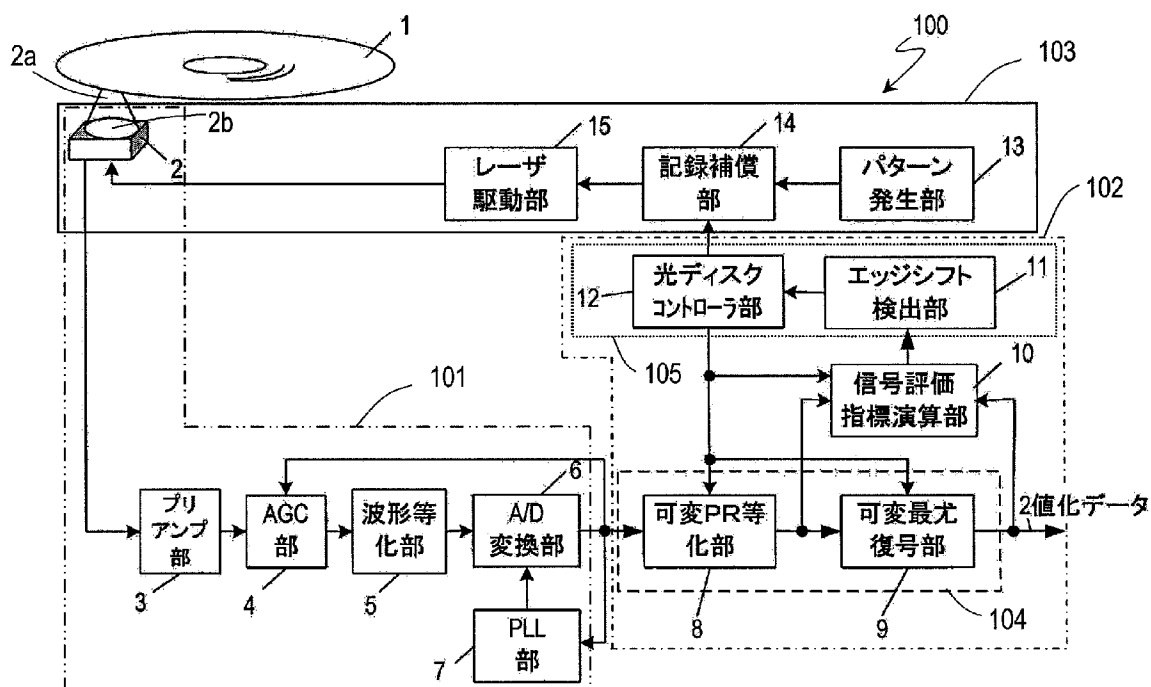
- [1] 情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する信号評価方法であって、
前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、
前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値とを取得するステップと、
前記正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、
前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、
前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップと、
を包含する、信号評価方法。
- [2] 前記エラーレートを計算するステップは、
前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算するステップと、
前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出するステップと、
前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算するステップと、
を包含する、請求項1に記載の信号評価方法。
- [3] 前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である、請求項1に記載の信号評価方法。
- [4] 複数の前記所定のパターン群は、
ユークリッド距離が14のパターン群と、
ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、
ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群と、
を含む、請求項1に記載の信号評価方法。

- [5] 前記PRML方式は、PR12221方式である、請求項1に記載の信号評価方法。
- [6] 情報記録媒体から再生された再生信号からPRML方式を用いて生成された2値化信号に基づいて、前記再生信号を評価する装置であって、
前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するパターン検出部と、
前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算する差分演算部と、
前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するエラーレート演算部と、
前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算する標準偏差演算部と、
を備える、装置。
- [7] 前記所定のパターン群ごとに前記差分の標準偏差を計算する演算部と、
前記所定のパターン群ごとの発生確率を検出する検出部と、
をさらに備え、
前記エラーレート演算部は、前記差分の標準偏差と、前記発生確率と、前記所定のパターン群ごとに発生するエラー数とに基づいて、前記エラーレートを計算する、請求項6に記載の装置。
- [8] 前記所定のパターン群のそれぞれは、ユークリッド距離が14以下のパターン群である、請求項6に記載の装置。
- [9] 複数の前記所定のパターン群は、
ユークリッド距離が14のパターン群と、
ユークリッド距離が12で且つ2T信号が孤立するパターン群と、
ユークリッド距離が12で且つ2T信号が連続するパターン群と、
を含む、請求項6に記載の装置。

- [10] 前記PRML方式は、PR12221方式である、請求項6に記載の装置。
- [11] 所定の品質を有する情報記録媒体であって、
前記情報記録媒体は、少なくとも1つの記録層を有し、
前記記録層は、マークとスペースの組み合わせで情報を記録するための記録領域を含み、
前記マーク及び前記スペースから再生される再生信号に対応する評価値が所定の値を有し、
前記評価値を算出する処理は、
前記マーク及び前記スペースから再生された再生信号からPRML方式を用いて2値化信号を生成するステップと、
前記2値化信号に対応した、同じ状態に合流するパスのパターンを検出するステップと、
前記2値化信号に対応した正パターンの理想値と前記再生信号との間の距離と、前記正パターンに対応した誤パターンの理想値と前記再生信号との間の距離との差分を計算するステップと、
前記差分に基づいて、前記PRML方式における所定のパターン群ごとに、予測されるエラーレートを計算するステップと、
前記再生信号の評価に用いるための、前記所定のパターン群ごとのエラーレートを加算した全体のエラーレートに対応した標準偏差を計算するステップと、
を含む、情報記録媒体。
- [12] 請求項11に記載の情報記録媒体を再生する再生装置であって、
前記情報記録媒体に光ビームを照射し、前記マーク及び前記スペースからの反射光を受光する受光部と、
前記反射光から得られる信号に基づき、前記マーク及び前記スペースを用いて記録された情報を再生する再生部と、
を備えた、再生装置。

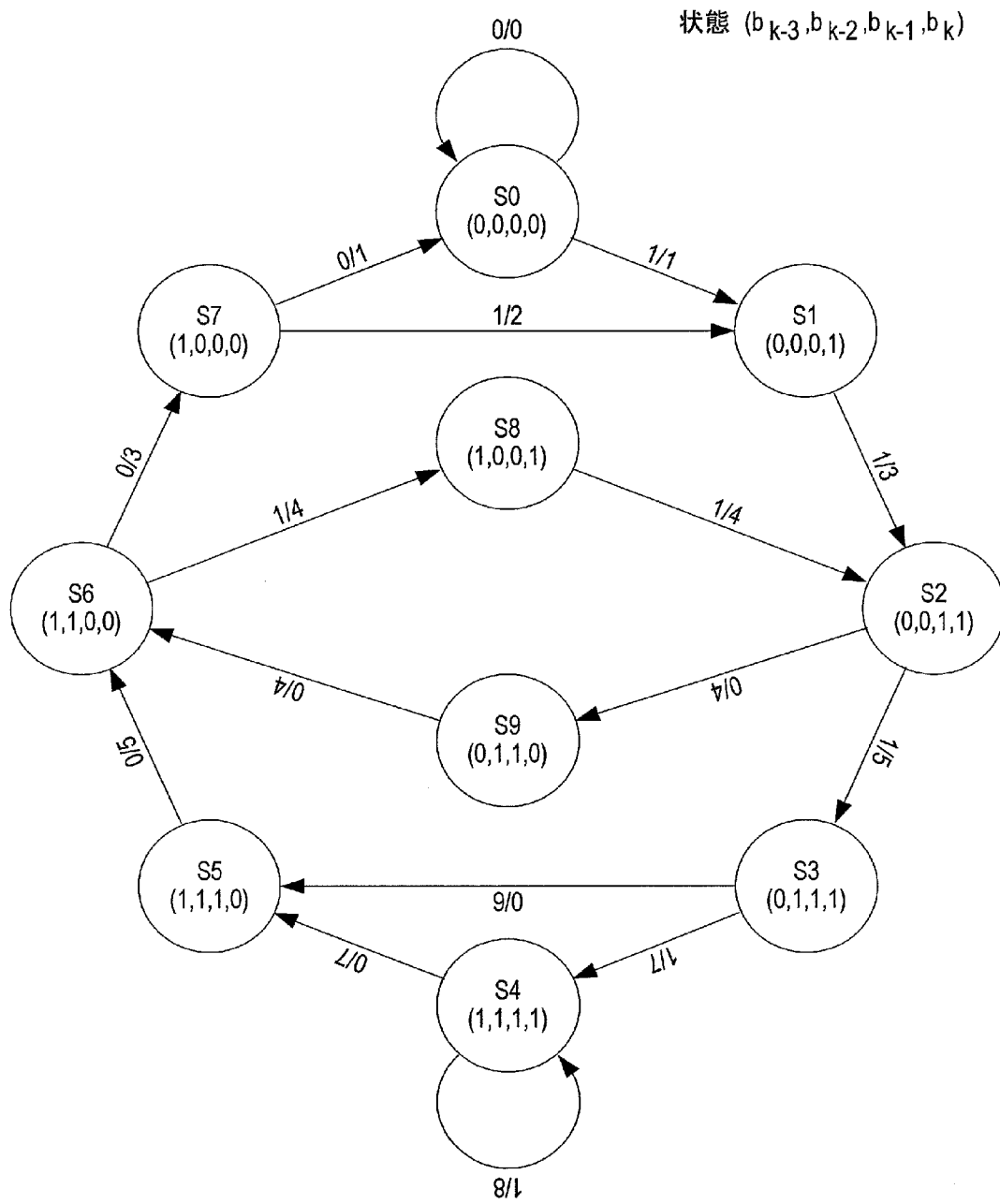
- [13] 請求項 1 1 に記載の情報記録媒体に記録を行う記録装置であって、
前記情報記録媒体にパルス状の光ビームを照射して、前記記録領域に前記
マークを形成する照射部と、
前記評価値が前記所定の値を満たすように、前記光ビームの発光波形パタ
ーンを調整する調整部と、
を備えた、記録装置。

