(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
2010 年 8 月 12 日(12.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/090136 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 20/18 (2006.01) *G11B 20/14* (2006.01)
G11B 7/005 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/051229

(22) 国際出願日: 2010 年 1 月 29 日(29.01.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-022112 2009 年 2 月 3 日(03.02.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社(Hitachi Consumer Electronics Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 峯邑 浩行 (MINEMURA Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 江藤 宗一郎(ETO Soichiro) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 黒川 貴弘(KUROKAWA Takahiro) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 草場 壽一(KUSABA Shuichi) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人浅村特許事務所(ASAMURA PATENT OFFICE, p.c.); 〒1000004 東京都千代田区大手町２丁目２番１号 新大手町ビル３３１ Tokyo (JP).

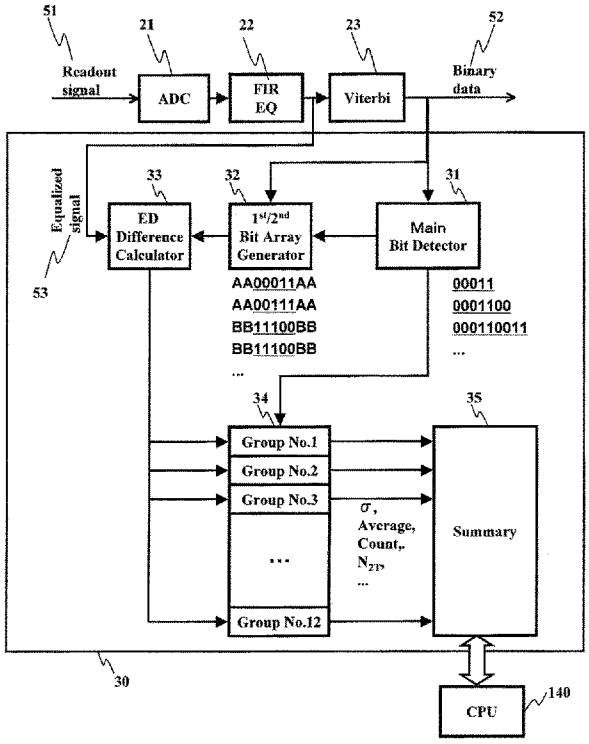
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD OF EVALUATING READOUT SIGNAL, AND OPTICAL DISC DEVICE

(54) 発明の名称 : 再生信号の評価方法および光ディスク装置

[図1]



(57) **Abstract**: In a large capacity optical disc system with a constraint length of 5 or more, the circuit size increases exponentially in accordance with increases in the constraint length of a PRML system when determining the matching of a binarized bit array to predetermined evaluation bit arrays and calculating the Euclidean distances to evaluate the quality of a readout signal. Disclosed is an efficient and highly reliable method of evaluating readout signals and an optical disc device using the same, wherein, when the number of continuous 2Ts included in a predetermined evaluation bit array is i, the evaluation bit array is considered to be divided into a main bit array with a length of (5 + 2i) and two sub bit arrays at its two ends. Processing for determination of whether predetermined evaluation bit arrays are included in the binarized bit array is reduced to determination of whether the main bit arrays match. Due to this, increase in circuit size is avoided. At the same time, the size of the evaluation summing circuit can be reduced by separating, by each main bit array, the calculation results of the Euclidean distances of the readout signal to a target signal which corresponds to the evaluation bit arrays, then summing up the results.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/090136 A1

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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, 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, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

拘束長が５以上の大容量光ディスクシステムにおいて，再生信号の品質を評価するために２値化ビット列と所定の評価ビット列の一致判定をして，ユークリッド距離を計算する場合，ＰＲＭＬ方式の拘束長の増加に応じて回路規模が指数的に増大してしまう。本発明による効率的かつ信頼性の高い再生信号の評価方法とそれを用いた光ディスク装置においては，所定の評価ビット列に含まれる２Ｔの連続数をｉとして，評価ビット列を（５＋２ｉ）の長さの主ビット列と両側の副ビット列に分けて考える。２値化ビット列に所定の評価ビット列が含まれるかどうかの判定処理を，主ビット列の一致判定に集約する。これによって，回路規模の増大を防ぐ。同時に，主ビット列ごとに，再生信号と評価ビット列に対応する目標信号とのユークリッド距離の算出結果を分離して集計することによって，評価集計回路の規模を削減できる。

明　細　書

発明の名称 ： 再生信号の評価方法および光ディスク装置

参照による取り込み

[0001] 本出願は，２００９年２月３日に出願された日本特許出願第２００９－０２２１１２号の優先権を主張し，その内容を参照することにより本出願に取り込む。

技術分野

[0002] 本発明は，記録媒体上に物理的性質が他の部分とは異なる記録マークを形成し，情報を記憶する光ディスク媒体から得られた再生信号の評価方法およびそれを用いた光ディスク装置に関する。

背景技術

[0003] 光ディスク媒体としてはＣＤ－Ｒ／ＲＷ，ＤＶＤ－ＲＡＭ，ＤＶＤ±Ｒ／ＲＷ，Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｃ（以下ＢＤ）等多くのものが存在し，データ層を２層持つ媒体も含めて広く一般に普及している。対応する光ディスク装置としては，ＣＤ－Ｒ／ＲＷ，ＤＶＤ－ＲＡＭ，ＤＶＤ±Ｒ／ＲＷの記録／再生に対応した，いわゆるＤＶＤスーパーマルチドライブが普及している。今後はＢＤに対応する高機能ドライブが普及してゆくものと考えられる。

[0004] 光ディスクの高速化と高密度化に伴いＰＲＭＬ（Ｐａｒｔｉａｌ　Ｒｅｓｐｏｎｓｅ　Ｍａｘｉｍｕｍ　Ｌｉｋｅｌｉｈｏｏｄ）再生方式が必須技術になってきている。ＰＲＭＬ方式において，光ディスクから読み出された再生信号をディスクに記録された二値符号列に復号する際には，これまで得られた復号結果に新たな二値符号（ビット）が次々に追加されることで復号処理が進行する。新たな二値符号を追加する際には，追加後の符号列が最も確からしい符号列であるかどうかの評価動作が復号器内で実行され，次に追加するべきビットが評価結果に基づき判定される。従って，ＰＲＭＬにより正しい復号結果を得るためには，言い換えれば，光ディスクから上位装置に最終的に出力される再生信号の品質を高めるためには，上記の評価方法の精度

を高めることが重要である。ＰＲＭＬ方式の１つとして，目標信号レベルを再生信号に応じて適応的に変化させる適応ＰＲＭＬまたは補償ＰＲＭＬ方式がある。非特許文献１「Ｔｅｃｈ．Ｄｉｇｅｓｔ　ＩＳＯＭ‘０３，ｐｐ．３４」によれば，こうしたＰＲＭＬ方式を用いて，再生信号のアシンメトリ及び記録時の熱干渉を補償することによって，Ｂｌｕ－ｒａｙ　Ｄｉｓｃ対応の装置で，３５ＧＢ容量相当の高密度化が実現可能なことが示されている。用いられているＰＲＭＬ方式の拘束長（クラスを表すビット長）に応じて，拘束長が長い程，高密度条件での再生性能が高いことが示されている。

[0005] ＰＲＭＬ装置を用いた光ディスク装置においても，従来と同様に（１）再生等化条件，（２）フォーカス位置やチルト条件，（３）記録パワーやパルス条件，等を適切に学習することが，重要である。こうした場合には，再生信号品質の評価指標を用いて，これを最良の条件にするように，各種パラメータを適正化する必要がある。

[0006] ＰＲＭＬ方式に対応した再生信号品質の評価指標としては，主としてエッジシフト誤りに着目して再生信号の品質を評価する技術が特許文献１「特開２００３－１４１８２３」号公報と特許文献２「特開２００５－３４６８９７」号公報に記載されている。

[0007] 特許文献１「特開２００３－１４１８２３」号公報では，最も確からしい状態遷移列に対応する確からしさＰａと，２番目に確からしい状態遷移列に対応する確からしさＰｂを用い，｜Ｐａ－Ｐｂ｜の分布によって再生信号の品質を評価する技術が開示されている。

[0008] 特許文献２「特開２００５－３４６８９７」号公報では，再生信号のエッジ部が左右にシフトする誤りパターンに仮想的な１Ｔラン長を含むパターンを用いるとともに，エッジシフトの方向に基づいて，符号付きシーケンス誤差の差を求め，エッジシフト量を算出する再生信号の評価技術が開示されている。

[0009] 一方，特許文献３「特開２００５－１９６９６４」号公報，特許文献４「特開２００４－２５３１１４」号公報，および特許文献５「特開２００３－

１５１２１９」号公報には予め正パターンと対応する誤パターンの組み合わせを収納したテーブルを利用することによって，再生信号の品質を評価する方法が開示されている。特許文献３および特許文献４では，再生信号と正パターン及び誤パターンのユークリッド距離の差を計算し，その平均値と標準偏差から求めた推定ビットエラー率ＳｂＥＲ（Ｓｉｍｕｌａｔｅｄ　ｂｉｔ　Ｅｒｒｏｒ　Ｒａｔｅ）によって，再生信号品質を評価する技術が開示されている。特許文献５には，再生信号と正パターン及び誤パターンのユークリッド距離の差に基づいて，統計的な誤り確率が最小になるように記録条件の調整を行う技術が開示されている。ＰＲ（１，２，２，２，１）方式のように，２Ｔ繰り返し信号の目標振幅がゼロのＰＲＭＬ方式では，ビット誤りの頻度はエッジシフトだけでなく，２Ｔシフトや２Ｔ玉突きシフトが無視できなくなる。特許文献３によればこうした，複数の誤り確率を正パターンと誤パターン，すなわち検索・抽出すべき評価ビット列ごとに，分布を統計的に処理し，平均値と標準偏差を用いて再生信号の品質を評価することができる。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２００３－１４１８２３号公報

特許文献2：特開２００５－３４６８９７号公報

特許文献3：特開２００５－１９６９６４号公報

特許文献4：特開２００４－２５３１１４号公報

特許文献5：特開２００３－１５１２１９号公報

非特許文献

[0011] 非特許文献1：Ｔｅｃｈ．Ｄｉｇｅｓｔ　ＩＳＯＭ‘０３，ｐｐ．３４

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 非特許文献１に記載されているように，ＢＤにおいて３０ＧＢ相当以上の

高密度記録を実現するためには，拘束長が５以上のＰＲＭＬ方式が用いられている。ＢＤの光学系条件（波長４０５ｎｍ，対物レンズ開口数０．８５）では線方向に記録密度を高めた場合，容量が約３０ＧＢ以上で最短ラン長である２Ｔ繰り返し信号の振幅がゼロになる。このとき，ＰＲＭＬ方式としては２Ｔ繰り返し信号の目標振幅がゼロのＰＲ（１，２，２，２，１）方式等が適することは周知のことである。こうした大容量光ディスクにおいて，再生信号の品質を評価するためには，ＰＲＭＬ方式の誤り確率に基づく各種の評価技術，例えば特許文献１～５等に記載される評価技術を適用することができる。

[0013] 特許文献１～５等に記載される再生信号の評価技術は，それぞれ構成が異なるが，共通技術として，ＰＲＭＬデコーダから出力される２値化ビット列の中から最も確からしい評価ビット列を検索・抽出する工程が含まれている。特許文献１に記載されている最も確からしい状態遷移列と２番目に確からしい状態遷移列，および特許文献３に記載されている正パターンと誤パターンはそれぞれ再生信号との距離を図るべき目標ビット列という意味で同じものである。以下，これらを総称して評価ビット列と呼ぶことにする。

[0014] 評価ビット列の長さＭはＰＲＭＬ方式の拘束長Ｎと，評価ビット列に含まれる２Ｔパターンの連続数N_{2T}を用いて，$M=2N-1+2N_{2T}$と一般化することが可能である。ここでN_{2T}は０，１，２，．．．となる整数である。N_{2T}＝０，１，２は，前述の表記に従えば，それぞれエッジシフト，２Ｔシフト，２Ｔ玉突きシフトに対応するものである。また，N_{2T}が０，１，２，３，４，５および６のとき，ハミング距離はそれぞれ１，２，３，４，５，６および７であって，第１と第２の評価ビット列の間のハミング距離は（N_{2T}＋１）となる。評価ビット列は2^Mとおりのビット列の中から，最も確からしい第１の評価ビット列と第１の評価ビット列の目標信号からのユークリッド距離が最小となる目標信号に対応する第２の評価ビット列との関係を抽出する機械的な操作によって，容易に列挙することができる。ＰＲＭＬ方式により得られる２値化ビット列の精度，すなわち，再生信号品質は，拘束長が

長いほど向上する傾向があり，今後，多層ＢＤや高速再生など，信号再生条件が厳しくなるにつれて，ＰＲＭＬ方式の拘束長は長くなっていくことが避けられないものと考えられる。

[0015] 図２は，拘束長５のＰＲ（１，２，２，２，１）方式に対応した評価ビット列の例であり，同様なものは特許文献４にも記載されている。図に見られるように，拘束長５のＰＲＭＬ方式を用い，ＰＲＭＬデコーダ２値化ビット列の中から評価ビット列を検索・抽出して再生信号の品質評価を実施する場合，ハミング距離ごとに１８組で合計５４組，すなわち１０８個の評価ビット列が列挙される。再生信号の評価を行う評価回路においては，これらの評価ビット列の検索・抽出処理を並行に実施する必要がある。

[0016] 図３は，拘束長６のＰＲ（１，２，３，３，２，１）に対応した評価ビット列を同様な表記に従って記述したものである。同様にハミング距離１，２および３に対応した評価ビット列の組が，ハミング距離ごとに分類して列挙したもので，ハミング距離ごとに５０組，合計３００個の評価ビット列が存在することが判る。この場合，ハミング距離が１，２および３のとき，各評価ビット列のビット長は，それぞれ１１，１３および１５である。また，評価ビット列Ａと評価ビット列Ｂの目標信号のユークリッド距離はそれぞれ２８，２０および２０である。この場合，ＰＲＭＬ方式によって再生信号から複号された２値化ビット列の中から，全ての評価ビット列の検索・抽出を行うためには合計３００の一致判定回路が必要である。

[0017] 図４はＰＲＭＬ方式における拘束長と検出評価ビット列の数の関係をN_{2T}ごとに分けて示したグラフである。図に見られるように，ＰＲＭＬ方式の拘束長の増加に従って，評価ビット列の総数が指数関数的に急激に増加し，拘束長Ｎ＝９でN_{2T}＝６の場合，検索・抽出すべき評価ビット列の総数が１２０００以上と膨大な数になることが判る。図５は，図４に示した関係を表にまとめたものである。

[0018] 以上のように，ＰＲＭＬの信号品質を評価ビット列を用いて評価する場合，高密度記録された信号（例えば，ＢＤであれば容量が３０ＧＢ以上程度）

に対しては，対応する回路の規模がＰＲＭＬ方式の拘束長の増加に応じて，指数関数的に増大してしまうという課題がある。本発明で解決しようとする課題は，ＰＲＭＬ方式を用いる場合の回路規模の増大を防ぎ，簡素な回路構成で再生信号の品質を評価可能な再生信号の評価方法と提供と，それを用いた光ディスク装置の提供である。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明ではＢＤシステムを基本として，３０ＧＢ以上の大容量化を図ることを目指しているため，以下，変調符号の最短ラン長は２Ｔを前提として説明を進める。

[0020] ＰＲＭＬデコーダから出力された２値化ビット列の中に，所定の評価ビット列が存在するかどうかの判定の簡略化を図るための概念を図６により説明する。これは，図２に示した拘束長５のＰＲ（１，２，２，２，１）に対応した評価ビット列から共通項を抽出し整理したものである。図に見られるように，ハミング距離１，２，３に応じた１０８個の評価ビット列は，それぞれビット長５，７，９の主ビット列と，その両端に付加された２ビットの副ビット列ＸＸ，ＹＹによって表現することができる。ここで，主ビット列はハミング距離１の場合，「００００１１」，「００１１１」，「１１１００」，および「１１０００」の４個，ハミング距離２の場合，「０００１１００」，「００１１０００」，「１１１００１１」，および「１１００１１１」の４個，ハミング距離３の場合，「０００１１００１１」，「００１１００１１１」，「１１１００１１００」，および「１１００１１０００」の４個であり，副ビット列ＡＡは「００」，「１０」，もしくは「１１」であり，副ビット列ＢＢは「００」，「０１」，もしくは「１１」である。このように，評価ビット列を整理して記述することが回路規模の削減の簡略化を図る上での足がかりとなる。

[0021] 拘束長４のＰＲ（１，２，２，１）に対応した評価ビット列は全部で２４個ある。同様の方法で主ビット列と福ビット列に分けて整理した結果を図７に示す。図に見られるように，主ビット列はハミング距離１の場合，「００

０１１」，「００１１１」，「１１１００」，および「１１０００」の４個，ハミング距離２の場合，「０００１１００」，「００１１０００」，「１１１００１１」，および「１１００１１１」の４個，ハミング距離３の場合，「０００１１００１１」，「００１１００１１１」，「１１１００１１００」，および「１１００１１０００」の４個であって，図６に示したものと同一である。一方，副ビット列Ａは「０」，もしくは「１」であり，副ビット列Ｂも同様に「０」，もしくは「１」である。

[0022] 同様に，拘束長６のＰＲ（１，２，３，３，２，１）に対応した評価ビット列から共通項を抽出し整理した結果を図８に示す。ここでも，主ビット列は，図６に示したものと同一である。一方，副ビット列ＡＡＡは「０００」，「０１１」，「１００」，「１１０」，もしくは「１１１」であり，副ビット列ＢＢＢは「０００」，「００１」，「１００」，「１１０」，もしくは「１１１」であり，副ビット列ＣＣＣは「０００」，「００１」，「０１１」，「１１０」，もしくは「１１１」であり，副ビット列ＤＤＤは「０００」，「００１」，「０１１」，「１００」，もしくは「１１１」である。

[0023] このように，ＰＲＭＬ方式の拘束長に依存せずに主ビット列が定まる理由を説明する。最短ラン長ｍが２Ｔの場合，エッジシフトによって１ビットが変化することを表現するためにビット列の最短長は最短ラン長を２倍して１を加えた値，すなわち２ｍ＋１＝５ビットである。これが主ビット列の実体である。同様にして，評価ビット列に含まれる連続する２Ｔの数$Ｎ_{2T}$を用いて一般化すると，主ビット列の長さは（$２ｍ＋１＋２Ｎ_{2T}$）となる。このように，主ビット列とは，評価ビット列に含まれる連続する２Ｔの数に応じて定まる，最短のビット列という意味をもつ。一方，前述のように，再生信号とのユークリッド距離の算出に必要なビット列の長は，ＰＲＭＬ方式の拘束長Ｎを用いて，（$２Ｎ－１＋２Ｎ_{2T}$）である。両者のビット列の長の差は（$２Ｎ－１＋２Ｎ_{2T}$）－（$２ｍ＋１＋２Ｎ_{2T}$）＝２（Ｎ－ｍ－１）となって，これが必ず偶数であることが判る。最短ラン長ｍ＝２の場合，この値は２（Ｎ－３）である。図６から８に示したように，副ビット列の長さは拘束長４

，５，６に対応して，それぞれ１，２，３であった。これから副ビット列の長さが（Ｎ－３）に等しいことが判る。副ビット列とは長さが（Ｎ－３）であって，主ビット列の両側に付加され，ＰＲＭＬ方式の拘束長に依存して，ユークリッド距離を算出するために必要な境界条件を定めるためのビット列としての意味を持つものである。副ビット列の長さがハミング距離に依存しない理由もここにある。

[0024] 以上のように，ＰＲＭＬ方式の拘束長Ｎに依存しない主ビット列と，主ビット列の両端に付加された長さ（Ｎ－３）の副ビット列を用いれば，評価ビット列を整理して表現することが可能である。

[0025] 副ビット列について別の見方をすると，副ビット列とは再生信号と目標信号との間のユークリッド距離を算出するために最短ラン長の制限を満たすように，かつユークリッド距離算出における境界条件を定める役割を担うために主ビット列に付加されたものである。従って，ＰＲＭＬデコーダから出力された２値化ビット列の対応箇所と，副ビット列は同一のものである必要がある。一般に，最短ラン長が制限された変調符号に対応したＰＲＭＬ方式では最短ラン長未満のステートが内部に存在せず，結果として出力される２値化ビット列も最短ラン長未満のビット列を含まない。従って，副ビット列を含めて生成された第１及び第２の評価ビット列は，２値化ビット列から，対応する箇所からら副ビット列を抽出，コピーするという操作によって自動的に満たされるものである。この考えに従えば，２値化ビット列から検索・抽出するビット列は上に示した主ビット列のみでよいことが判る。

[0026] 以上の説明の要点をまとめる。

[0027] （１）評価ビット列は，主ビット列と，当該主ビット列の両側（主ビット列の先頭ビットと終端ビットの外側）に設けられた副ビット列の和で表現することができる。

[0028] （２）主ビット列は，ハミング距離ごとに４パターン存在する。また，主ビット列の長さは，最短ラン長とその連続数によって（$2m+1+2N_{2T}$）のように定まり，ＰＲＭＬの拘束長Ｎには依存しない。

[0029] （３）副ビット列は２値化ビット列の対応する箇所のビット列と等しい。また，評価ビット列の長さは，拘束長をＮとすると，（Ｎ－３）となる。

[0030] これらを利用すると，２値化ビット列の中の検査部分が，主ビット列に一致するどうかを判定するだけで，評価ビット列の判定を実施することができる。最も確からしい第１の評価ビット列を定めるには，ＰＲＭＬデコーダから出力された２値化ビット列の中に所定の主ビット列が存在するかどうかを判定し，存在する場合には所定の長さの副ビット列を２値化ビット列からコピーして用いればよい。

[0031] 次に，２番目に確からしい第２の評価ビット列の生成方法について説明する。

[0032] 図９は第２の主ビット列を生成するための操作をまとめたものである。図中，主ビット列（Ｍａｉｎ　ｂｉｔ　ａｒｒａｙ）の欄には，上に示した主ビット列を列挙してある。上に説明した主ビット列と副ビット列の関係から，第１の評価ビット列において，これに含まれるに第１の主ビット列をユークリッド距離が最小となる第２の主ビット列で置換することによって，第２の評価ビット列を生成することができる。ハミング距離ごとに存在する４個の主ビット列を主ビット列群と呼ぶことにし，ハミング距離と同じ値のグループ番号をつける。同時に，同一の主ビット列群に含まれる４個の主ビット列に順番に１，２，３，４の種別番号をつける。主ビット列の識別はグループ番号－種別番号の関係で，図に示すようにＮｏ．１－１，１－２のようにして行うことにし，これを主ビット列番号と呼ぶ。

[0033] 第２の主ビット列を生成する方法は図に示すように，第１の主ビット列番号とそれに対応する第２の主ビット列番号を参照することで容易に実現することができる。

[0034] 同様にして，第２の主ビット列を生成することは，主ビット列中の所定のビットの反転により実現される。例えば，Ｎｏ．１－１の主ビット列「０００１１」の第３ビットを反転させるとＮｏ．１－２の主ビット列「００１１１」と一致する。また，Ｎｏ．２－１の「０００１１００」の第３ビットお

よび第５ビットを反転させるとＮｏ．２－２の「００１１０００」と一致する。このように，ハミング距離ごとに同一のビット反転操作によって，対応する主ビット列を生成することができる。図中には反転すべきビット列を示すビット列反転マスクを合わせて示している。ビット列反転マスクでは反転すべきビット位置を１として，例えば“００１００”，“００１０１００”のように表現することができる。

[0035] 以上の説明に従って，２値化信号の中の評価ビット列判定を簡略化する方法を摸式的に図１０に示す。本発明による評価ビット列判定は，図に示したように，以下のステップによって行う。

（Ｓｔｅｐ－１）

負でない整数ｉを用いて，ＰＲＭＬデコーダから出力される２値化ビット列に５＋２ｉビット，すなわち主ビット列と等しいビット長の検出窓を開いて，主ビット列との一致判定を行う。ここで，ｉは前述のN_{2T}に等しい意味をもち，ハミング距離を用いて，ｉ＝（ハミング距離）－１である。

[0036] 図１０の例では，ハミング距離１に対応した主ビット列「００００１１」，「００１１１」，「１１１００」および「１１０００」との一致判定が，５（＝５＋２×０）ビットの検出ウィンドウを用いて行われ，主ビット列「０００１１」との一致が検出された。その他のハミング距離に対応した主ビット列との一致判定も同様にして行われる。

（Ｓｔｅｐ－２）

検出ウィンドウに主ビット列と一致するビット列が出現した場合，２値化ビット列から，主ビット列に一致した部分と，その両隣の（Ｎ－３）ビット長の２つの副ビット列と共に切り出して第１の評価ビット列を生成する。

[0037] 図１０の例では，一致検出された主ビット列「００００１１」が，その左隣の副ビット列「１１」および右隣の副ビット列「１１」と共に切り出され，第１の評価ビット列「１１０００１１１１」が生成された。

（Ｓｔｅｐ－３）

次に，第１の評価ビット列に含まれる第１の主ビット列の部分に所定の操

作を施すことによって，対応する第２の主ビット列に変換し，第２の評価ビット列を生成する。

[0038] 図１０の例では，第１の評価ビット列「１１００１１１１」の中の主ビット列「００１１」が主ビット列「００１１１」に変換され，第２の評価ビット列「１１００１１１１１」が生成された。

[0039] このようにして生成した最も確からしい第１の評価ビット列および２番目に確からしい第２の評価ビット列をユークリッド距離算出回路に転送することによって，再生信号とのユークリッド距離が算出される。

[0040] 本方法による評価ビット列判別の簡略化の効果は，例えば拘束長５のとき左右の副ビット列がそれぞれ３種類あることから，３×３＝９個の評価ビット列を１回の判定で実現するのと等価であって，判別する評価ビット列の数を１／９に削減した効果が得られる。従って，拘束長が長いほど，副ビット列の種類が増えるため，簡略化の効果は大きくなる。

[0041] 図５を参照して本方法の効果を述べる。ＰＲＭＬ方式の拘束長が９で，エッジシフト誤り（ｉ＝０）だけを評価する場合，評価ビット列の総数は１７６４であり，検査・抽出を行う回路は同数だけ必要である。一方，本方法によれば，主ビット列だけを検査すればよいので，検査・抽出処理を実施する回路は４個あればよい。本発明によって，回路規模が大幅に削減できることが判る。

[0042] 本発明の再生信号の評価方法に従う評価回路をは容易に実現することができ，これを用いれば簡素な構成で再生信号の評価が実現できる光ディスク装置を提供することができる。

発明の効果

[0043] 以上のように，本発明によって，回路規模を大幅に縮小可能であり，簡素な回路構成で再生信号の品質を評価可能な再生信号の評価方法と提供と，それを用いた光ディスク装置を提供することができた。ＢＤにおいて３０ＧＢ相当以上の高密度記録を実現するためには，必要な再生信号精度を確保する上で，拘束長が５以上のＰＲＭＬ方式が必要になるものと考えられる。従っ

て本発明は，ＰＲ（１，２，２，２，１）方式のように拘束長５が以上のＰＲＭＬ方式を適用した信号再生処理に特に有効と考えられる。

本発明の他の目的，特徴及び利点は添付図面に関する以下の本発明の実施例の記載から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0044] [図1]本実施例の再生信号の評価方法を実現する回路のブロック構成を示す図。

[図2]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図3]ＰＲ（１，２，３，３，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図4]拘束長と評価ビット列の数の関係を示す図。

[図5]拘束長と評価ビット列の数の関係表。

[図6]特徴抽出したＰＲ（１，２，２，１）対応評価ビット列テーブル（パターンテーブル）。

[図7]特徴抽出したＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル（パターンテーブル）。

[図8]特徴抽出したＰＲ（１，２，３，３，２，１）対応評価ビット列テーブル（パターンテーブル）。

[図9]第１の主ビット列と第２の主ビット列生成操作テーブル。

[図10]評価ビット列のパターン判定簡略化の摸式図。

[図11]評価ビット列のパターン判定の簡略化法の摸式図。

[図12]主ビット列の変換テーブル。

[図13]主ビット列の判定方法の摸式図。

[図14]主ビット列の判定方法の摸式図。

[図15]両端２ビットによる判定テーブル。

[図16]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図17]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図18]第２の主ビット列の生成方法の摸式図。

[図19]第２の主ビット列の生成方法の摸式図。

[図20]第２の主ビット列の生成方法の摸式図。

[図21]ラン長違反検査方法の摸式図。

[図22]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図23]記録マークのずれの摸式図。

[図24A]Ｄ値の分布を示す図。

[図24B]Ｄ値の分布を示す図。

[図24C]Ｄ値の分布を示す図。

[図25]ビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図。

[図26]ビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図。

[図27]ビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図（５４パターン独立）。

[図28]本実施例のビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図（主ビット列による分類）。

[図29]２Ｔ連続数とＳｂＥＲの関係を示す図。

[図30]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図31]２Ｔ連続数とＳｂＥＲ誤算の関係を示す図。

[図32]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図33]ビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図（シフト方向別の分類）。

[図34]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル。

[図35]ビットエラー率とＳｂＥＲの相関を示す図（前後エッジの分類）。

[図36]ＰＲ（１，２，２，２，１）対応評価ビット列テーブル（グループテーブル）。

[図37]ビットエラー率とＳｂＥＲの実験結果を示す図。

[図38]ビットエラー率とＳｂＥＲの実験結果を示す図。

[図39]ビットエラー率とＳｂＥＲの実験結果を示す図。

[図40]ビットエラー率と合成した標準偏差の実験結果を示す図。

[図41]本実施例の評価方法を用いたフォーカス調整方法を示す図。

[図42]光ディスク装置の全体構成を示す模式図。

[図43]再生信号の評価のフローチャート。

発明を実施するための形態

[0045] 以下，図面を参照して本実施例による再生信号の評価方法および光ディスク装置について実施形態を説明する。

[0046] ２値化データ列の中に主ビット列に一致する部位があるかどうかの判定を簡略化するための本実施例の技術を説明するために，主ビット列間の対応関係を図１２にまとめる。主ビット列の長さＭ＝５，７，９，・・・ビットであり，これに対応してグループ番号を１，２，３，・・・のように付与する。ここで主ビット列の長さＭは主ビット列に含まれる連続２Ｔの数N_{2T}を用いて，$M=5+2N_{2T}$である。これらは評価するハミング距離＝Ｍ＋１に対応している。図に見られるように，主ビット列グループごとに４通りの主ビット列が存在する。これらに種別番号１，２，３，４をつける。主ビット列番号をグループ番号－種別番号として定義すると，図に示すように主ビット列番号は１－１，１－２，１－３，１－４，２－１，・・・のようになり，各主ビット列に固有な識別番号を定義することができる。

[0047] ここで，２つのビット列操作を定義する。第１のビット列操作は特定の位置の要素のビット反転である。これをビット列マスク反転操作と呼ぶことにする。ビット列反転マスク「００１００」，「００１０１００」，…を考え，ビット列マスク反転操作を，ビット列反転マスクの値が１である箇所の主ビット列の要素の値を「１」と「０」の間で反転する操作と定義する。主ビット列の長さＭに対し，そのビット要素値を左（デコード時刻の古い順に対応）から１，２，３，・・・とすると，ビット列マスク反転操作は，負でない整数ｉを用いて，ビット要素値（３＋２ｉ）（ｉ＝０，１，２，・・・，Ｍ－５）の反転操作と同じ意味である。第２のビット列操作は主ビット列の各要素の値を全て「１」と「０」の間で反転する操作である。これを全ビット反転操作と呼ぶことにする。

[0048] 上の２つのビット列操作を利用して，主ビット列の種別番号の間の関係を整理することができる。ビット列反転マスク操作を利用すると，例えば主ビット列番号１－２，１－４は，それぞれ主ビット列番号１－１，１－３に対

してビット列反転マスク操作を施すことで得ることができる。また，全ビット反転操作を利用すると，例えば主ビット列１－３，１－４はそれぞれ主ビット列１－１，１－２に全ビット反転操作を施すことによって得ることができる。主ビット列グループ２以降についても，同様に各グループの主ビット列種別番号１とビット列反転マスクによる操作，および全ビット反転操作を用いて他の主ビット列を得ることができる。これらの関係を利用すると２値化データ列の中に含まれる主ビット列の検索判定を簡素化することが可能となる。具体的な例を次に示す。