[図1]

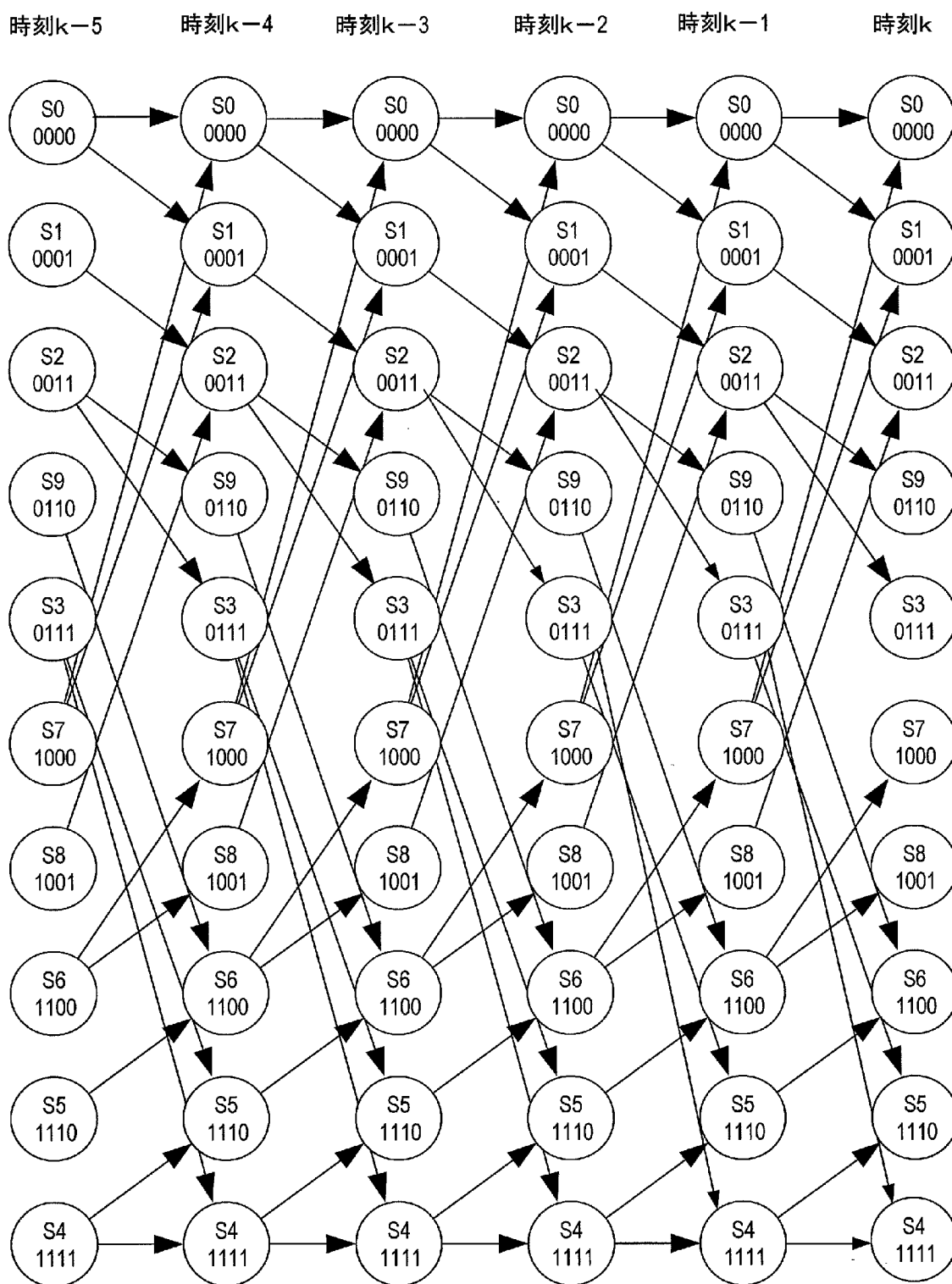


[図2]

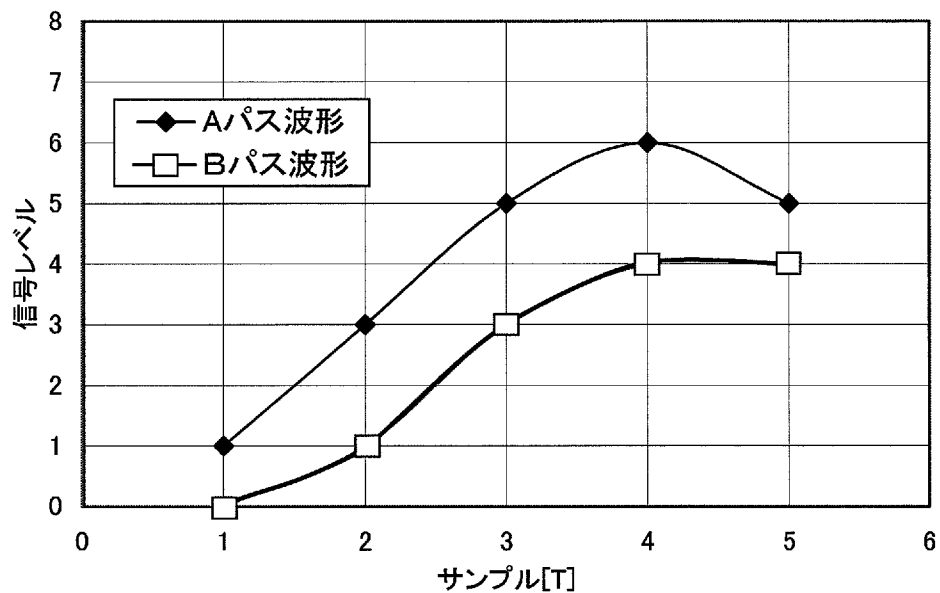
(1,7)RLL + PR(1,2,2,2,1)



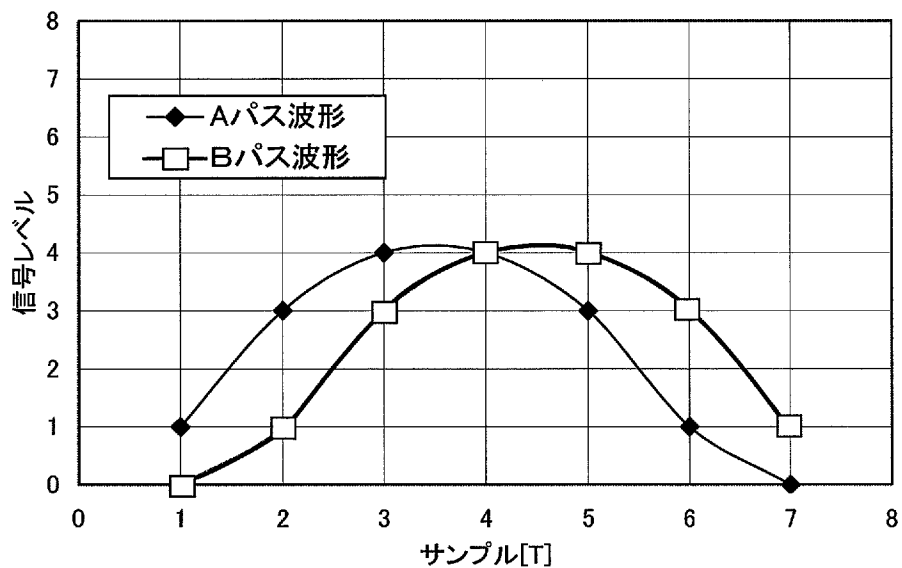
[图3]



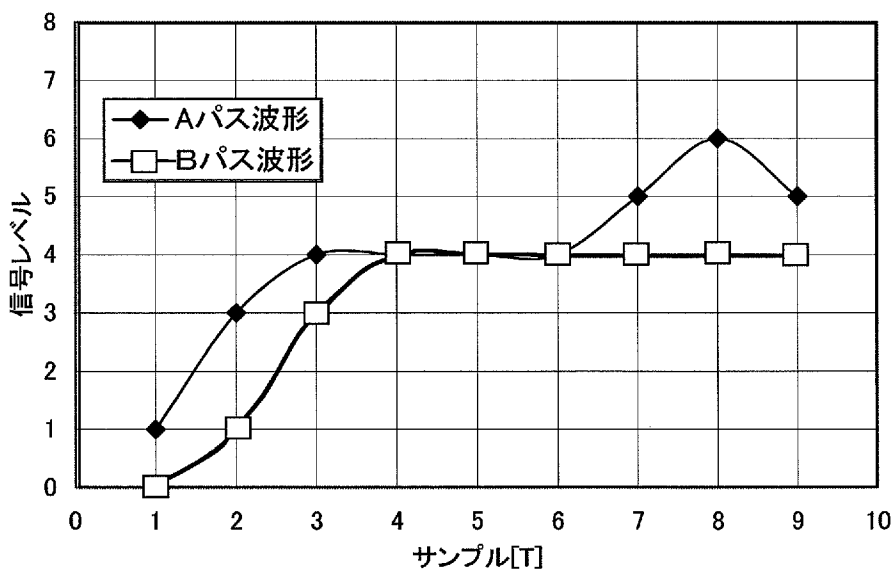
[図4]