[0049] 図１３は主ビット列の検索判定の方法を示す摸式図である。判定すべき主ビット列の長さＭと同じ長さ検出窓を用いて，ＰＲＭＬデコーダから出力される２値化ビット列の中からその部分を抜き出す。ここで前述の主ビット列グループ番号ＧはＮ$_{2T}$＋１である。グループ番号Ｇに属する主ビット列のうち，種別番号１と３，２と４は全ビット反転の関係から，ここではこれを利用する。図では主ビット列グループ１の判定に関して示している。検出窓内の２値化ビット列と一致検査する主ビット列種別番号１－１，１－２について，ビットごとのＸＯＲ演算を実施すると，結果が「０００００」であれば，主ビット列番号１－１または１－２に一致，「１１１１１」であれば完全不一致，すなわち主ビット列番号１－３，または１－４に一致であることが容易に判定可能である。他の主ビット列グループについても同じ操作を行えば，一致する主ビット列が２値化データ列に含まれるかどうかを判定することができる。時刻ごとに２値化ビット列には新しいデータが追加され，検出窓には１ビットシフトした形式の２値化データ列が入ることになるので，各時刻でこうした判定を連続して行えば，全ての２値化データについて，どの主ビット列が含まれるのかを判定することが可能である。

[0050] 図１４は主ビット列の検索判定の別の方法を示す摸式図である。ここでは，図１２に列挙した主ビット列の両端の連続する２ビットの値が「００」もしくは「１１」であることを利用する。前述と同様に検出窓を用いて２値化データ列を検査する場合，両端の連続する２ビットの値が「００」もしくは

「１１」のどちらでもない場合には，主ビット列が含まれない。また，両端の連続する２ビットの値が，「００」もしくは「１１」の場合，一致する可能性のある主ビット列の候補を絞ることが可能となる。この理由は前述のように，主ビット列識別番号１と３，２と４が全ビット反転の関係にあるためである。両端の連続する２ビットの値と一致候補となる主ビット列の関係を図１５にまとめる。図に見られるように，主ビット列グループ１の場合，左側（時刻が新しいデータ側）の２ビットの値が「００」であり右側の２ビットが「１１」の場合には，主ビット列の一致候補は主ビット列番号１－１もしくは１－２であり，逆に左側の２ビットが「００」，かつ右側の２ビットが「１１」の場合には，一致候補は主ビット列番号１－３もしくは１－４となる。特に，検出窓の左端（時刻が新しいデータ側の２ビット）は全ての主ビット列グループに共通する判定箇所であるため，この判定結果については全ての主ビット列グループで共通利用することができる。従って，検出窓の左端２ビットの値判定を先行して実施し，この値が「００」または「１１」でない場合，一致する主ビット列は存在しないため，以下の判定を省略することが可能である。また，前述のように，ＰＲＭＬデコーダから出力される２値化データ列は基本的にラン長制限を満たすため，図１５の関係から，検出窓の左端の２ビットの値だけを用いて，候補となる主ビット列を２つに絞り込むことも可能である。

[0051] 以上の関係を利用して，２値化データ列の中に主ビット列に一致する部位があるかどうかの判定を行う判定回路の規模を縮小することができる。

[0052] 次に，２値化データ列の中に所定の主ビット列に一致する部位がある場合に，最も確からしい状態遷移，すなわち第１の評価ビット列と，２番目に確からしい状態遷移，すなわちユークリッド距離が最小となる第２の評価ビット列を生成する方法について述べる。

[0053] ＰＲＭＬデコーダの拘束長をＮとし，２値化データ列の中に存在する主ビット列を第１の主ビット列とする。前述の第１の評価ビット列は，２値化データに含まれる第１の主ビット列を含む長さ（２Ｎ－１）のビット列である

。これに対応する第２の評価ビット列は第１の評価ビット列の中の第１の主ビット列をユークリッド距離が最も近い第２の主ビット列で置き換えたものとなる。従って，第１と第２の評価ビット列を生成する方法の主要な部分は第１の主ビット列から対応する第２の主ビット列を生成する処理となる。

[0054] 図１２を含めて，本実施例で使用する図面では，主ビット列の識別番号１と２，および３と４の関係が，ユークリッド距離が最小の関係となるように整理して示している。したがって，第１の主ビット列からユークリッド距離が最小となる第２の主ビット列を生成する処理は図１８に示すように，２値化データ列に含まれる第１の主ビット列の識別番号に応じて対応する第２の主ビット列を選択することで実施可能である。図１２に示した主ビット列の識別番号をアドレス情報等として用いれば，図１８に示すように，全ての主ビット列を列挙しておき，第１の主ビット列に対応するアドレスの主ビット列を選択することによって，一意に第２の主ビット列を定めることができる。こうした方法を回路に実装する場合には，主ビット列の値とアドレス情報，及び対応する第２の主ビット列のアドレス情報を蓄えた参照テーブルを用いればよい。

[0055] また，前述のように，主ビット列識別番号１と２，および３と４の関係はビット列マスク反転操作による相互変換の関係にある。これを利用すると，第１の主ビット列にビット列マスク反転操作を施して第２の主ビット列を生成することも可能である。図１９はビット列マスク反転操作によって，第２の主ビット列を生成する方法を摸式的に示したものである。このような操作は，ビットごとのＸＯＲ演算等を利用して容易に回路に実装することができる。

[0056] 図２０は第２の主ビット列の生成方法を示す別の実施例である。一般にビットシフト演算はＣＰＵが扱う数値演算の中で最も高速に処理することができる演算の一種である。ＰＲＭＬの拘束長や扱う変調符号が複数存在する場合，もしくは媒体評価用の特殊な記録データパターンを用いて記録条件調整を行う場合等，ＣＰＵにて第２の主ビット列の生成処理を実施することが望

ましい場合が多い。こうした場合，シフト演算を基本として第２の主ビット列を生成することにより処理時間の増大を最小にすることが可能である。第２の主ビット列のビット要素を左からｂ［１］，ｂ［２］，ｂ［３］，…，ｂ［Ｍ－２］，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］としたとき，第２の主ビット列のビット要素は図１２を参照すると，左側へのビットシフト演算にもとづいたｂ［１］，ｂ［１］，ｂ［２］，…，ｂ［Ｍ－３］，ｂ［Ｍ－２］，ｂ［Ｍ］，もしくは右側へのビットシフト演算に基づいたｂ［１］，ｂ［３］，ｂ［４］，…，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］，ｂ［Ｍ］のどちらかとなる。前者はビット列種別番号が１および３の場合，後者はビット列識別番号が２および４の場合である。図は，これを主ビット列に対する循環型のビットシフト操作と両端ビット値を元の主ビット列の値で置き換える操作として，摸式的に表したものである。

[0057] 次に，本実施例の主ビット列の別の表現方法について説明する。図１６は本実施例の主ビット列群を示す別の実施例である。ここでは，前述の主ビット列識別番号１と２または，３と４のユークリッド距離が最小であることに注目して，これらの不一致ビット要素を「Ｘ」として記述したものである。図において，ビット要素の値「Ｙ」は「Ｘ」のビット反転を表している。このようなまとめ方をすると，不一致ビットを除く，共通のビット要素を検出することも可能となる。同時に，第１の主ビット列を用いて第２の主ビット列を生成する方法を摸式的に表すこともできる。

[0058] 図１７は図１６における不一致ビット要素「Ｘ」「Ｙ」を用い，さらにユークリッド距離が最小となる主ビット列同士で，ビット列要素の値が等しいものを「ａａ」と「ｂｂ」で表した場合の本実施例の主ビット列を示すテーブルである。ここで，「ａａ」は２ビットの値を表し，「ｂｂ」は「ａａ」をビット反転したものである。図に見られるように，主ビット列種別番号の認識は，不一致ビット「Ｘ」の値と一致ビット「ａａ」の値によって一意に定めることが可能である。この２つの独立した値を２ビットのアドレス値と考えることによって，４通りの主ビット列にそれぞれ一意なアドレスを与え

て区別することが可能となる。こうした関係を回路に実装することによって，その構成を簡素化することが可能である。

[0059] 次に，主ビット列による分類を再生信号の品質評価に応用した場合の実施例を示す。比較例として，ＳｂＥＲ方式（推定ビットエラー率：Ｓｉｍｕｌａｔｅｄ ｂｉｔ Ｅｒｒｏｒ Ｒａｔｅ）による品質評価も説明する。ＳｂＥＲ方式においては，最も確からしい第１の評価ビット列と２番目に確からしい第２評価ビット列に対し，再生信号とこれらの評価ビット列に対応する目標信号とのユークリッド距離の差（Ｄ値）を求め，更に，第１の評価ビット列ごとにＤ値の分布を求め，各分布の平均と標準偏差およびハミング距離を用いてビットエラー率を計算（推定）する。ＳｂＥＲ方式においては，この推定ビットエラー率が状態遷移の確からしさを示す指標となる。第１の評価ビット列と２番目に確からしい第２評価ビット列は，テーブルなどの形式で保持される。前述のように，光ディスクの高密度化にともなって，使用するＰＲＭＬ方式の拘束長が長くなると，これらの評価ビット列数が指数的に増大してしまう。

[0060] 本実施例では，ハミング距離当たり４つの主ビット列を導入し，２値化データ列の一部に主ビット列が存在するかどうかの判定結果に従って，第１の評価ビット列と第２評価ビット列を生成することによって，大幅に回路規模を縮小することが可能であることを示した。これを，再生信号の評価に適応すると，同等な評価性能を確保しつつ，評価回路の規模を大幅に縮小することが可能となる。なお，以下の説明においては，使用するＰＲＭＬ方式を拘束長５のＰＲ（１，２，２，２，１）方式とする。

[0061] ＰＲ（１，２，２，２，１）方式において，第１の評価ビット列と第２評価ビット列は図２に示したように全部で５４組，１０８個ある。合計１０８個の評価ビット列ごとに分布を求めるためには，対応する１０８個の平均値と標準偏差の演算回路が必要である。図２２では評価ビット列を１２個の主ビット列とその両側２ビットずつのＡＡおよびＢＢで表記する２つの副ビット列と組み合わせとしてまとめたものである。ここで，主ビット列種別番号

１は「０００１１」，「０００１１００」，および「０００１１００１１」，主ビット列種別番号番号２を「００１１１」，「００１１０００」，および「１１１００１１」，主ビット列種別番号３を「１１１００」，「００１１００１１１」，「１１１００１１００」，主ビット列種別番号４を「１１０００」，「１１００１１１」，および「１１００１１０００」である。２ビットの副ビット列ＡＡは「００」，「１０」，または「１１」のいずれかであり，副ビット列ＢＢは「００」，「０１」，または「１１」のいずれかである。前述のように，第１の評価ビット列から第２の評価ビット列を生成するには，グループごとにビット反転マスク「００１００」，「００１０１００」，「００１０１０１００」を用いたビット列反転マスク操作を施して，主ビット列を変換したものを第２の評価ビット列とすればよい。

[0062] 以上の整理法を踏まえて図２２の意味を考えてみる。ここで，一般の光ディスク媒体への情報の記録の概念に従って，２値化値「１」をマーク部，「０」をスペース部（未記録部）として考えると，主ビット列種別番号が１番の評価は，主ビット列番号１番から２番への誤り確率の評価に対応し，マークの前エッジまたは２Ｔマークの左側（時間方向で負の側）へのシフトを表している。同様に，主ビット列種別番号が２番の評価は，主ビット列番号２番から１番への誤り確率の評価に対応し，マークの前エッジまたは２Ｔマークの右側（時間方向で正の側）へのシフトを表している。主ビット列種別番号が３番の評価は，主ビット列番号３番から４番への誤り確率の評価に対応し，マークの後エッジまたは２Ｔスペースの左側へのシフトを表している。同様に，主ビット列種別番号が４番の評価は，主ビット列番号４番から３番への誤り確率の評価に対応し，マークの後エッジまたは２Ｔスペースの右側へのシフトを表している。グループ番号１（＝奇数）は，マークの前後エッジのシフトに係る評価である。グループ番号２（＝偶数）は，マークまたはスペースのシフトに係る評価である。グループ番号３（＝奇数）は，２Ｔマークと隣接する２Ｔスペースをまとめて１つのマークであると拡張して捉えれば，グループ番号１と同様にマークの前後エッジのシフトに係る評価と考

えられる。以下，同様にグループ番号（＝ハミング距離）が奇数の場合には，マークの前後エッジに係る評価であり，グループ番号が偶数の場合には，マークまたはスペースのシフトに係る評価であると考えられる。

[0063] 光ディスク媒体に記憶される情報はピットとスペース，もしくは結晶とアモルファスのように物理的に異なる状態として保存される。このとき，種々の理由によって，記録情報の信頼性が最も高い状態が，必ずしもＰＲＭＬ方式の目標信号のようにレベル方向と時間方向に対称なものとはならないことは周知のことである。結果として，光ディスク媒体から得られる再生信号にはアシンメトリやエッジシフトが残留する。

[0064] アシンメトリの発生機構についてはよく知られているので，図２３を用いてエッジシフトが残留する場合について説明する。図２３は，最適な記録パワーで記録されたマークのエッジ（破線）と，最適な記録パワーより低いパワーで記録されたマークのエッジ（塗りつぶし）を示した模式図である。記録パワーが不足した場合，マークの前エッジおよび後エッジはともにマークが短くなる方向にシフトする。すなわち前エッジは図中の右に，後エッジは左にシフトする。記録型光ディスクでは，集束レーザビームの照射によって記録マークを形成するため，記録パワーの変動の影響によって生じたエッジシフト量は前後エッジで異なる。これは，前エッジのシフト量は記録パワー低下の影響を直接的に受けるのに対して，後エッジのシフト量はマーク記録中の熱蓄積のために，前エッジと比較して記録パワー低下の影響を受けにくいからである。ここでは，説明の簡略のためにパワー変動に対する前後エッジの残留シフトの違いについて述べたが，実際の記録過程では，記録パルスの時間刻みがＴ／１６やＴ／３２のように離散的な値となるため，エッジシフトの在留は避けられない。さらに，記録材料の特性によって，例えば過大なパワーを照射するとマークの形成が不安定になり，結果としてエッジの揺らぎが増加して再生信号品質が劣化する場合もある。こうした記録材料の場合，予め記録マークを短めに形成することによって，システムの安定度が向上する。このように，記録パワーの変動，記録パルスの調整誤差の残留，記

録材料の特性の違い，等に応じて実際の光ディスク媒体に記録されたマークにはエッジシフトが残留し，その量は前後エッジで異なっている。

[0065] 以下，線形回折光学シミュレータにより求めた再生信号を用いて（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）アシンメトリ，および（ｃ）エッジシフト，が再生信号の品質評価に及ぼす影響について考察する。ここで，線形回折光学シミュレータの光学系条件としては波長４０５ｎｍ，対物レンズ開口数０．８５とし，記録マークの条件としては，マーク幅０．２２μｍ，マーク部反射率１％，スペース部反射率１０％とし，検出窓幅Ｔに相当する長さを５６ｎｍ（ＢＤ線記録密度３３ＧＢ相当）とした。線形回折光学シミュレータから得られた再生信号に白色雑音を印加することで再生信号のＳＮＲを変化させた。再生信号の処理については，アナログ信号フィルターとして，ＢＤ規格に定められるコンベンショナル・イコライザを用いて，そのブースト量を１２ｄＢとし，ＰＲＭＬ方式としてＰＲ（１，２，２，２，１）を用い，自動等化器として２１タップのＦＩＲ（Ｆｉｎｉｔｅ Ｉｍｐｕｌｓｅ Ｒｅｓｐｏｎｓｅ）フィルターを用いた。

[0066] 再生信号にレベル方向のオフセットがあると各々のマークの長さが変化する。そこで，ハミング距離ごとに，各々マークが大きくなる方向と小さくなる方向にグループ化して，エラータイプ別の評価をすることができる。これは，再生信号にアシンメトリがある場合に対応するものである。ここでは，エッジシフトが残留する場合については，再生信号に時間方向の位相シフトを与えることで，その影響を調べることにする。すなわちＳＮＲの影響は白色雑音の印加にて，アシンメトリの影響はレベル方向のオフセットとして，エッジシフトの影響は時間方向の位相シフトとしてそれぞれ評価することにする。ここで，再生信号に位相シフトを与えた場合，前述の自動等化器によって，印加した位相シフトが相殺されてしまうことを防ぐために，各タップの係数は中心に対して時間方向に対称な値となるような制限を与えた。こうした制限は例えば記録パルスの調整の場合やディスクのタンジェンシャルチルトの調整の場合に有効となることを付記しておく。

[0067] 以下，主ビット列のグループ番号（＝ハミング距離）に応じてＤ値の分布の中心が異なることを避けるため，第１と第２の評価ビット列の間のユークリッド距離１４，１２，１２で規格化した値としてＤ値を表記することにする。

[0068] 図２４Ａ－２４ＣはＳＮＲ，オフセット，および位相シフトがある場合について，Ｄ値の分布を計算した結果である。ここでＳＮＲは再生信号の片側振幅と印加した白色雑音の標準偏差の比であり－２２ｄＢとした。図において，ハミング距離１の場合は「Ｅｄｇｅ」，ハミング距離２の場合は２Ｔが１つ含まれるので「２Ｔ（１）」，ハミング距離３の場合は２Ｔが２つ含まれるので「２Ｔ（２）」と表記している。図２４Ａに見られるように，再生信号にオフセットも位相シフトも加えない場合には，「Ｅｄｇｅ」，「２Ｔ（１）」，および「２Ｔ（２）」はそれぞれ１つのガウス分布状に分布する。各分布の中心値が理想的な値（＝１）からずれている理由は，自動等化器の残留等化誤差と考えることができる。実際には自動等化器の等化能力が有限であること，および白色雑音によって再生信号と第１の評価ビット列との間のユークリッド距離がゼロより大きな値となっていることに起因したものであって，一般の光ディスクの再生信号の分布に現れるものであるが，ここで検討したような高密度条件でない場合には無視し得る量である。この点の議論に関しては，本実施例の内容の範囲を超過するものであるため詳細な説明はしない。なお，図に示した分布は再生信号の評価時に得られる，実際の分布に近いものであることを付記しておく。

[0069] 図２４Ｂはレベル方向のオフセットがある場合の分布である。オフセット量として再生信号の振幅に対して０．０２の場合を，模式的に示した。図中の記号「ＬｅＬ」は前エッジの左方向へのシフトを，「ＬｅＲ」は前エッジの右方向へのシフトを，「ＴｅＬ」は後エッジの左方向へのシフトを，「ＴｅＲ」は後エッジの右方向へのシフトを，それぞれ表している。図に示すように，「Ｅｄｇｅ」，および「２Ｔ（２）」の分布はマークが大きくなる方向（ＬｅＬとＴｅＲ）と小さくなる方向（ＬｅＲとＴｅＬ）の２つの分布に

スプリットすることが判る。一方，「２Ｔ（１）」の分布はスプリットせずに１つ分布のままである。これは図２２に示したようにハミング距離２に含まれる４つのグループがそれぞれ２Ｔマークと２Ｔスペースが左右にシフトした場合について評価するものであって，マークやスペースの大きさの変化を評価するものでないことに起因している。ＳｂＥＲ方式においては，分布は６つ形成されるが，本実施例の方式ではそうはなっていないことが判る。

[0070] 図２４Ｃは時間方向の位相シフトがある場合の分布である。位相シフト量として検出窓幅Ｔの１０%の場合を示した。図中の記号「－Ｌ」は左方向へのシフトを，「－Ｒ」は右方向へのシフトを，それぞれ表している。図に示すように，「Ｅｄｇｅ」，「２Ｔ（１）」，および「２Ｔ（２）」の３つは共に，それぞれ「－Ｌ」と「－Ｒ」の２つの分布にスプリットすることが判る。ここに得られた６つの分布は，図２４Ｂに得られた分布とグループ化条件が異なることに注意を要する。

[0071] 以下，ＳＮＲ，オフセット，および位相シフトがある場合について，シミュレーションによって求めた実際のビットエラー率とＳｂＥＲの相関関係について調べる。グループ化条件としては，以下の４つについて比較する。

（１）全１０８評価ビット列独立

１０８（３６×３）個の評価ビット列のそれぞれについて独立にＳｂＥＲを算出し，それらの加算値として合計のＳｂＥＲを求めるものである。回路規模は大きいがビットエラー率とＳｂＥＲの相関には最も優れていると考えられる。

[0072] 図２５にシミュレーションの結果を示す。図に見られるように，（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）オフセット，（ｃ）位相シフトの全てに対して，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好な相関をもっていることが判る。

（２）マークの大きさ変化に依存した６評価ビット列独立

前述のように，マークが大きくなるグループとマークが小さくなるグループに分けて，ハミング距離当たり２つ，合計６つのグループ化を行なうものである。回路規模は全評価ビット列を独立に扱う場合の１／１８に削減され

る。

[0073] 図２６にシミュレーションの結果を示す。図に見られるように，（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）オフセットに関しては，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好な相関をもっていることが判るが，（ｃ）位相シフトに関しては，ＳｂＥＲが最大１０００倍程度の誤差をもってしまうことが判る。この理由は，図２４Ｃの結果を反映したものであり，マークの大きさに着目したグループ化は，位相シフトによってスプリットした２つの分布を１つにまとめて平均と標準偏差を求めることに依存したものである。この方法は回路規模の簡略化のためには非常に有効な方法であるが，位相シフト（残留エッジシフトに対応）がある場合に，再生信号の品質の評価を行なうとビットエラー率とＳｂＥＲの誤差が大きくなってしまう。

（３）５４評価ビット列独立

評価ビット列のグループ化手法として，第１の評価ビット列から第２の評価ビット列への評価と，その逆の評価をまとめて扱う方法が考えられる。これらは評価ビット列の相関が強いため，良好な評価値が得られると考えられるからである。回路規模は全評価ビット列を独立に扱う場合の１／２に削減される。

[0074] 図２７にシミュレーションの結果を示す。図に見られるように，予想に反して，（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）オフセット，（ｃ）位相シフトの全てに対して，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好な相関をもっていることが判る。この理由は図２２に示したように，第１の評価ビット列と第２の評価ビット列との間の誤りはエッジあるいはマークが左右にシフトすることに対応するため，これらをグループ化した場合にオフセットや位相シフトに対してスプリットした分布を１つの分布として平均と標準偏差を算出してしまうためである。

（４）主ビット列に応じた１２グループ独立

これは本実施例のグループ化方法の主眼であり，図２２に整理した内容に基づいて，ハミング距離ごとの４つの主ビット列に対応して合計１２のグループに分けて独立にＳｂＥＲを算出する方法である。図２４Ａ－２４Ｃに示

したように，オフセットと位相シフト（アシンメトリと残留エッジシフトに対応）に対して，対応可能なものである。回路規模は全評価ビット列を独立に扱う場合の１／９に削減される。本実施例の主ビット列に着目したこのグループ化方法は（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）オフセット，（ｃ）位相シフトの全てに対して，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好な相関を持つことが期待される。

[0075] 図２８にシミュレーションの結果を示す。図に見られるように，（ａ）ＳＮＲ，（ｂ）オフセット，（ｃ）位相シフトの全てに対して，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好な相関を持つことが確認された。回路規模を１／９に削減したにもかかわらず，１０８個の全ての評価ビット列を独立に計算した場合と同等の相関性能が得られることが判る。

[0076] 本実施例による再生信号の評価方法について，さらに詳しく述べる。

[0077] 前述の説明では，ハミング距離が１，２，３の場合，すなわち評価ビット列に含まれる２Ｔの数が０，１，２の場合について本実施例の効果を述べた。一方，ＢＤフォーマットを含めて変調符号の中で連続する２Ｔの数は制限されているものの，概ね６個程度まで２Ｔが連続する場合がある。従って，優れた再生信号の評価方法を提供する意味で，連続する２Ｔの数を何個まで評価することが妥当であるのかを明らかにしておく必要がある。

[0078] 図２９はＳＮＲとＳｂＥＲの関係をまとめたシミュレーション結果である。シミュレーションの条件は前述の通りであり，評価ビット列に含まれる２Ｔの連続数０，１，２，３，４，５，６について計算を実施した。図中のＳｂＥＲ値の算出過程では，主ビット列によるグループ化は行なわず，全ての（３６×６個）の評価ビット列について独立にＳｂＥＲを算出した合計値を求めた。結果は図に見られるように，２Ｔの連続数が２以上で，ＳｂＥＲ値は一定値に漸近することが判った。したがって，２Ｔの連続数は２個まで評価することは，再生信号の評価性能と実現するための回路規模のバランスから優れていると言える。

[0079] このシミュレーションを実施するのに際しては，図３０の評価ビット列を

用いた。これは図２２の評価ビット列テーブルを２Ｔ連続数６個まで拡張したものである。本実施例に従って，再生信号の評価する場合，再生性能を重視する場合には，図３０の評価ビット列テーブルを用いて，２Ｔ連続数３，４，５，６，すなわちハミング距離４，５，６，７についても評価をすることができる。

[0080] 前述のようにＳＮＲ，オフセット，および位相シフトに対して，ビットエラー率とＳｂＥＲの関係を計算し，用いる評価ビット列に含まれる２Ｔ連続数との関係を調べた結果を図３１に示す。ここでは，前述と同様にＳｂＥＲ算出のグループ化に関して４つの方法を比較した結果を示している。図に見られるように，（１）全評価ビット列独立計算，の場合と（４）主ビット列に基づく４グループ化の場合，ビットエラー率とＳｂＥＲの誤差は評価する評価ビット列に含まれる２Ｔの連続数の増加に応じて減少することが判る。また，２Ｔの連続数は２個まで評価することは，再生信号の評価性能と実現するための回路規模のバランスから優れていることも判る。

[0081] 本実施例の評価ビット列判別方法については，図１１を用いて説明したとおりである。前述の説明では，最短ラン長２Ｔに対応したＰＲＭＬ方式によって生成された２値化信号はラン長制限が自動的に満たされたものとなると述べた。再生信号の品質を評価する一般のケースでは，この前提は正しい。しかしながら，光ディスク媒体上の欠陥を含んで再生信号を評価するような場合，ＰＲＭＬ回路のパスメモリ長に応じて，パスマージが完了しないことが考えられる。この場合，２値化信号には１Ｔが含まれることがあり，主ビット列が一致しても，両端の副ビット列を含めるとラン長制限を満たさないことになる。ＳｂＥＲ算出回路の実装形態によっては，動作不良を生じる原因となる場合がある。このような場合，生成された第１の評価ビット列と第２の評価ビット列がラン長制限規則に従うかどうかを検査して，これがラン長制限を満たさない場合には，ＳｂＥＲ算出回路へのデータ転送を行なわないようにすればよい。これを実現する最も簡単な方法を図２１に示す。２ビットの副ビット列に隣接する１ビットの主ビット列を含む３ビットに着目し

て，これが「０１０」または「１０１」に一致した場合に，ラン長制限を満足しないと判定すればよい。前述のように副ビット列はハミング距離に依存しないものであるから，こうした判定回路は最低１つ追加実装すればよい。回路の実装形態によって，複数の評価ビット列の評価を並列に実施するようなケースでは必要な分だけ，「０１０」または「１０１」判定回路を設ければよい。

[0082] 次に，本実施例のＳｂＥＲ算出におけるグループ化について，前述の説明と別の実施形態を説明する。

[0083] 図３２は図２２に対して，左シフトと右シフトについてグループ化した場合の評価ビット列テーブルである。前述のように，主ビット列に対してその意味を踏まえて左シフトと右シフトに分類するとグループ数は全部で６となる。図３３はビットエラー率とＳｂＥＲの関係を示すシミュレーション結果である。（ｂ）オフセットがある場合に誤差が大きいが，全体としてビットエラー率とＳｂＥＲの関係は比較的に良好なことが判る。

[0084] 図３４は図２２に対して，前エッジと後エッジについてグループ化した場合の評価ビット列テーブルである。同様にグループ数は全部で６となる。図３５はビットエラー率とＳｂＥＲの関係を示すシミュレーション結果である。（ｃ）位相シフトの場合に誤差が大きいが，全体としてビットエラー率とＳｂＥＲの関係は比較的に良好なことが判る。

[0085] 図３６は図２２に対して，マークが大きくなる方向と小さくなる方向に着目してグループ化した場合の評価ビット列テーブルである。シミュレーション結果は図２６に示した。

[0086] 以上のように，図２２に従って，主ビット列とその誤りを評価する意味に着目すると，ハミング距離当たり２つのグループへの３つ分類方法が３通り可能である。例えば，ドライブ装置において，回路オフセットの調整学習処理を実施するような場合に，ＳｂＥＲを指標として，これを最小にするような処理を実施する場合，オフセットの変化に対して敏感な指標を使うことが望ましく，図３２に示したグループ化を行なうことが有効である。同様に，

同様に，記録ストラテジを調整するような場合，位相シフトに敏感な図３４や図３６の分類法を用いることが好ましい。こうした場合，これらに対応した回路を実装する必要はなく，図２２に示したハミング距離当たり４つのグループに分類したＳｂＥＲの算出結果を用いて，これら３通りのＳｂＥＲ値を近似的に求めることが可能である。例えば，任意の２つの主ビット列に対して平均値および標準偏差がそれぞれ，ａ１，ａ２およびσ１，σ２として算出された場合，これらをグループ化した場合の平均値ａと標準偏差σはガウス分布の合成に従って，次式で近似的に求めることができる。

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^{\,2} + \sigma_2^{\,2} + (a_1 - a)^2 + (a_2 - a)^2} \qquad \text{式1}$$

[0087] 以上のように，本実施例によってハミング距離当たり４つの主ビット列にグループ化して，Ｄ値の平均と分散を求める方法によって，全ての結果を加算することによって，精度の高いＳｂＥＲ値を算出することも，学習処理等の場合に任意の２つの主ビット列についての合成した平均値と標準偏差を（式１）に従って求めて用いることも可能である。なお，説明の簡略化のため（式１）では，２つの分布の計測イベント数が実質的に等しい場合について示したが，これらのイベント数に配慮して合成分布の平均値と標準偏差を求めることはガウス分布の合成として周知な事柄である。

[0088] 次に本実施例の評価方法によって，実際の光ディスクに３３ＧＢ容量相当の密度でデータを記録再生した場合の結果について説明する。ここでは，媒体として合金系記録膜を有する３層ディスクを用い，シバソク製ＬＭ３３０Ａ　ＢＤ対応評価装置を用いて実験を行なった。記録再生の速度はＢＤ２倍速である。

[0089] 図３７にビットエラー率とＳｂＥＲの関係を表す実験結果を示す。ここではクロストークの影響を含むように連続５トラックの記録を行ない中心のトラックにて，種々のストレスを与えて実験を行なった。具体的なストレスは

ディスクのラジアルチルト（Ｒ－ｔｉｌｔ），タンジェンシャルチルト（Ｔ－ｔｉｌｔ），フォーカスずれ（ＡＦ），光ヘッドのビームエキスパンダの操作による球面収差（ＳＡ），記録パワーの変化（Ｐｗ），およびラジアルチルトに関しては，記録ストラテジによって２Ｔマークの残留シフトが大きい場合（Ｒ－ｔｉｌｔ（２Ｔ　Ｓｈｉｆｔ））である。主ビット列によるグループ化は図２２に示した４分類である。図に見られるように，ビットエラー率とＳｂＥＲは良好に一致しており，本方法による再生信号の評価の性能が必要十分であることが検証された。ここで，ビットエラー率が10^{-5}付近において，バラツキが大きい原因は主に媒体の欠陥の影響である。

[0090] 図３８は，図３２の評価ビット列テーブルに従って，シフト方向に関する２分類を実施した場合の実験結果である。図３７の結果に比較して若干誤差が大きくなっているが，ビットエラー率とＳｂＥＲの相関は良好である。

[0091] 図３９は，図３４の評価ビット列テーブルに従って，前後のエッジに関する２分類を実施した場合の実験結果である。同様に，図３７の結果に比較して若干誤差が大きくなっているが，ビットエラー率とＳｂＥＲの相関は良好である。

[0092] 本実施例の評価方法によって，ハミング距離ごとに４個ずつ得られた分布の平均値と標準偏差の値から，合成したガウス分布のσ値を求めることができる。図４０はビットエラー率と合成した分布のσ値の関係を示す実験結果である。これもビットエラーとの相関が高い指標の１つとして利用することができる。

[0093] 図４１はフォーカスオフセット量と本実施例によってもとめたＳｂＥＲの関係を示す実験結果である。こうした関係を利用して，ＳｂＥＲを最小にするようにすれば，適正なフォーカスオフセット値の学習処理を実現することができる。同じ方法は，ラジアルチルトやタンジェンシャルチルト，球面収差，記録パワー等，種々の学習処理に応用することができる。