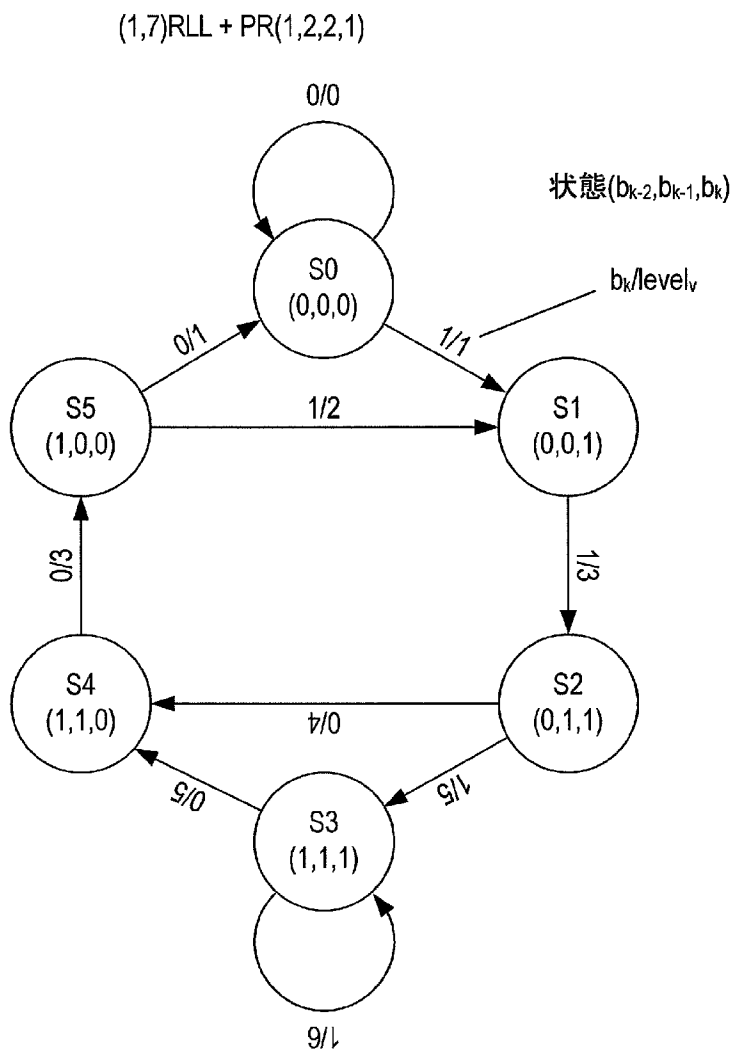
[図5]



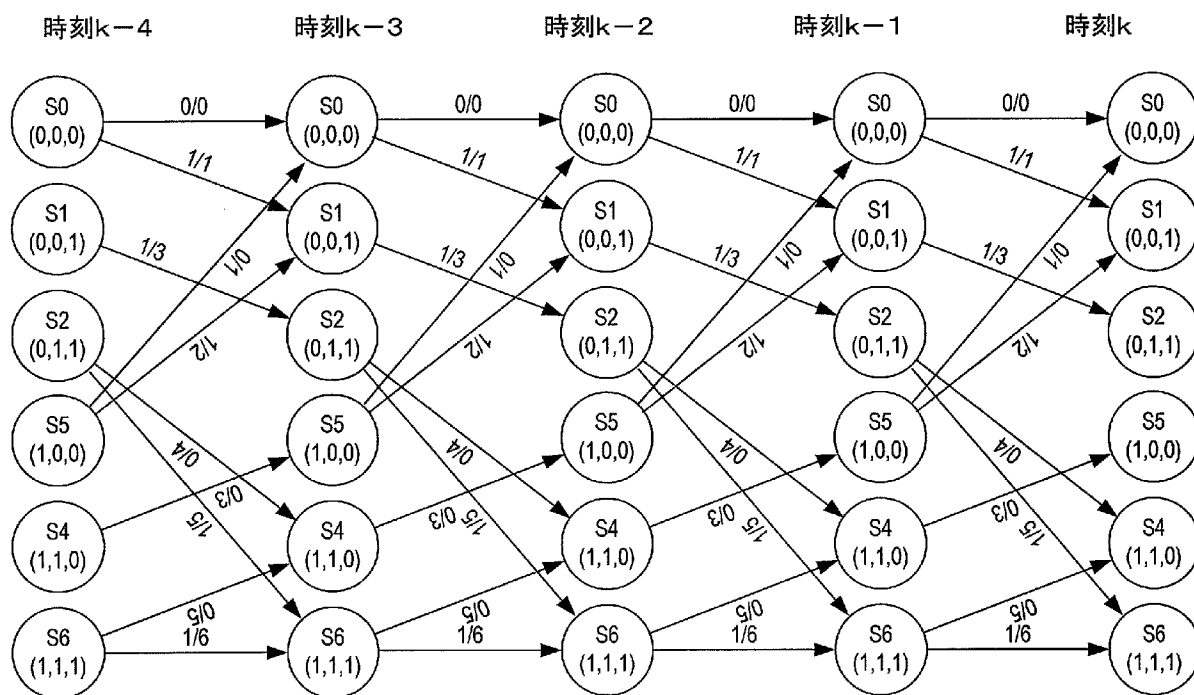
[図6]



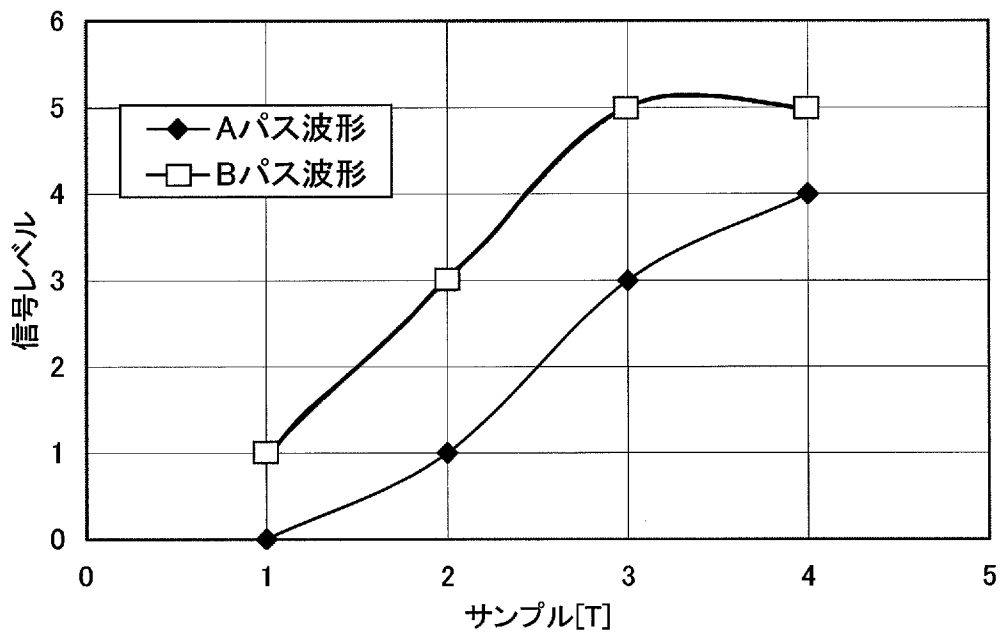
[図7]



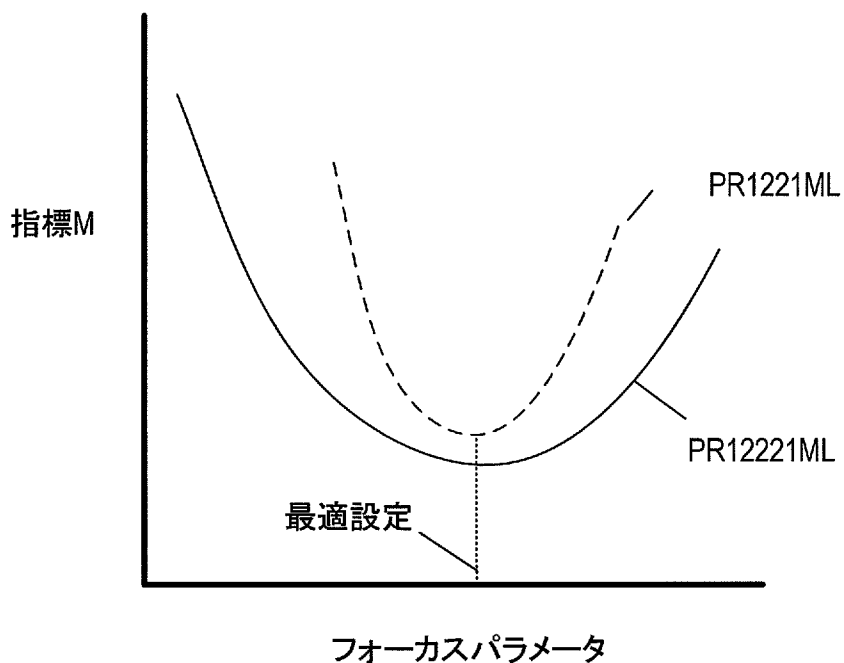
[図8]



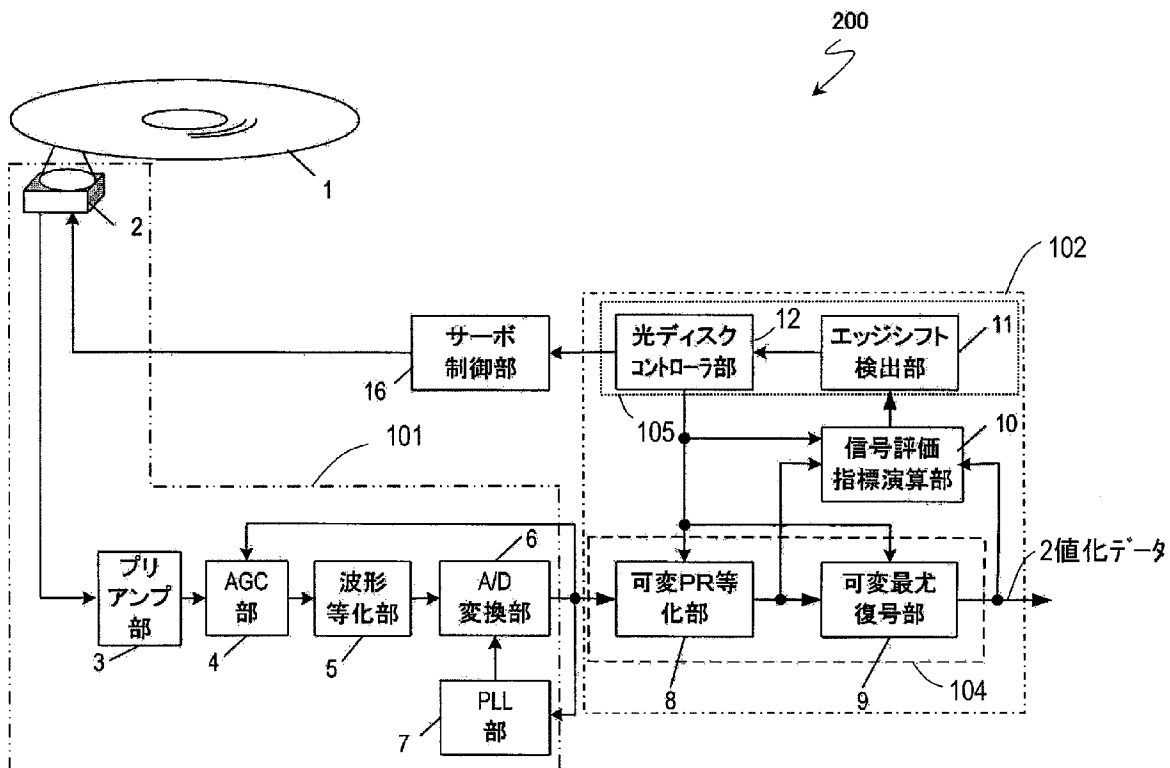
[図9]



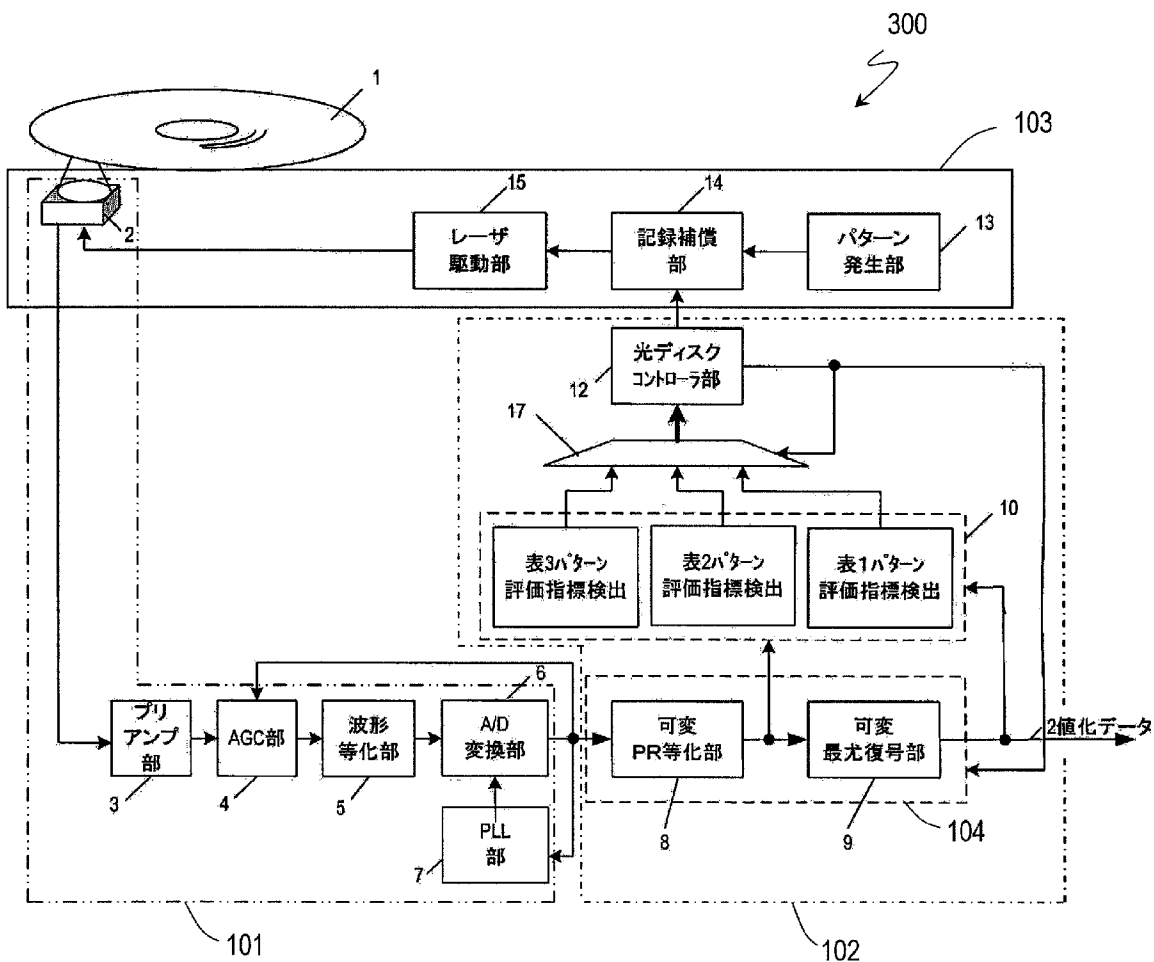
[図10]



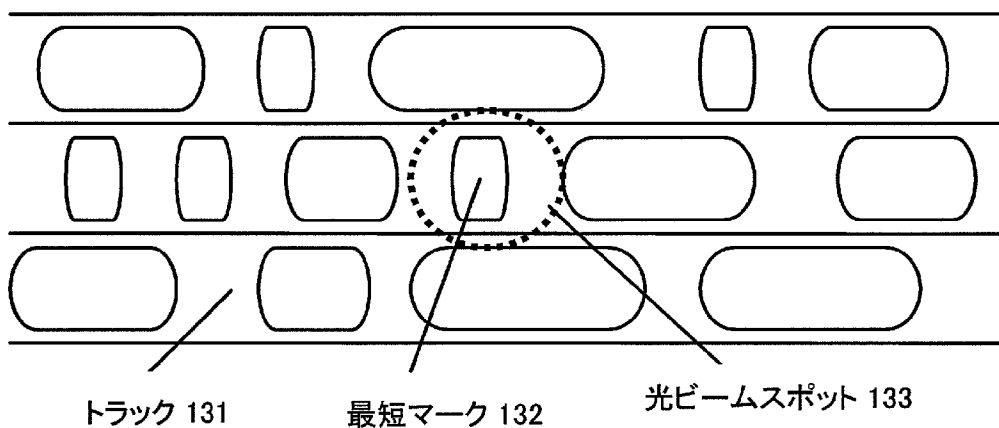
[図11]



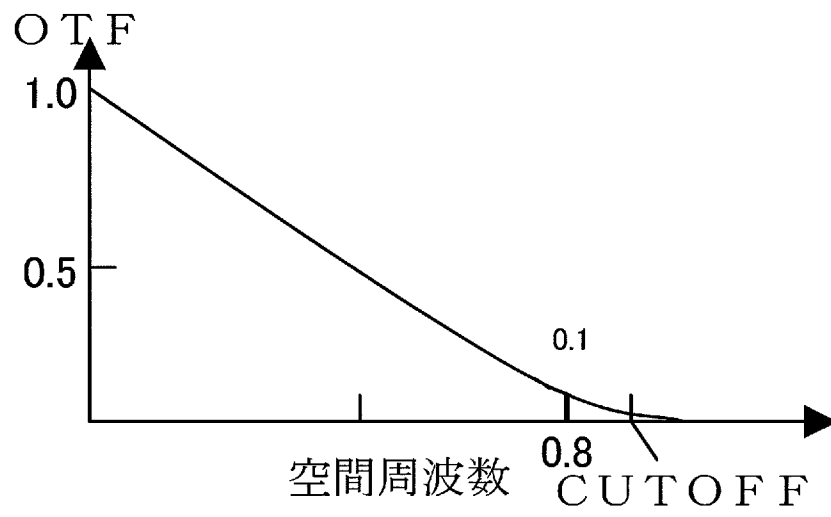
[図12]