[0094] 次に，本実施例の再生信号の評価方法の全体的な流れを，図４３に示したフローチャートを用いて説明する。まず，ＰＲＭＬデコーダから出力された

２値化信号と主ビット列を比較する（Ｓ２０１）。２値化信号にいずれかの主ビット列が含まれるかどうかを判定し（Ｓ２０２），含まれない場合（Ｎｏ），Ｓ２０１に戻り処理を継続し，含まれる場合（Ｙｅｓ），図１１に説明した処理を実施して，第１の評価ビット列と第２の評価ビット列を生成する（Ｓ２０３）。次に，第１の評価ビット列と第２の評価ビット列の目標信号と等化された再生信号との間のユークリッド距離を算出し，両者の差であるＤ値を求める（Ｓ２０４）。ここで得られたＤ値は判別した主ビット列に応じて蓄えられ，平均値と標準偏差が演算される（Ｓ２０５）。所定のデータ量の取得が終了したかどうかを判定し（Ｓ２０６），終了していない場合（Ｎｏ），Ｓ２０１に戻り処理を継続し，終了した場合（Ｙｅｓ），Ｓ２０５で主ビット列ごとに算出されたＤ値の平均値と標準偏差を合成して再生信号の評価値を算出する（Ｓ２０７）。

[0095] 以下，本実施例の光ディスク装置の全体構成例を説明する。

[0096] 図１は本実施例の光ディスク装置を実現するための再生信号評価回路の構成を示す実施例である。図において，光ディスク媒体から再生され，図示しないアナログフィルター処理を施された再生信号５１はＡ／Ｄ変換器２１によって６から８ビットのデジタルデータに変換され，自動等化器２２によって等化されたのちＰＲＭＬデコーダ２３によって２値化され，２値化信号５２が出力される。本実施例の再生信号品質の評価回路３０は主ビット判別回路３１，評価ビット列生成回路３２，ユークリッド距離計算回路３３，グループ別Ｄ値メモリ３４，および評価値集計回路３５によって構成される。主ビット列判別回路３１には，主ビット列のデータが格納されており，２値化信号５２に主ビット列が含まれるかどうかを判定する。２値化信号５２に主ビット列が含まれる場合，評価ビット列生成回路３２は図１１に説明した処理を実施して，第１の評価ビット列と第２の評価ビット列を生成する。ユークリッド距離計算回路３３では，第１の評価ビット列と第２の評価ビット列の目標信号と自動等化器２２から出力される等化再生信号５３との間のユークリッド距離を算出し，両者の差であるＤ値を求める。ここで得られたＤ値

はグループ別Ｄ値メモリ３４に送られ，主ビット判別回路３１で判別した主ビット列に応じて蓄えられ，平均値と標準偏差が演算される。評価値集計回路３５ではこれらの結果を合成して再生信号の評価結果を算出し，指示に従ってＣＰＵ１４０に結果を転送する。評価結果の例としては，ＳｂＥＲ等を用いることができる。ＣＰＵ１４０では，例えばフォーカスオフセットを変化させながら，再生信号の品質を評価して，これが最良になるようにフォーカスオフセット学習処理等を実施する。こうした構成によって，本実施例の再生信号の評価方法を実施する回路を作製することができる。

[0097] 最後に本実施例を実施するのに好適な光ディスク装置の構成について述べる。図４２は，本実施例の再生信号の評価方法を搭載した光ディスク装置の構成例を示す模式図である。装置に装着された光ディスク媒体１００は，スピンドルモータ１６０により回転される。再生時には，ＣＰＵ１４０によって指令された光強度になるようにレーザパワー／パルス制御器１２０が光ヘッド１１０内のレーザドライバ１１６を介して半導体レーザ１１２に流す電流を制御し，レーザ光１１４を発生させる。レーザ光１１４は対物レンズ１１１によって集光され，光スポット１０１を光ディスク媒体１００上に形成する。この光スポット１０１からの反射光１１５は対物レンズ１１１を介して，光検出器１１３で検出される。光検出器は複数に分割された光検出素子から構成されている。再生信号処理回路１３０は，光ヘッド１１０で検出された信号を用いて，光ディスク媒体１００上に記録された情報を再生する。本実施例は図１に示した回路ブロックとして再生信号処理回路１３０に内蔵される。こうした構成によって，本実施例の光ディスク装置は，３０ＧＢ以上のＢＤを実現する装置として，再生信号の評価とこれを用いた種々の学習処理機能を実装することができる。

上記記載は実施例についてなされたが，本発明はそれに限らず，本発明の精神と添付の請求の範囲の範囲内で種々の変更および修正をすることができることは当業者に明らかである。

産業上の利用可能性

[0098] 本実施例は，大容量光ディスクの再生信号の評価方法と光ディスク装置に関するものであり，１層当たり３０ＧＢ以上の容量を備えた光ディスク装置に用いられる。

符号の説明

[0099] ２１　Ａ／Ｄ変換器

２２　自動等化器

２３　ＰＲＭＬデコーダ

３０　再生信号の評価回路

３１　主ビット列判別回路

３２　パターン生成回路

３３　ユークリッド距離計算回路

３４　グループ別Ｄ値メモリ

３５　ＳｂＥＲ算出回路

５１　再生信号

５２　２値化信号

５３　等化再生信号

１００　光ディスク

１０１　光スポット

１１０　光ヘッド

１１１　対物レンズ

１１２　半導体レーザ

１１３　光検出器

１１４　レーザ光

１１５　反射光

１１６　レーザドライバ

１２０　レーザパワー／パルス制御器

１３０　再生信号処理器

１４０　ＣＰＵ

１６０　スピンドルモータ

請求の範囲

[請求項1] 情報が記録された記録媒体から得られる再生信号と複数の状態遷移における目標信号とを比較して，最も確からしい状態遷移を選択するＰＲＭＬ方式によって，前記再生信号を復号し時系列的に２値化ビット列を得る工程と，

前記再生信号の品質を，前記状態遷移における最も確からしい第１の状態遷移と２番目に確からしい第２の状態遷移との所定の組み合わせを検出する工程と，

前記第１の状態遷移の確からしさを表す指標Ｐａと，前記第２の状態遷移の確からしさを表す指標Ｐｂとして，｜Ｐａ－Ｐｂ｜を用いて前記再生信号の品質を評価する再生信号評価方法において，

前記所定の組み合わせを検出する工程は，

前記記録媒体に記録された情報が最短ラン長２Ｔの符号を用いて変調されたものであるとき，

前記ＰＲＭＬ方式の拘束長をＮ，０以上の整数をｉとして，該ｉごとに長さＬ＝５＋２ｉの４個の特定の主ビット列からなる主ビット列群を用い，

該主ビット列と前記２値化ビット列の一部と比較して，前記主ビット列群の中から第１の主ビット列を選択する工程と，

前記第１の主ビット列を前記ｉによって定まる特定の演算によって定まる第２の主ビット列を生成する工程と，

前記第１の主ビット列を含む状態遷移を前記第１の状態遷移として定める工程と，

前記第２の主ビット列を含む状態遷移を前記第２の状態遷移として定める工程と，

を含むことを特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項2] 請求項１に記載の再生信号の評価方法であって，

前記４個の主ビット列は，

特定の主ビット列要素Ａとの不一致ビットの数が前記ｉを用いて（ｉ＋１）である主ビット列要素Ｂと，

前記主ビット列要素Ａに含まれる“０”と“１”を反転した主ビット列要素Ｃと，

該主ビット列要素Ｃとの不一致ビットの数が前記ｉを用いて（ｉ＋１）である主ビット列要素Ｄと，

であること，

を特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項3] 請求項１に記載の再生信号の評価方法であって，

前記主ビット列群の中から第１の主ビット列を選択する工程は，

前記４個の主ビット列と前記２値化ビット列の連続する５時刻の値の一致判定を行う工程，

または

前記長さＭの範囲で前記主ビット列と前記２値化ビット列との一致ビット数を実質的に計数し，前記一致ビット数が０または前記Ｍであることを判定する工程，

または

任意の整数をｋとして，時刻ｋにおける前記２値化ビット列の値をａ［ｋ］としたとき，

前記Ｍを用いて，連続する２ビットａ［ｋ］，ａ［ｋ＋１］の値が“１１”または“００”であることを判定する工程，

または

任意の整数をｋとして，時刻ｋにおける前記２値化ビット列の値をａ［ｋ］としたとき，

前記Ｍを用いて，ａ［ｋ］の値とａ［ｋ＋Ｍ－１］の値に基づいて，前記第１の主ビット列群の中から前記２値化ビット列と比較するものを選び出す工程，

のうち少なくとも１つの工程を含むことを特徴とする再生信号の評

価方法。

[請求項4] 請求項１に記載の再生信号の評価方法であって，

前記第１の主ビット列のビット要素を左からｂ［１］，ｂ［２］，．．．，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］としたとき，

ｂ［３＋２ｉ］の値の“１”と“０”を反転した主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる工程，

または

請求項２記載の主ビット列要素を含む主ビット列群を用い

前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ａを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｂを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｂを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ａを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｃを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｄを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｄを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｃを含むものを選択する工程，

または

前記ｉが奇数のとき，

左からｂ［Ｍ］，ｂ［Ｍ－１］，．．．，ｂ［２］，ｂ［１］なるビット要素を持つ主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる工程，

または

該第１の主ビット列を左または右に１ビットだけシフトして得られるビット列の

左から１番目，２番目，Ｍ－１番目，およびＭ番目のビット要素をそれぞれｂ［１］，ｂ［２］，．．．，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］で置き換え，

かつ全ビット長さをＭとする主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる工程，

のうち少なくとも１つの工程を含むことを特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項5] 請求項１に記載の再生信号の評価方法において，

前記４個の主ビット列群は

長さが５ビットのとき，「０００１１」，「００１１１」，「１１１００」，「１１０００」，

長さが７ビットのとき，「０００１１００」，「００１１０００」，「１１１００１１」，「１１００１１１」，

長さが９ビットのとき，「０００１１００１１」，「００１１００１１１」，「１１１００１１００」，「１１００１１０００」，

であることを特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項6] 請求項１に記載の再生信号の評価方法であって，

前記主ビット列ごとに前記｜Ｐａ－Ｐｂ｜を独立に計算する工程，

を含むことを特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項7] 情報が記録された記録媒体から得られる再生信号と複数の状態遷移における目標信号とを比較して，最も確からしい状態遷移を選択するＰＲＭＬ方式によって，前記再生信号を復号し時系列的に２値化ビット列を得る手段と，

前記再生信号の品質を，前記状態遷移における最も確からしい第１の状態遷移と２番目に確からしい第２の状態遷移との所定の組み合わせを検出する手段と，

前記第１の状態遷移の確からしさを表す指標Ｐａと，前記第２の状態遷移の確からしさを表す指標Ｐｂとして，｜Ｐａ－Ｐｂ｜を用いて前記再生信号の品質を評価する機能を備えた光ディスク装置において，

前記所定の組み合わせを検出する手段は，

前記記録媒体に記録された情報が最短ラン長２Ｔの符号を用いて変調されたものであるとき，

前記ＰＲＭＬ方式の拘束長をＮ，０以上の整数をｉとして，該ｉごとに長さＬ＝５＋２ｉの４個の特定の主ビット列からなる主ビット列群を用い，

該主ビット列と前記２値化ビット列の一部と比較して，前記主ビット列群の中から第１の主ビット列を選択する手段と，

前記第１の主ビット列を前記ｉによって定まる特定の演算によって定まる第２の主ビット列を生成する手段と，

前記第１の主ビット列を含む状態遷移を前記第１の状態遷移として定める手段と，

前記第２の主ビット列を含む状態遷移を前記第２の状態遷移として定める手段と，

を具備することを特徴とする光ディスク装置。

[請求項8] 請求項７に記載の光ディスク装置であって，

前記４個の主ビット列は，

特定の主ビット列要素Ａとの不一致ビットの数が前記ｉを用いて（ｉ＋１）である主ビット列要素Ｂと，

前記主ビット列要素Ａに含まれる“０”と“１”を反転した主ビット列要素Ｃと，

該主ビット列要素Ｃとの不一致ビットの数が前記ｉを用いて（ｉ＋１）である主ビット列要素Ｄと，

であること，

を特徴とする光ディスク装置。

[請求項9] 請求項７に記載の光ディスク装置であって，

前記主ビット列群の中から第１の主ビット列を選択する手段は，

前記４個の主ビット列と前記２値化ビット列の連続する５時刻の値の一致判定を行う手段，

または

前記長さＭの範囲で前記主ビット列と前記２値化ビット列との一致ビット数を実質的に計数し，前記一致ビット数が０または前記Ｍであることを判定する手段，

または

任意の整数をｋとして，時刻ｋにおける前記２値化ビット列の値をａ［ｋ］としたとき，

前記Ｍを用いて，連続する２ビットａ［ｋ］，ａ［ｋ＋１］の値が“１１”または“００”であることを判定する手段，

または

任意の整数をｋとして，時刻ｋにおける前記２値化ビット列の値をａ［ｋ］としたとき，

前記Ｍを用いて，ａ［ｋ］の値とａ［ｋ＋Ｍ－１］の値に基づいて，前記第１の主ビット列群の中から前記２値化ビット列と比較するものを選び出す手段，

のうち少なくとも１つの手段を具備することを特徴とする光ディスク装置。

[請求項10] 請求項７に記載の光ディスク装置であって，

前記第１の主ビット列のビット要素を左からｂ［１］，ｂ［２］，．．．，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］としたとき，

ｂ［３＋２ｉ］の値の“１”と“０”を反転した主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる手段，

または

請求項２記載の主ビット列要素を含む主ビット列群を用い

前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ａを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｂを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｂを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ａを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｃを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｄを含むものを選択し，

かつ，前記第１の主ビット列が主ビット列要素Ｄを含む場合には前記第２の主ビット列として主ビット列要素Ｃを含むものを選択する手段，

または

前記ｉが奇数のとき，

左からｂ［Ｍ］，ｂ［Ｍ－１］，．．．，ｂ［２］，ｂ［１］なるビット要素を持つ主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる手段，

または

該第１の主ビット列を左または右に１ビットだけシフトして得られるビット列の

左から１番目，２番目，Ｍ－１番目，およびＭ番目のビット要素をそれぞれｂ［１］，ｂ［２］，．．．，ｂ［Ｍ－１］，ｂ［Ｍ］で置き換え，

かつ全ビット長さをＭとする主ビット列を前記第２の主ビット列として用いる手段，

のうち少なくとも１つの手段を具備することを特徴とする光ディスク装置。

［請求項11］ 請求項７に記載の光ディスク装置において，

前記４個の主ビット列群は

長さが５ビットのとき，「００１１」，「００１１１」，「１１１００」，「１１０００」，

長さが７ビットのとき，「０００１１００」，「００１１０００」，「１１１００１１」，「１１００１１１」，

長さが９ビットのとき，「０００１１００１１」，「００１１００１１１」，「１１１００１１００」，「１１００１１０００」，

であることを特徴とする光ディスク装置。

[請求項12] 請求項７に記載の光ディスク装置において，

前記主ビット列ごとに前記｜Ｐａ－Ｐｂ｜を独立に計算する手段，

を具備することを特徴とする光ディスク装置。

[請求項13] 情報が記録された記録媒体から得られる再生信号から生成される２値化ビット列に対し，現在の２値化ビット列が次に遷移する状態を記述する評価ビット列を複数生成し，前記現在の２値化ビット列から前記複数の評価ビット列への遷移の確からしさを各々評価することにより状態遷移後の２値化ビット列を決定し，当該決定を繰り返すことにより前記再生信号の復号を行うＰＲＭＬ方式により復号演算を実行する際における再生信号の評価方法において，

前記評価ビット列は，ＰＲＭＬの拘束長によっては変化しない部分として定義される主ビット列と，当該主ビット列の先頭ビットと終端ビットの両側に付加される副ビット列との結合として表現され，

前記復号の実行時には，

前記状態遷移における最も確からしい第１の状態遷移に対応する第１の評価ビット列と，２番目に確からしい第２の状態遷移に対応する第２の評価ビット列とを生成し，

当該第１の評価ビット列および第２の評価ビット列を生成するに際し，

前記主ビット列を記述するビットパターンをあらかじめ複数準備し，

当該主ビット列と前記現在の２値化ビット列の一部を比較して，前記複数のビットパターンの中から，前記第１の評価ビットに適用する第１の主ビット列を選択し，

前記第１の評価ビットに適用する主ビット列に対して所定の演算を実行することにより前記第２の評価ビットに適用する第２の主ビット列を生成し，

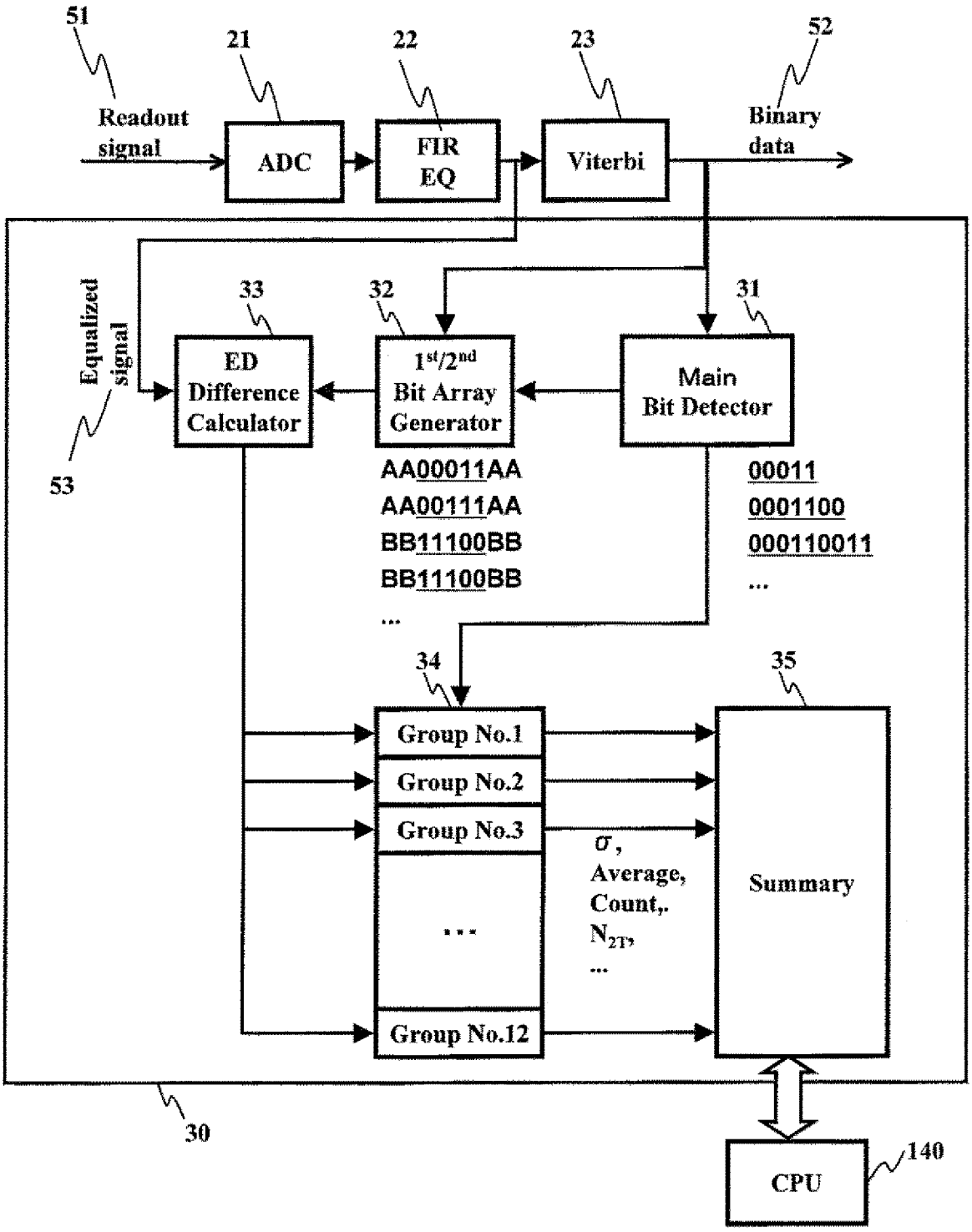
前記第１の主ビット列および第２の主ビット列に対して，前記副ビット列を各々結合することにより，前記第１の評価ビット列および第２の評価ビット列を生成することを特徴とする再生信号の評価方法。

[請求項14] 請求項１３に記載の再生信号の評価方法において，

前記主ビット列は，

前記２値化ビット列の最短ラン長の連続数と，前記状態遷移の前後での前記２値化ビット列間のハミング距離に応じて定まることを特徴とする再生信号の評価方法。

[図1]


51
Readout signal
21
ADC
22
FIR EQ
23
Viterbi
52
Binary data
Equalized signal
53
33
ED Difference Calculator
32
1st/2nd Bit Array Generator
31
Main Bit Detector
AA00011AA
AA00111AA
BB11100BB
BB11100BB
...
00011
0001100
000110011
...
34
35
Group No.1
Group No.2
Group No.3
...
Group No.12
σ, Average, Count,. N2T, ...
Summary
30
CPU
140

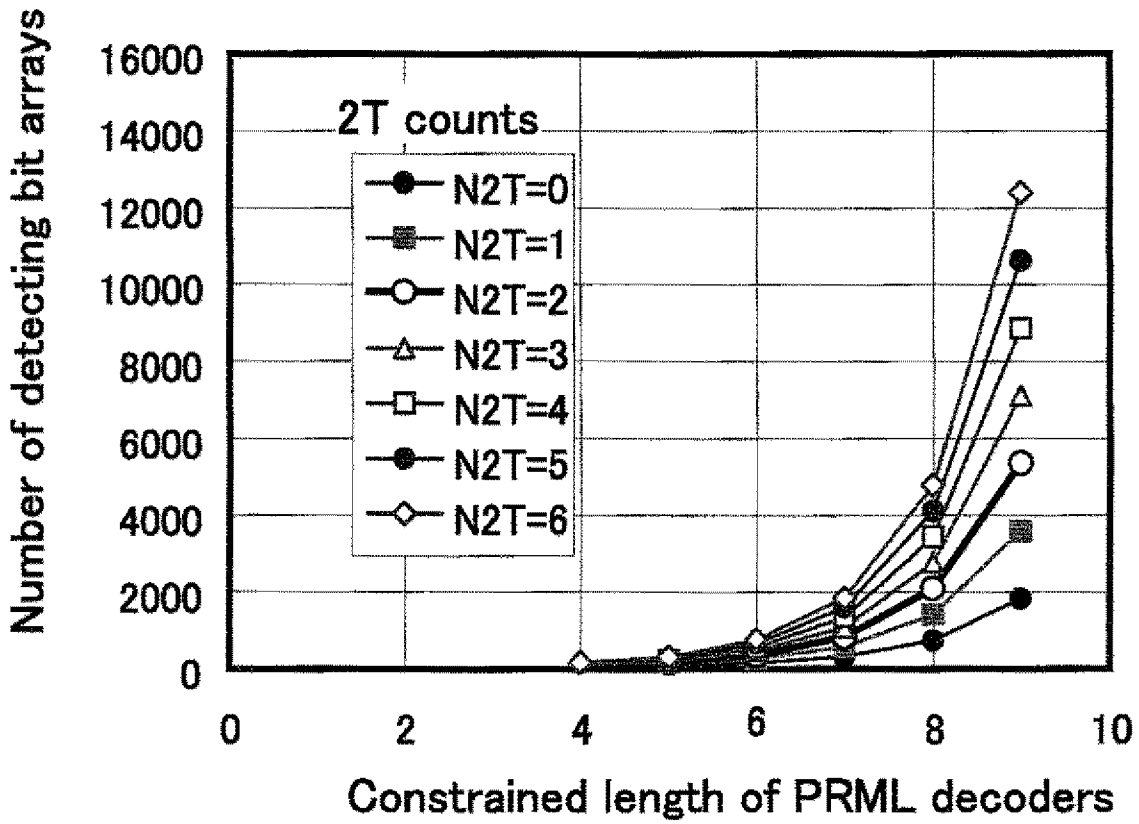
[図2]

No.	Pattern A	Pattern B	Euclidian Distance	Hamming Distance
1	000001100	000011100	14	1
2	000001110	000011110	14	1
3	000001111	000011111	14	1
4	100001100	100011100	14	1
...	...	...	...	...
17	111110001	111100001	14	1
18	111110011	111100011	14	1
19	00000110000	00001100000	12	2
20	00000110001	00001100001	12	2
21	00000110011	00001100011	12	2
22	10000110000	10001100000	12	2
...	...	...	...	...
35	11111001110	11110011110	12	2
36	11111001111	11110011111	12	2
37	0000011001100	0000110011100	12	3
38	0000011001110	0000110011110	12	3
39	0000011001111	0000110011111	12	3
40	1000011001100	1000011001100	12	3
...	...	...	...	...
53	1111100110001	1111001100001	12	3
54	1111100110011	1111001100011	12	3

[図3]

No.	Pattern A	Pattern B	Euclidian Distance	Hamming Distance
1	00000011000	00000111000	28	1
2	00000011001	00000111001	28	1
3	00000011100	00000111100	28	1
4	00000011110	00000111110	28	1
...	...	...	...	...
49	11111000110	11110000110	28	1
50	11111000111	11110000111	28	1
51	0000001100000	0000011000000	20	2
52	0000001100001	0000011000001	20	2
53	0000001100011	0000011000011	20	2
54	0000001100110	0000011000110	20	2
...	...	...	...	...
99	1111100111110	1111110011110	20	2
100	1111100111111	1111110011111	20	2
101	0000001100111000	0000011001111000	20	3
102	0000001100111001	0000011001111001	20	3
103	0000001100111100	0000011101111100	20	3
104	0000001100111110	0000011001111110	20	3
...	...	...	...	...
149	1111100111000110	1111100011100110	20	3
150	1111100111000111	1111100011100111	20	3

[図4]



[図5]

Constrained length	Continuous 2T count and mode name						
	i=0 (edge)	i=1 (2T1)	i=2 (2T2)	i=3 (2T3)	i=4 (2T4)	i=5 (2T5)	i=6 (2T6)
4	16	32	48	64	80	96	112
5	36	72	108	144	180	216	252
6	100	200	300	400	500	600	700
7	256	512	768	1024	1280	1536	1792
8	676	1352	2028	2704	3380	4056	4732
9	1764	3528	5292	7056	8820	10584	12348

[図6]

Constrained length=4, PR(C0,C1,C1,C0)

No.	Pattern A	Pattern B	Euclidian Distance	Hamming Distance
1-4	A00011A	A00111B	10	1
5-8	A11100A	A11000B	10	1
9-12	A0001100A	A0011000B	12	2
13-16	A1110011A	A1100111B	12	2
17-20	A000110011A	A001100111B	14	3
21-24	A111001100A	A110011000B	14	3

A=0 or 1
B=0 or 1

[図7]

Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

No.	Pattern A	Pattern B	Euclidian Distance	Hamming Distance
1-9	AA00011AA	AA00111AA	14	1
10-18	BB11100BB	BB11000BB	14	1
19-27	AA0001100BB	AA0011000BB	12	2
28-36	BB1110011AA	BB1100111AA	12	2
37-45	AA000110011AA	AA001100111AA	12	3
46-54	BB111001100BB	BB110011000BB	12	3

AA=00, 10 or 11
BB=00, 01, or 11

[図8]

Constrained length=6, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

No.	Pattern A	Pattern B	Euclidian Distance	Hamming Distance
1-25	AAA00011BBB	AAA00111BBB	28	1
26-50	CCC11100CCC	CCC11000CCC	28	1
51-75	AAA0001100CCC	AAA0011000CCC	20	2
76-100	DDD1110011BBB	DDD1100111BBB	20	2
101-125	AAA000110011BBB	AAA001100111BBB	20	3
126-150	CCC111001100CCC	CCC110011000CCC	20	3

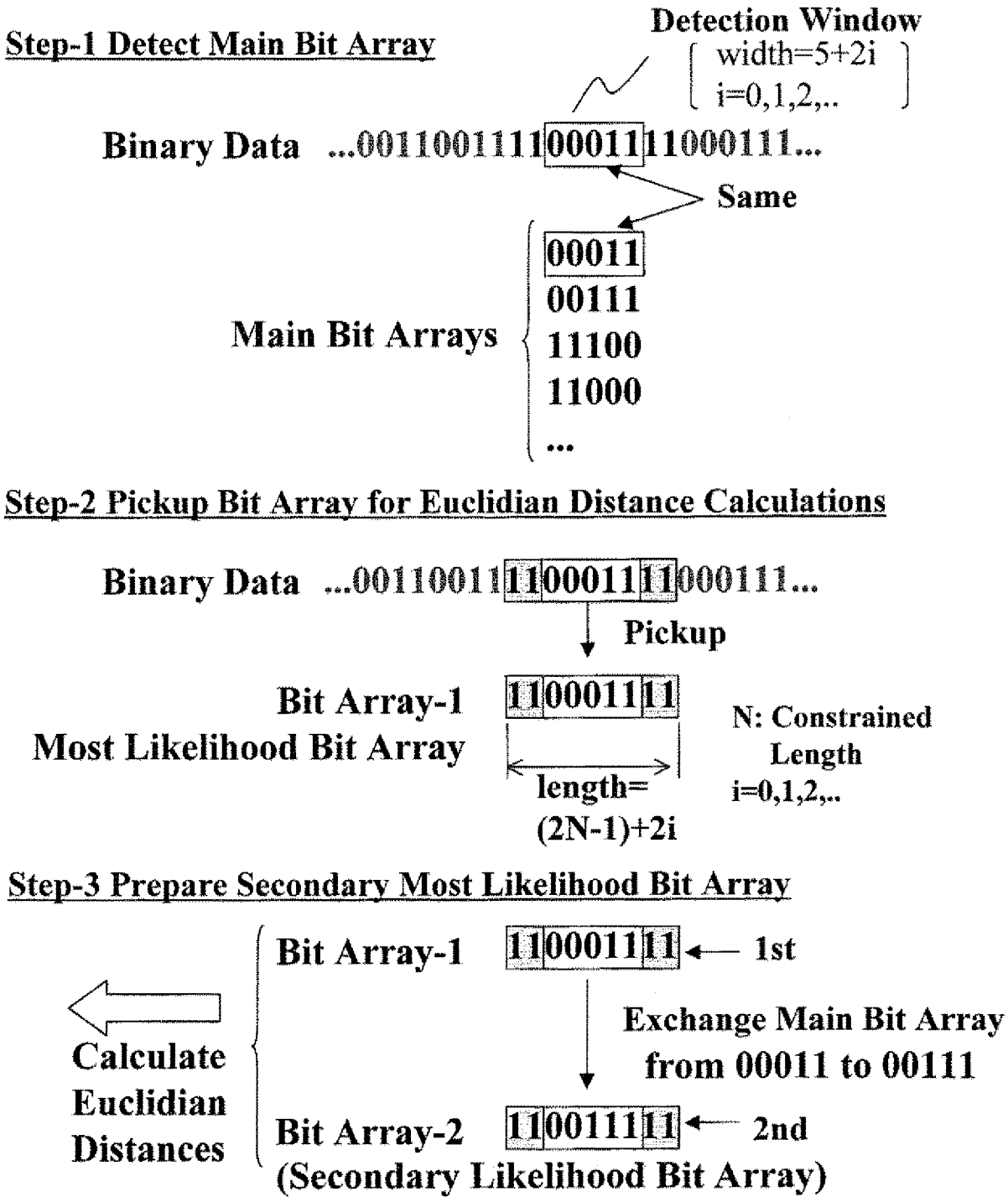
AAA=000, 011, 100, 110, or 111
BBB=000, 001, 100, 110, or 111
CCC=000, 001, 011, 110, or 111
DDD=000, 001, 011, 100, or 111

[図9]