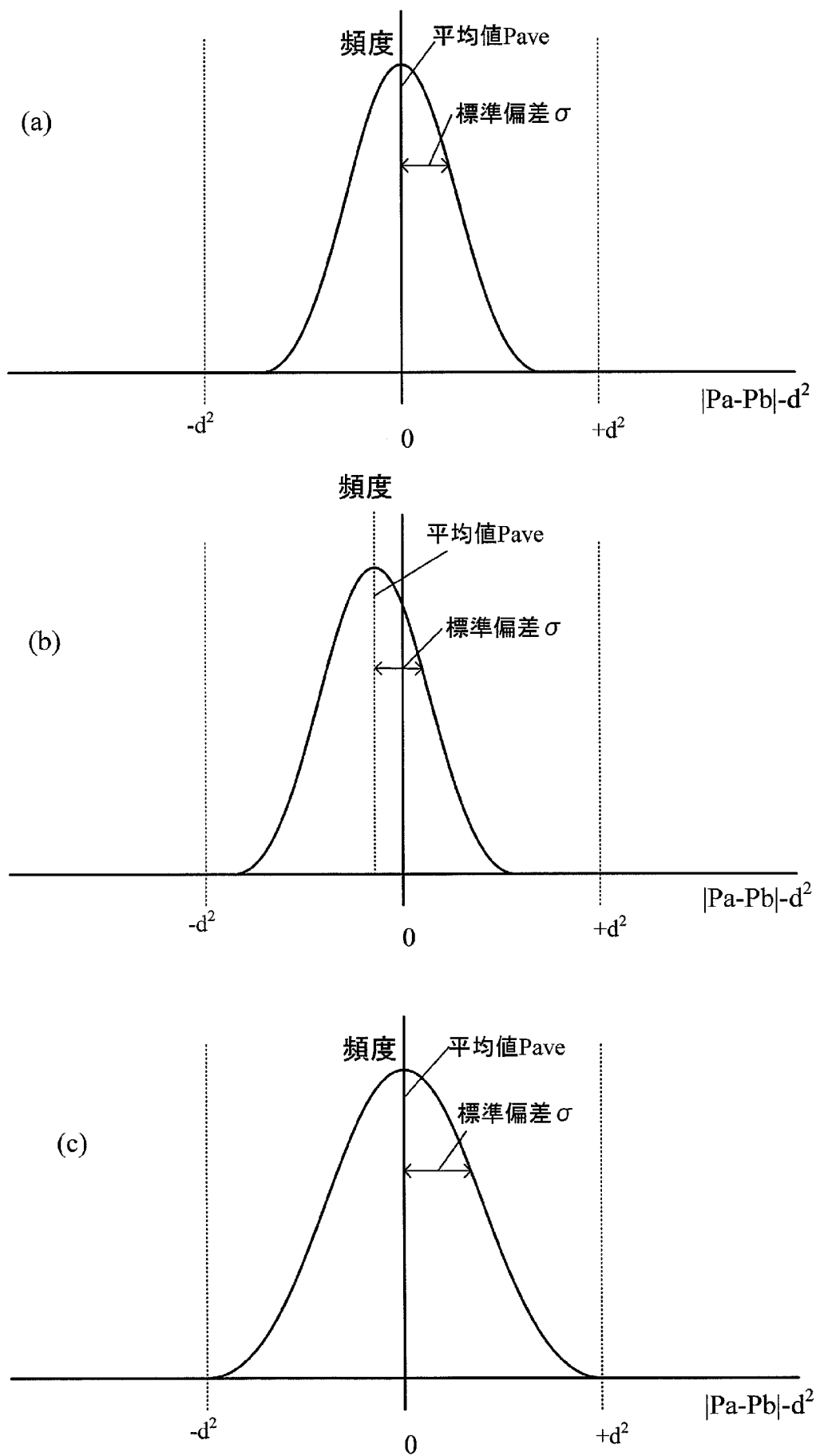
[図13]



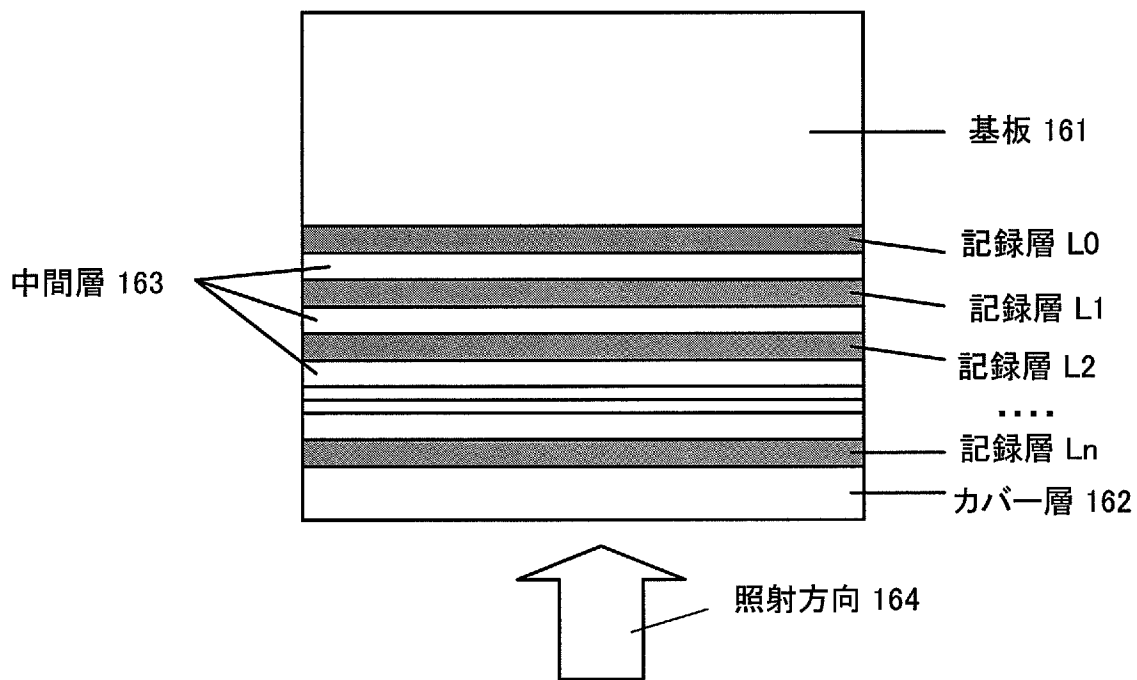
[図14]



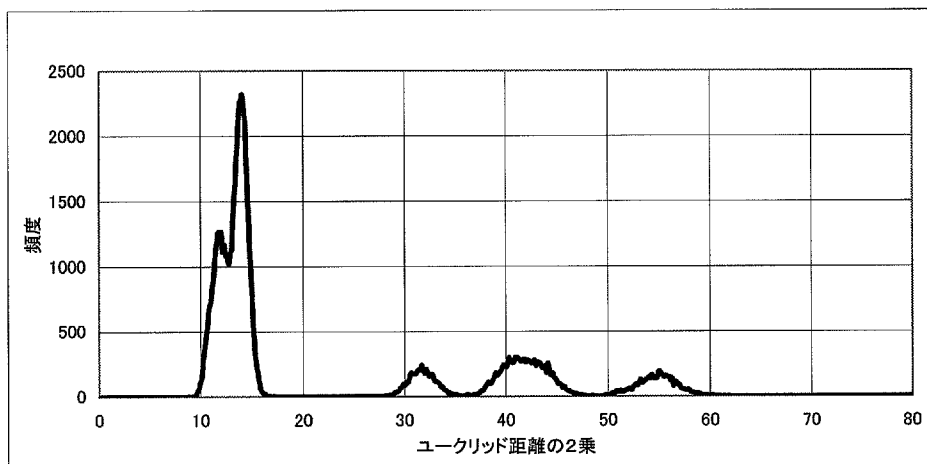
[図15]



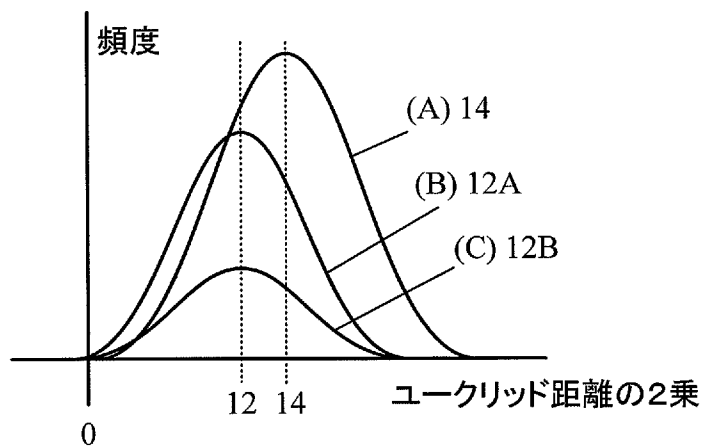
[図16]



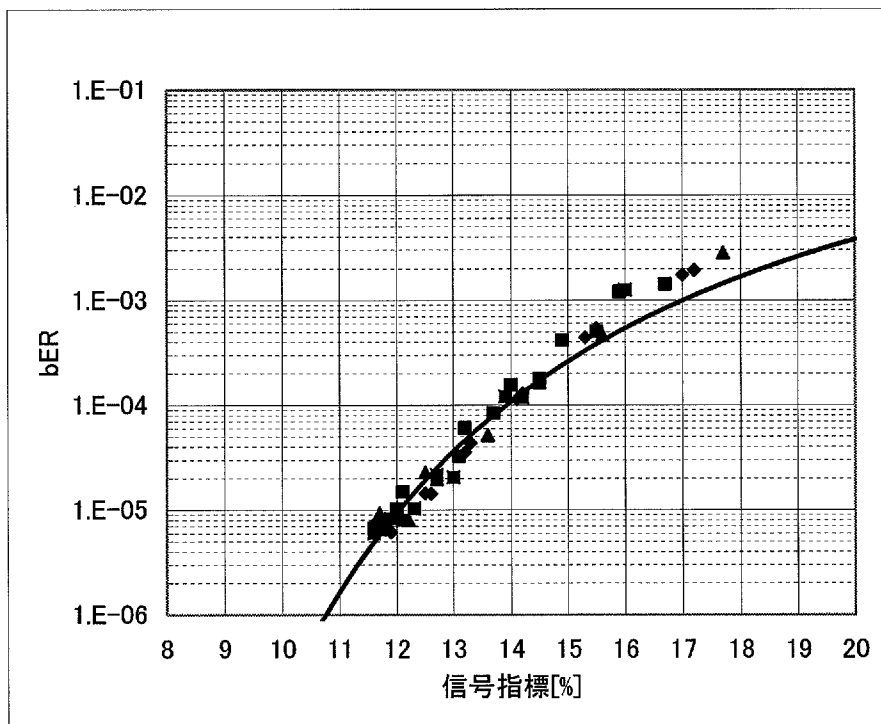
[図17]



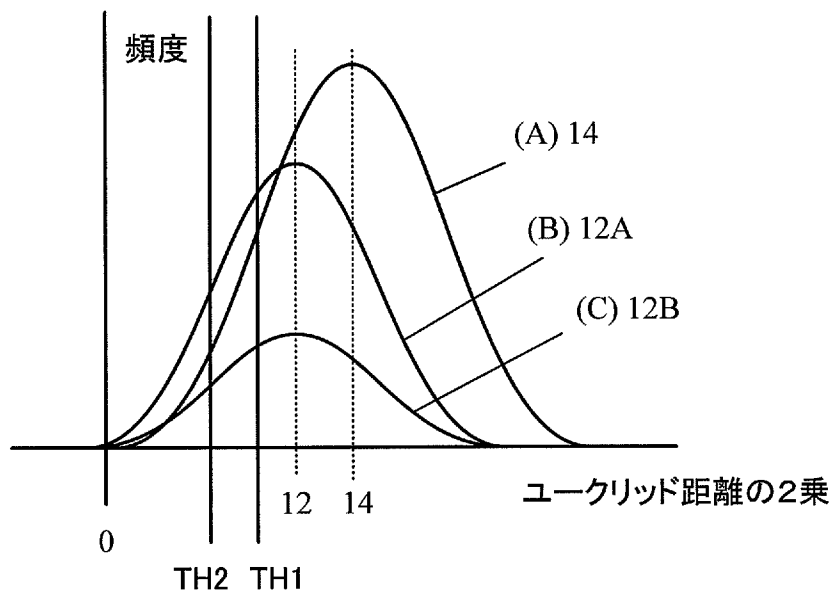
[図18]



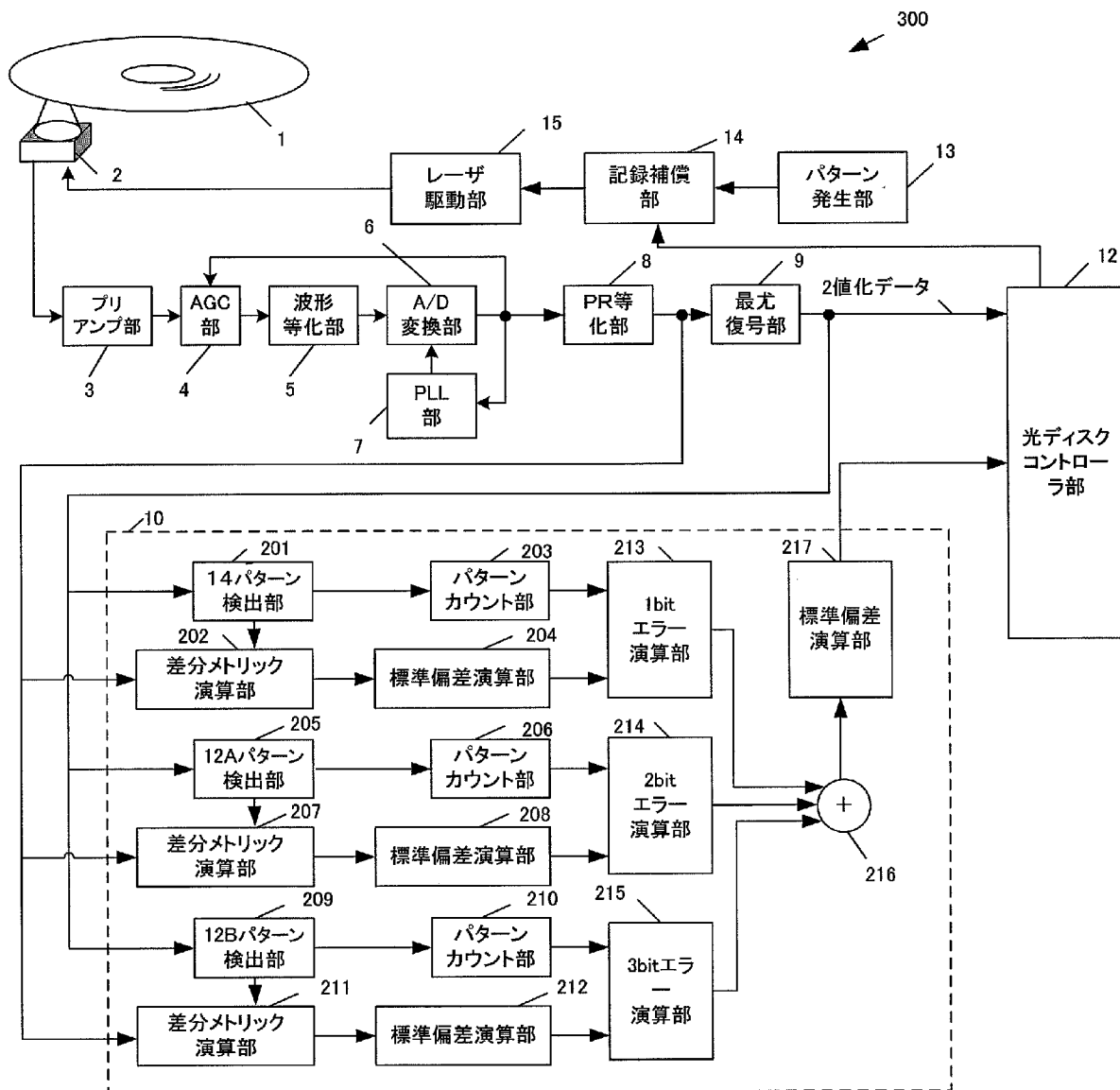
[図19]



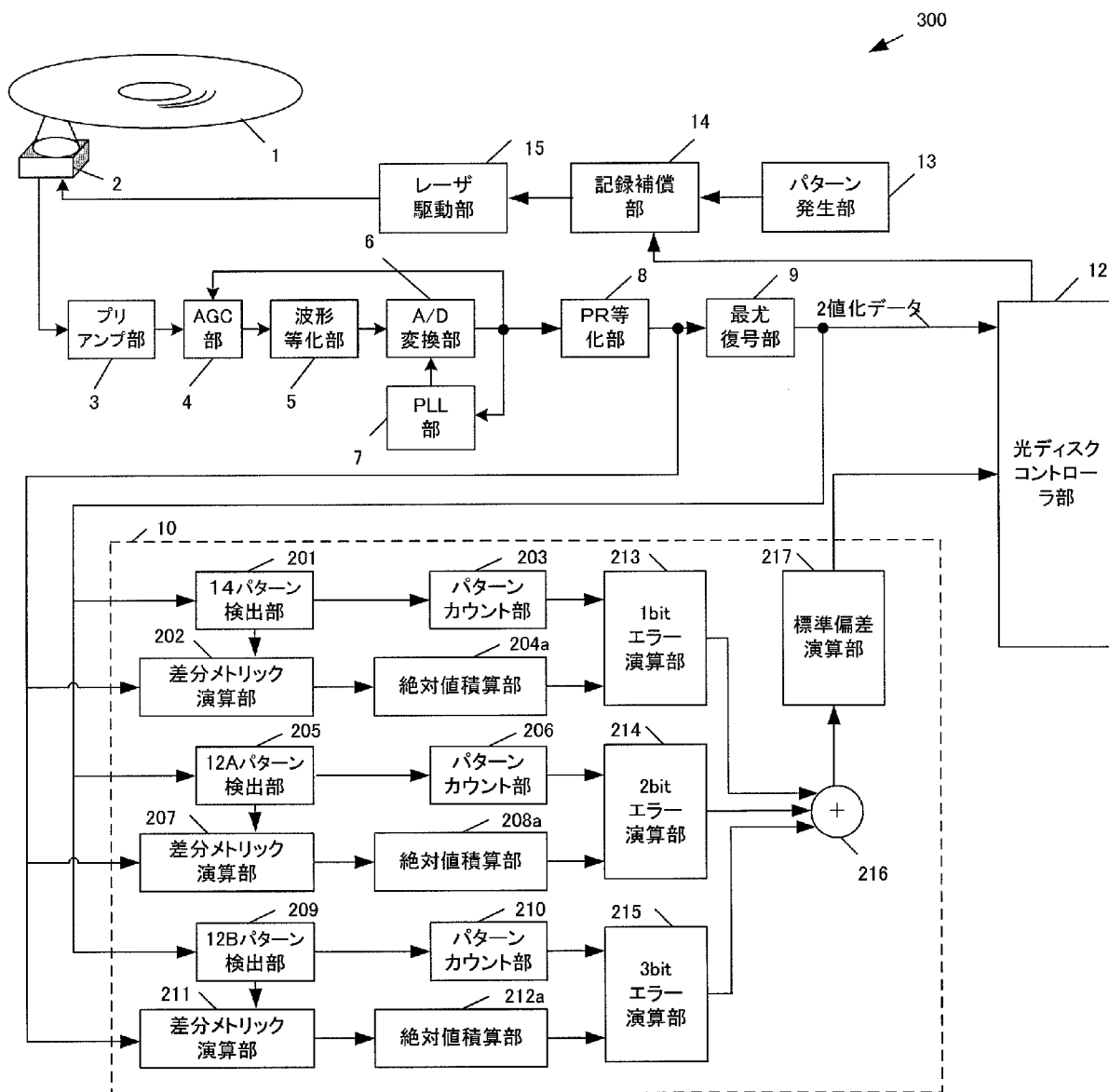
[図20]