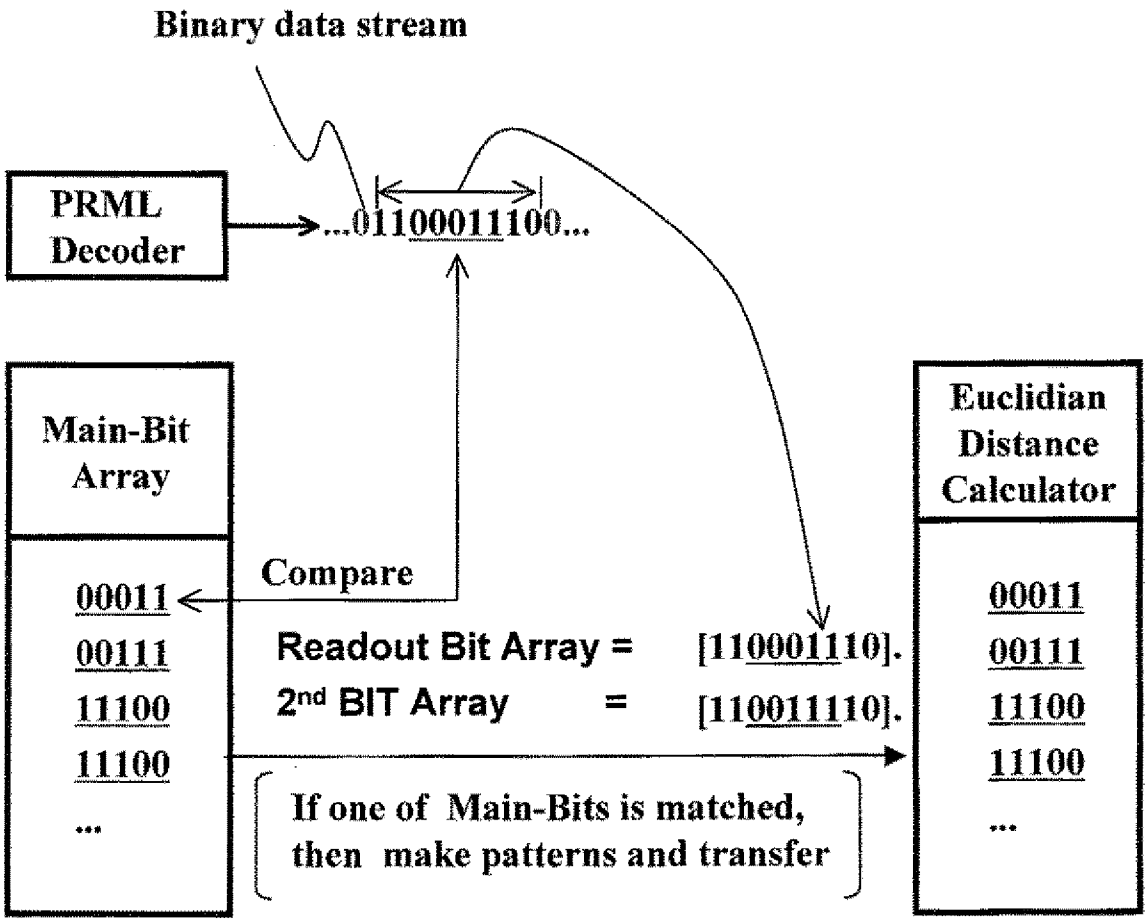
Main Bit Array		Generation Method for Secondary Likelihood Bit Array			N_{2T}(*)	Hamming Distance
No.	Most Likelihood	(1) No. of Secondary Likelihood	(2)Bit Inversion Mask	(3)Position of Bit Inversion		
1-1	00011	1-2	00100	3	0	1
1-2	00111	1-1				
1-3	11100	1-4				
1-4	11000	1-3				
2-1	0001100	2-2	0010100	3, 5	1	2
2-2	0011000	2-1				
2-3	1110011	2-4				
2-4	1100111	2-3				
3-1	000110011	3-2	001010100	3, 5, 7	2	3
3-2	001100111	3-1				
3-3	111001100	3-4				
3-4	110011000	3-3				
4-1	00011001100	4-2	00101010100	3, 5, 7, 9	3	4
4-2	00110011000	4-1				
4-3	11100110011	4-4				
4-4	11001100111	4-3				
5-1	0001100110011	5-2	0010101010100	3, 5, 7, 9, 11	4	5
5-2	0011001100111	5-1				
5-3	1110011001100	5-4				
5-4	1100110011000	5-3				
6-1	000110011001100	6-2	001010101010100	3, 5, 7, 9, 11, 13	5	6
6-2	001100110011000	6-1				
6-3	111001100110011	6-4				
6-4	110011001100111	6-3				

(*)N_{2T}: Continuous 2T count.

[図10]


Step-1 Detect Main Bit Array
Detection Window
width=5+2i
i=0,1,2,..
Binary Data ...00110011110001111000111...
Same
Main Bit Arrays
00011
00111
11100
11000
...
Step-2 Pickup Bit Array for Euclidian Distance Calculations
Binary Data ...00110011110001111000111...
Pickup
Bit Array-1
Most Likelihood Bit Array
11000111
length=
(2N-1)+2i
N: Constrained Length
i=0,1,2,..
Step-3 Prepare Secondary Most Likelihood Bit Array
Calculate Euclidian Distances
Bit Array-1
11000111
1st
Exchange Main Bit Array
from 00011 to 00111
Bit Array-2
(Secondary Likelihood Bit Array)
11001111
2nd

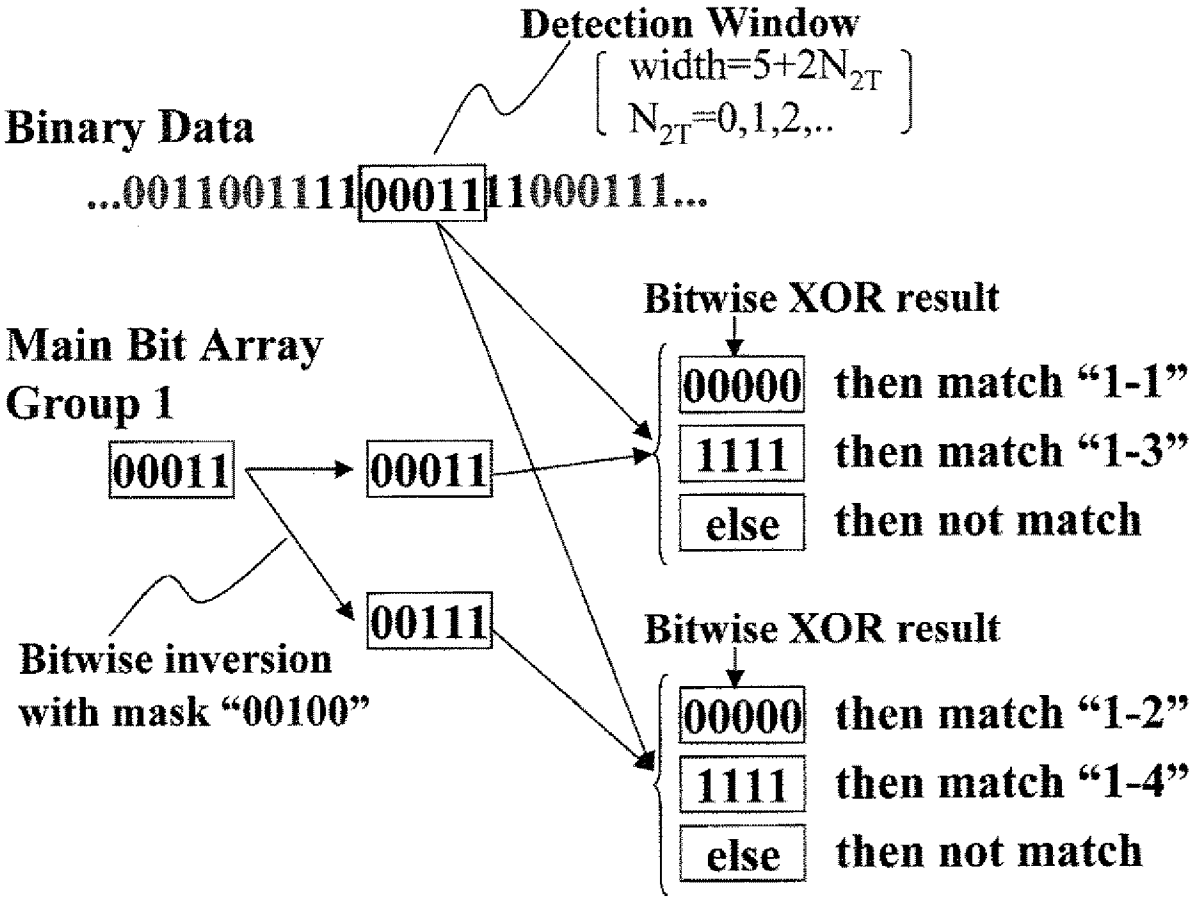
[図11]


Binary data stream
PRML Decoder
...01100011100...
Main-Bit Array
00011
00111
11100
11100
...
Compare
Readout Bit Array = [110001110].
2nd BIT Array = [110011110].
If one of Main-Bits is matched, then make patterns and transfer
Euclidian Distance Calculator
00011
00111
11100
11100
...

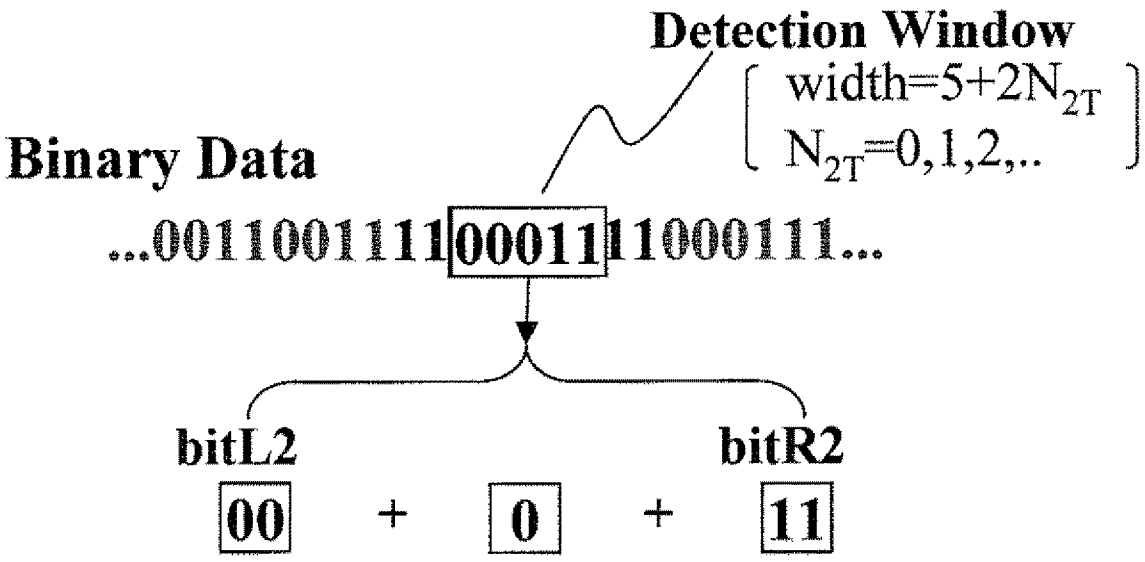
[図12]

Main Bit Array		Generation Method Main Bit Array		
No.	Main Bit Array	Apply Bit Inversion Mask	Full Bit Inversion	Bit Inversion Mask
1-1	00011	-	-	00100 (position 3)
1-2	00111	yes (1-1)	-	
1-3	11100	-	yes (1-1)	
1-4	11000	-	yes (1-2)	
2-1	0001100	-	-	0010100 (position 3, 5)
2-2	0011000	yes (2-1)	-	
2-3	1110011	-	yes (2-1)	
2-4	1100111	-	yes (2-2)	
3-1	000110011	-	-	001010100 (position 3, 5, 7)
3-2	001100111	yes (3-1)	-	
3-3	111001100	-	yes (3-1)	
3-4	110011000	-	yes (3-2)	
4-1	00011001100	-	-	00101010100 (position 3, 5, 7, 9)
4-2	00110011000	yes (4-1)	-	
4-3	11100110011	-	yes (4-1)	
4-4	11001100111	-	yes (4-2)	
5-1	0001100110011	-	-	0010101010100 (position 3, 5, 7, 9, 11)
5-2	0011001100111	yes (5-1)	-	
5-3	1110011001100	-	yes (5-1)	
5-4	1100110011000	-	yes (5-2)	
6-1	000110011001100	-	-	001010101010100 (position 3, 5, 7, 9, 11, 13)
6-2	001100110011000	yes (6-1)	-	
6-3	111001100110011	-	yes (6-1)	
6-4	110011001100111	-	yes (7-2)	

[図13]


Detection Window
width=5+2N2T
N2T=0,1,2,..
Binary Data
...0011001111 00011 11000111...
Bitwise XOR result
Main Bit Array
Group 1
00011
00011
00000 then match "1-1"
1111 then match "1-3"
else then not match
00111
Bitwise inversion
with mask "00100"
Bitwise XOR result
00000 then match "1-2"
1111 then match "1-4"
else then not match

[図14]


Detection Window
width=5+2N2T
N2T=0,1,2,..
Binary Data
...0011001111 00011 11000111...
bitL2
bitR2
00 + 0 + 11

[図15]

Main Bit Array		Judgment of Binary Data with Detection Window			
No.	Main Bit Array	Detection Window	Left 2 bits (bitL2)	Right 2 bits (bitR2)	Result
1-1	00011	5bits	00	11	Match to Main Bit Array 1-1 or 1-2
1-2	00111		00	11	
1-3	11100		11	00	Match to Main Bit Array 1-3 or 1-4
1-4	11000		11	00	
2-1	0001100	7bits	00	00	Candidate of Main Bit Array 2-1 or 2-2
2-2	0011000		00	00	
2-3	1110011		11	11	Candidate of Main Bit Array 2-3 or 2-4
2-4	1100111		11	11	
3-1	000110011	9bits	00	11	Candidate of Main Bit Array 3-1 or 3-2
3-2	001100111		00	11	
3-3	111001100		11	00	Candidate of Main Bit Array 3-3 or 3-4
3-4	110011000		11	00	
4-1	00011001100	11bits	00	00	Candidate of Main Bit Array 4-1 or 4-2
4-2	00110011000		00	00	
4-3	11100110011		11	11	Candidate of Main Bit Array 4-3 or 4-4
4-4	11001100111		11	11	
5-1	0001100110011	13bits	00	11	Candidate of Main Bit Array 5-1 or 5-2
5-2	0011001100111		00	11	
5-3	1110011001100		11	00	Candidate of Main Bit Array 5-3 or 5-4
5-4	1100110011000		11	00	
6-1	000110011001100	15bits	00	00	Candidate of Main Bit Array 6-1 or 6-2
6-2	001100110011000		00	00	
6-3	111001100110011		11	11	Candidate of Main Bit Array 6-3 or 6-4
6-4	110011001100111		11	11	

[図16]

Group No.	Detection Main Bit Array (Most Likelihood)	Secondary Likelihood Main Bit Array	Group Identification Method	Detection Window	Euclidian Distance	Hamming Distance
1-1 1-2	00X11	00X11	1-1:X=0 1-2:X=1	5bits	14	1
1-3 1-4	11X00	11X00	1-3:X=1 1-4:X=0			
2-1 2-2	00X1Y00	00X1Y00	2-1:X=0 2-2:X=1	7bits	12	2
2-3 2-4	11X0Y11	11X0Y11	2-3:X=1 2-4:X=0			
3-1 3-2	00X1Y0011	00X1Y0011	3-1:X=0 3-2:X=1	9bits	12	3
3-3 3-4	11X0Y1100	11X0Y1100	3-3:X=1 3-4:X=0			
...	...	...	...	...	...	...