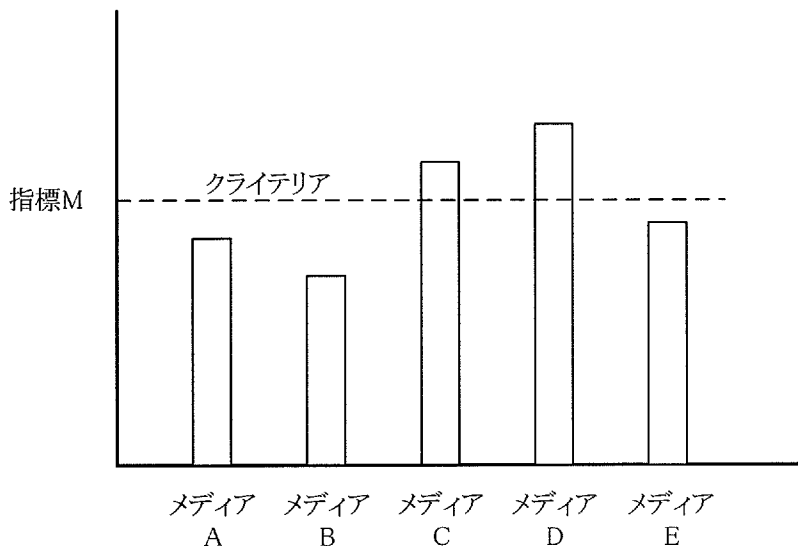
[図22]



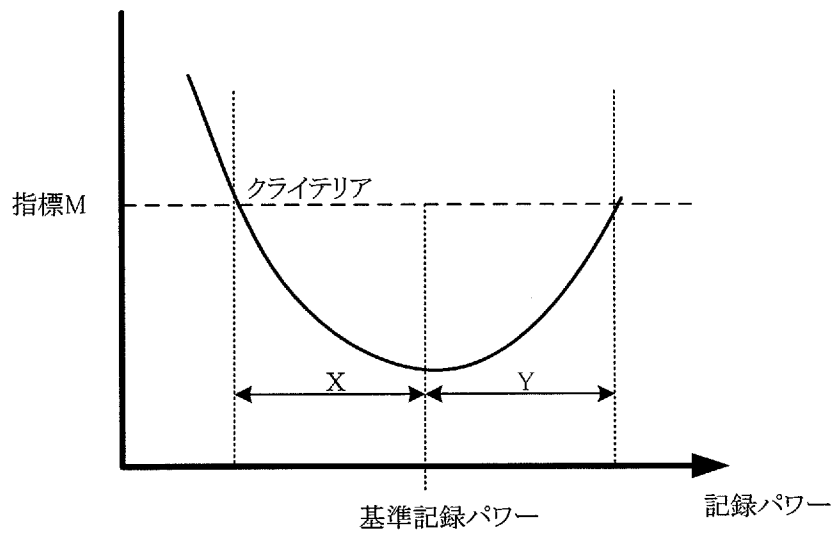
[図23]



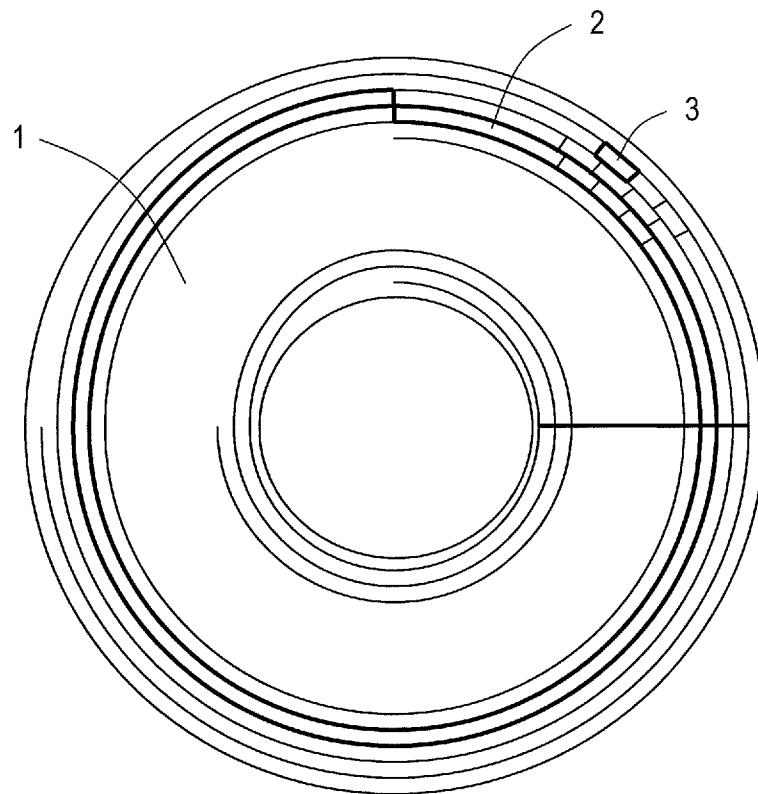
[図24]



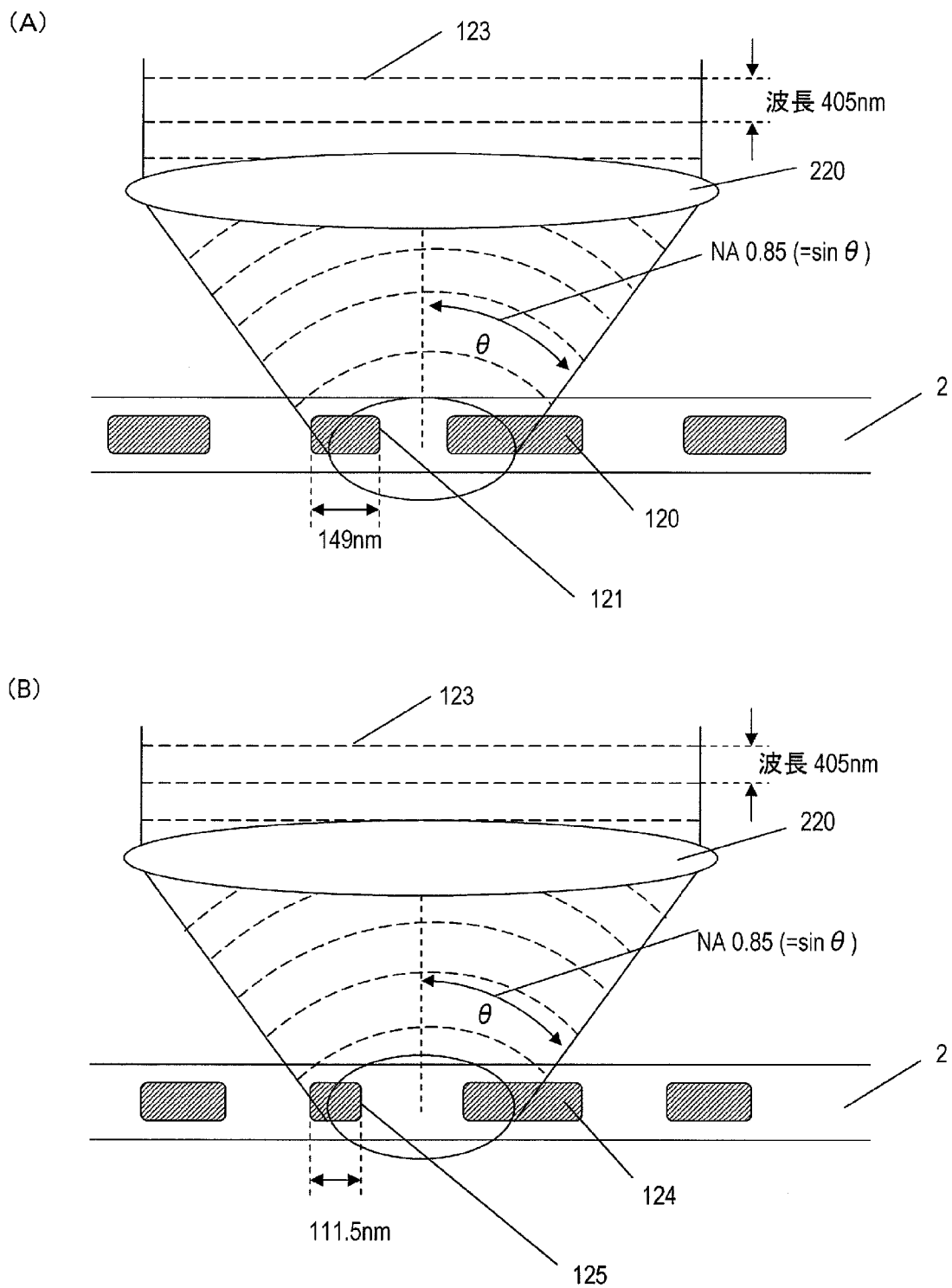
[図25]



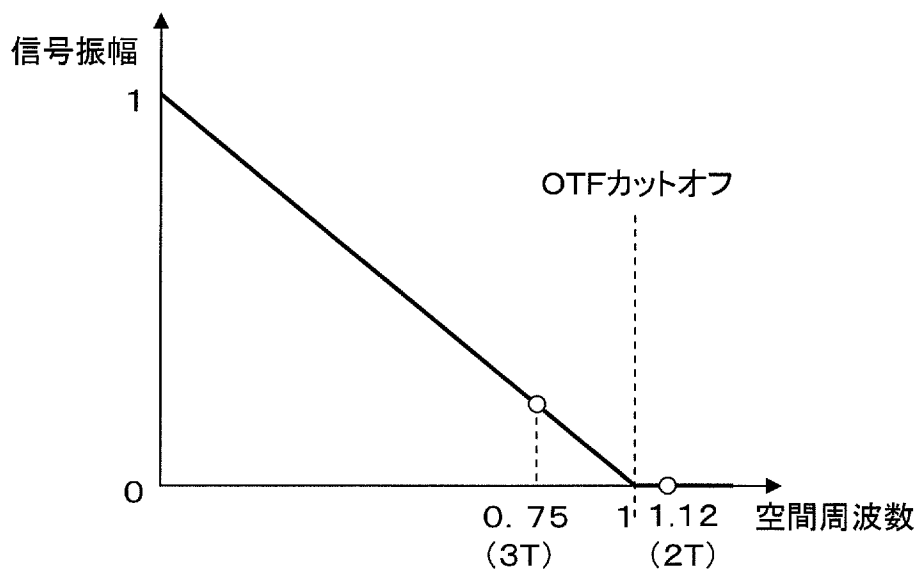
[図26]



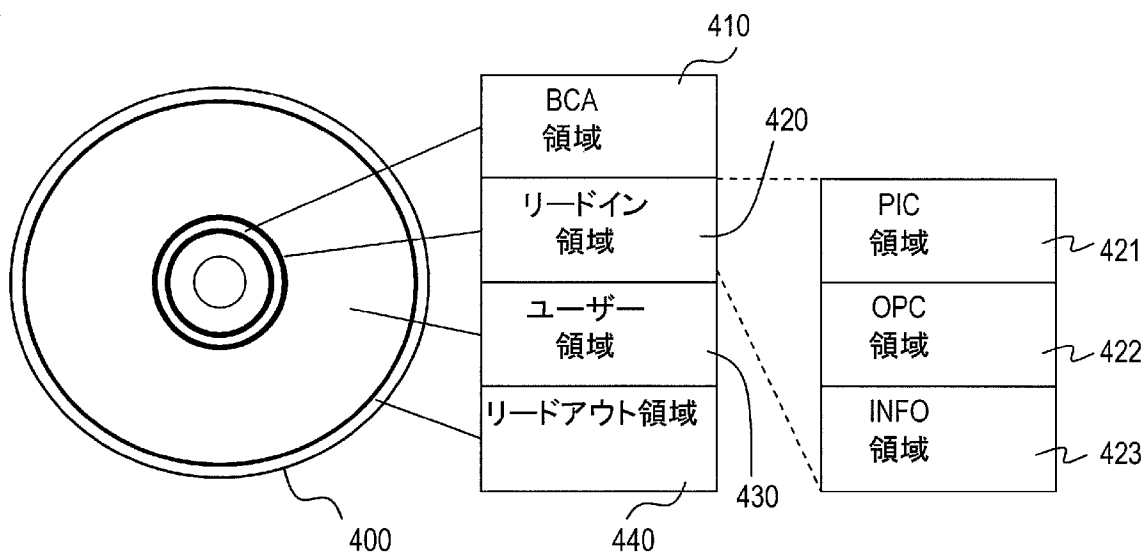
[図27]



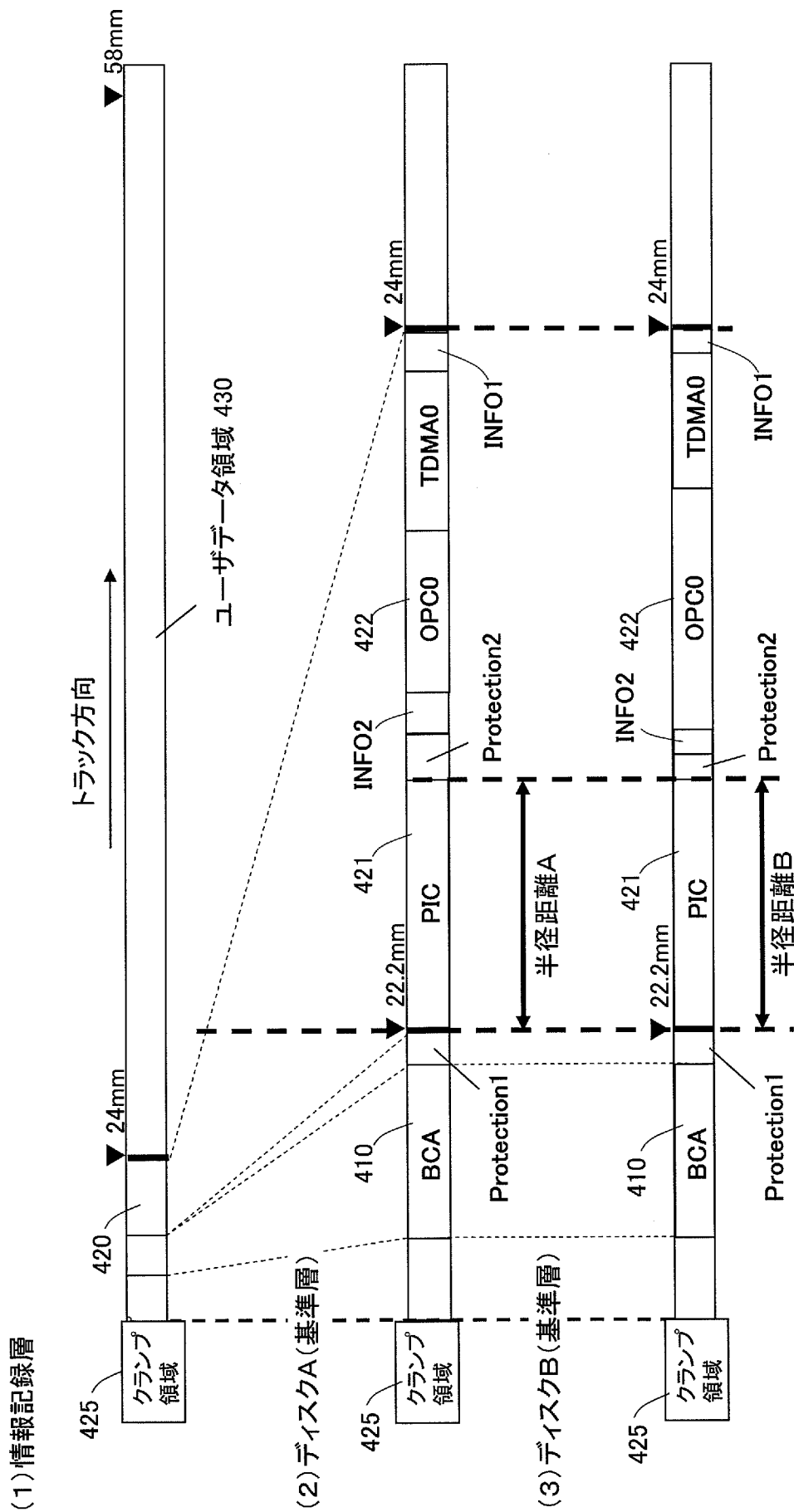
[図28]



[図29]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/000907

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G11B20/18(2006.01) i, G11B7/0045(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, 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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 Y	JP 2003-272304 A (Toshiba Corp.), 26 September, 2003 (26.09.03), Par. Nos. [0020] to [0044]; Figs. 1 to 8 & US 2003/0174622 A1	1-3, 6-8 4, 5, 9-13
Y	JP 2006-164318 A (Sony Corp.), 22 June, 2006 (22.06.06), Par. Nos. [0017] to [0019] (Family: none)	4, 5, 9, 10
Y	JP 2004-213862 A (NEC Corp., Toshiba Corp.), 29 July, 2004 (29.07.04), Par. Nos. [0039] to [0041], [0048] to [0054] & US 2004/0208101 A1 & EP 1431974 A2	4, 5, 9-13

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 03 April, 2009 (03.04.09)	Date of mailing of the international search report 14 April, 2009 (14.04.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000907

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-335079 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 November, 2004 (25.11.04), Full text; all drawings & US 2005/0078579 A1 & EP 1473723 A2	1-13
A	JP 2003-151220 A (Toshiba Corp.), 23 May, 2003 (23.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-13

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, 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, 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 1971-2009年
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年
 日本国登録実用新案公報 1994-2009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 2003-272304 A (株式会社東芝) 2003.09.26, 段落【0020】-【0044】, 図1-図8 & US 2003/0174622 A1	1-3, 6-8
Y		4, 5, 9-13
Y	JP 2006-164318 A (ソニー株式会社) 2006.06.22, 段落【0017】 -【0019】 (ファミリーなし)	4, 5, 9, 10

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、一般的な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 03.04.2009	国際調査報告の発送日 14.04.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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 3591

5Q 3996

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
Y	JP 2004-213862 A (日本電気株式会社、株式会社東芝) 2004.07.29, 段落【0039】 - 【0041】、【0048】 - 【0054】 & US 2004/0208101 A1 & EP 1431974 A2	4, 5, 9 - 13
A	JP 2004-335079 A (松下電器産業株式会社) 2004.11.25, 全文、全図 & US 2005/0078579 A1 & EP 1473723 A2	1 - 13
A	JP 2003-151220 A (株式会社東芝) 2003.05.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 13