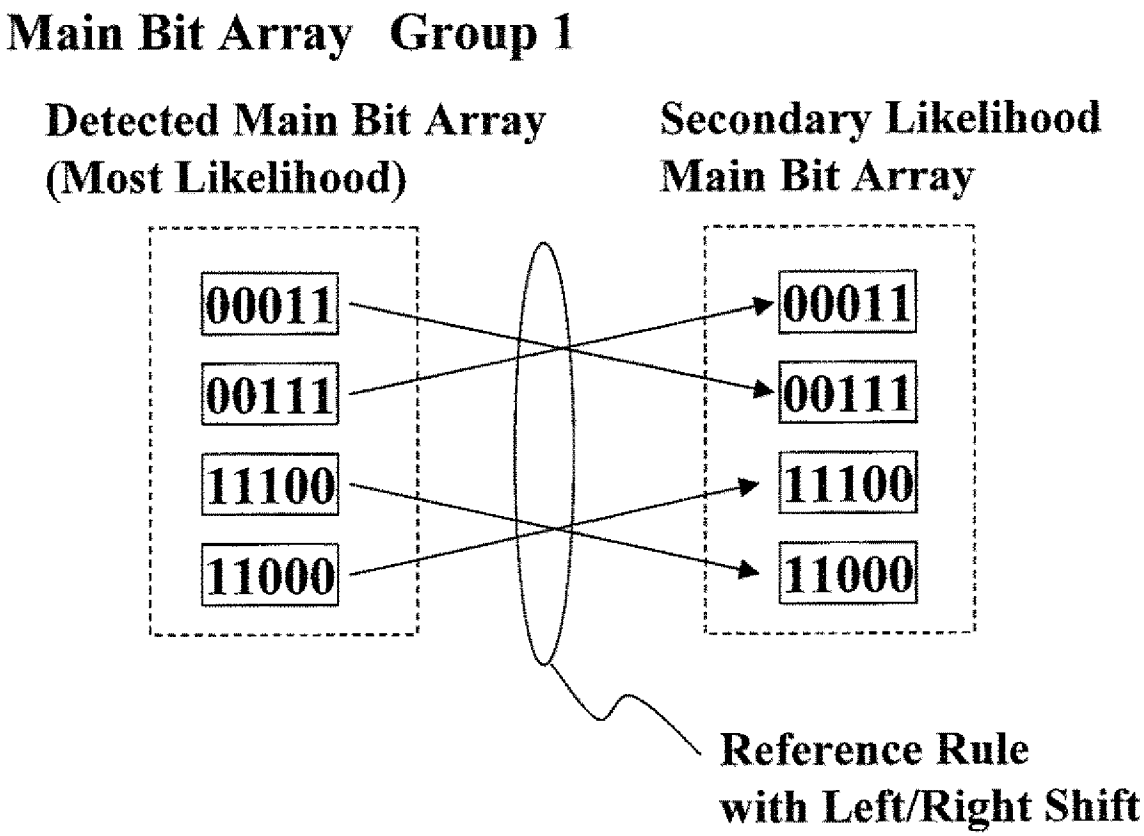
Group Identification Bits
X=0 or 1
Y=bit inversion of "X"

[図17]

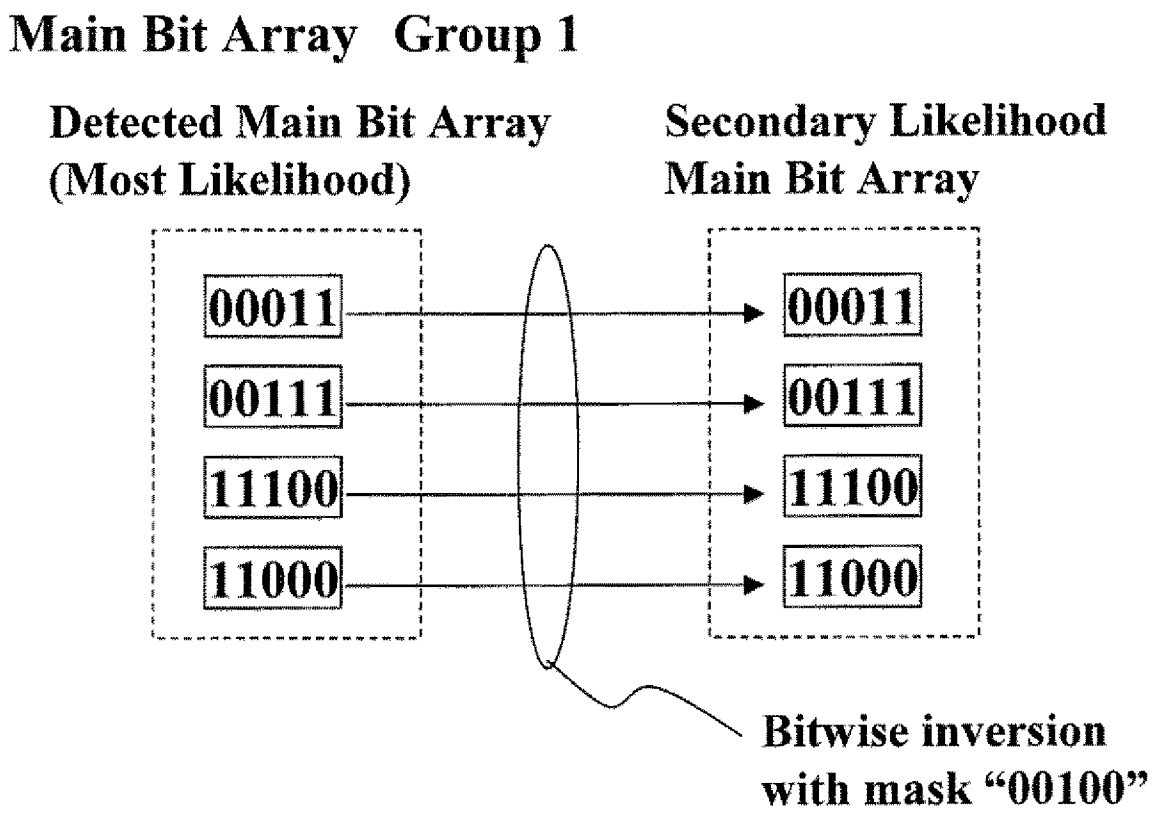
Group No.	Detection Main Bit Array (Most Likelihood)	Secondary Likelihood Main Bit Array	Group Identification Method	Detection Window	Euclidian Distance	Hamming Distance
1-1 1-2 1-3 1-4	aaXbb	aaYbb	1-1:X=0, a=0 1-2:X=1, a=0 1-3:X=1, a=1 1-4:X=0, a=1	5bits	14	1
2-1 2-2 2-3 2-4	aaXaYaa	aaYaXaa	2-1:X=0, a=0 2-2:X=1, a=0 2-3:X=1, a=1 2-4:X=0, a=1	7bits	12	2
3-1 3-2 3-3 3-4	aaXbYaabb	aaYbXaabb	3-1:X=0, a=0 3-2:X=1, a=0 3-3:X=1, a=1 3-4:X=0, a=1	9bits	12	3
...	...	...	...	...	...	...

Group Identification Bits
X=0 or 1
Y=bit inversion of "X"
Group Identification Sub Bits
a=0 or 1
b=bit inversion of "a"
Secondly Likelihood Main Bit Array
Exchange X and Y in the Detected Main Bit Array.

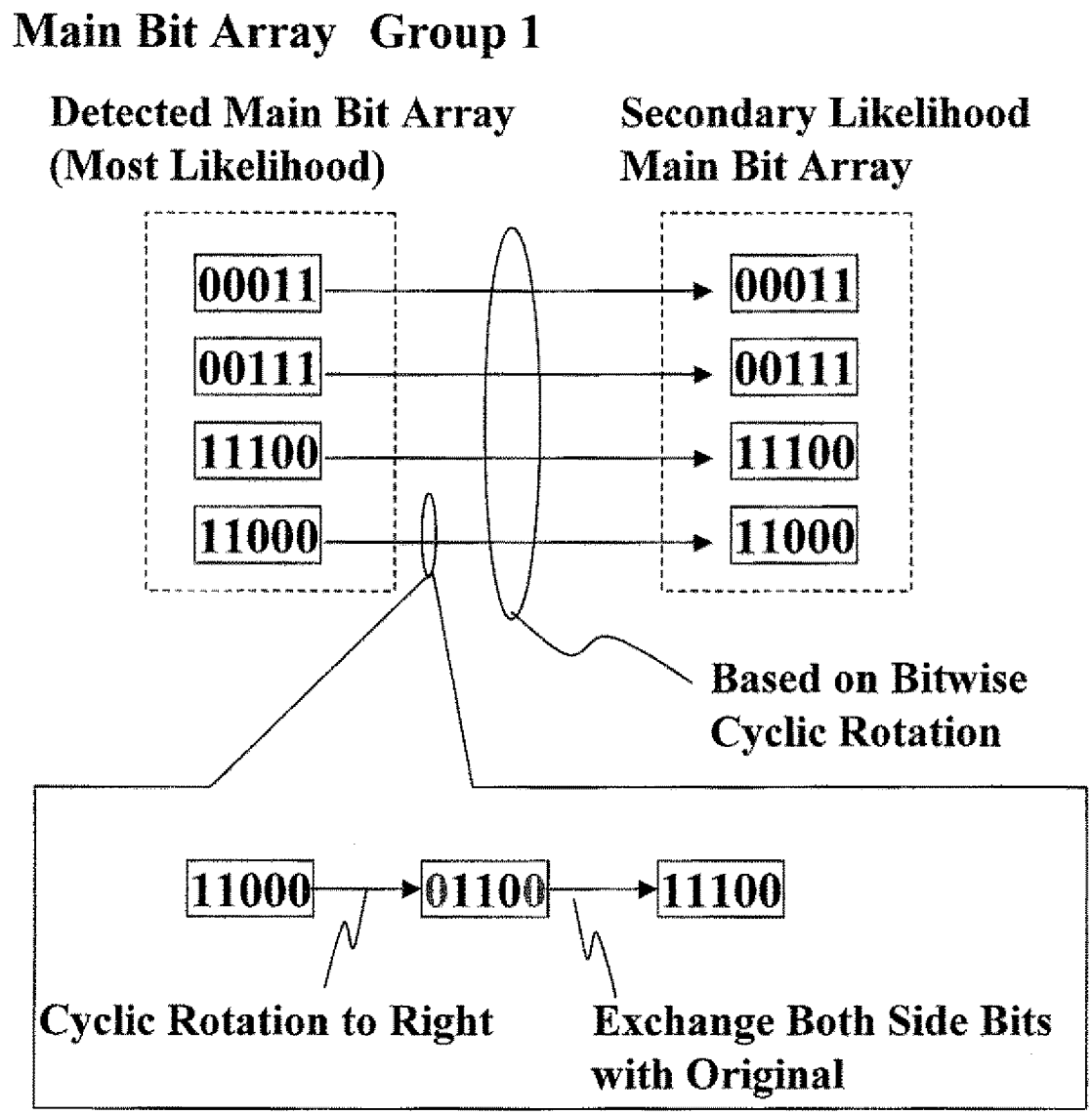
[図18]


Main Bit Array Group 1
Detected Main Bit Array
(Most Likelihood)
Secondary Likelihood
Main Bit Array
00011
00111
11100
11000
00011
00111
11100
11000
Reference Rule
with Left/Right Shift
Main Bit Array Group 2
...

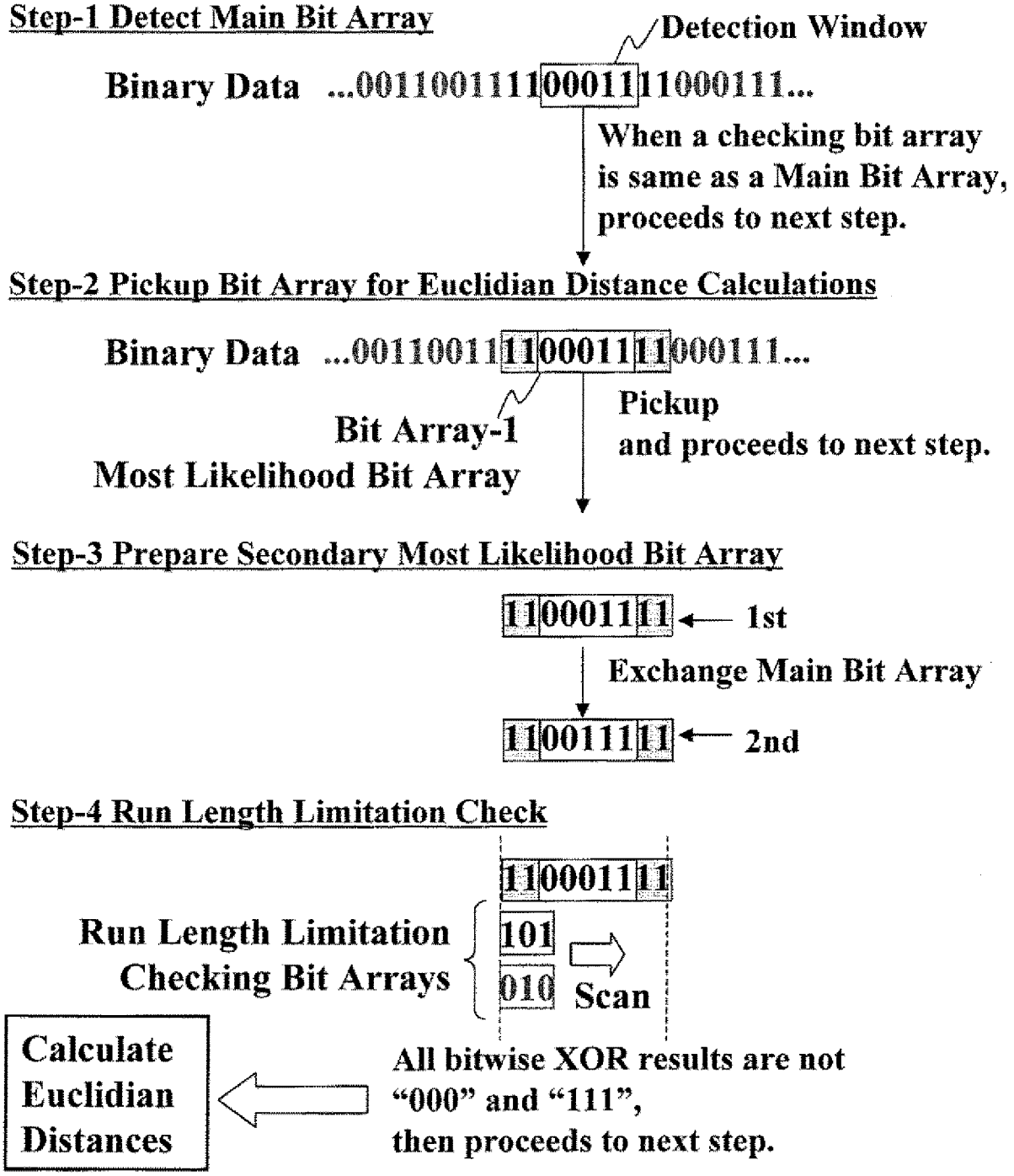
[図19]


Main Bit Array Group 1
Detected Main Bit Array
(Most Likelihood)
Secondary Likelihood
Main Bit Array
00011
00111
11100
11000
00011
00111
11100
11000
Bitwise inversion
with mask “00100”
Main Bit Array Group 2
...

[図20]


Main Bit Array Group 1
Detected Main Bit Array
(Most Likelihood)
Secondary Likelihood
Main Bit Array
00011
00111
11100
11000
00011
00111
11100
11000
Based on Bitwise
Cyclic Rotation
11000
01100
11100
Cyclic Rotation to Right
Exchange Both Side Bits
with Original
Main Bit Array Group 2
...

[図21]


Step-1 Detect Main Bit Array
Detection Window
Binary Data ...00110011110001111000111...
When a checking bit array is same as a Main Bit Array, proceeds to next step.
Step-2 Pickup Bit Array for Euclidian Distance Calculations
Binary Data ...00110011110001111000111...
Bit Array-1
Most Likelihood Bit Array
Pickup and proceeds to next step.
Step-3 Prepare Secondary Most Likelihood Bit Array
11100011 1st
Exchange Main Bit Array
11100111 2nd
Step-4 Run Length Limitation Check
11100011
Run Length Limitation Checking Bit Arrays
101
010
Scan
Calculate Euclidian Distances
All bitwise XOR results are not "000" and "111", then proceeds to next step.

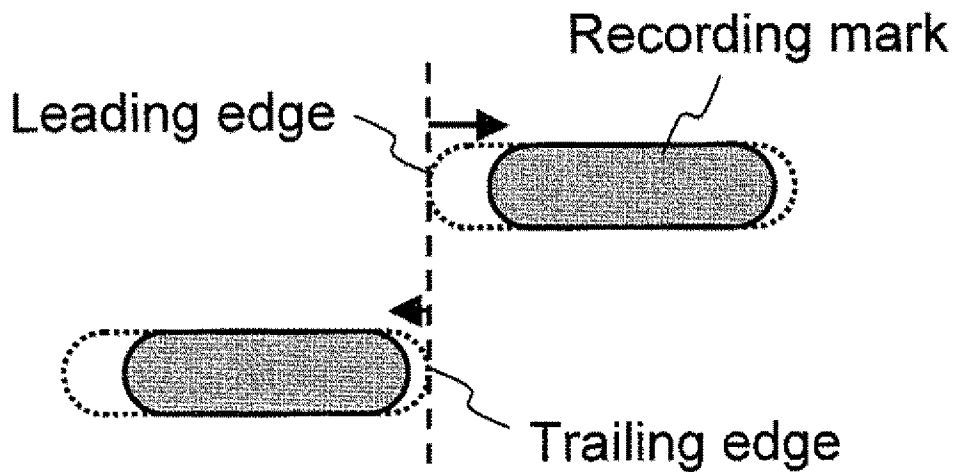
[図22]

Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

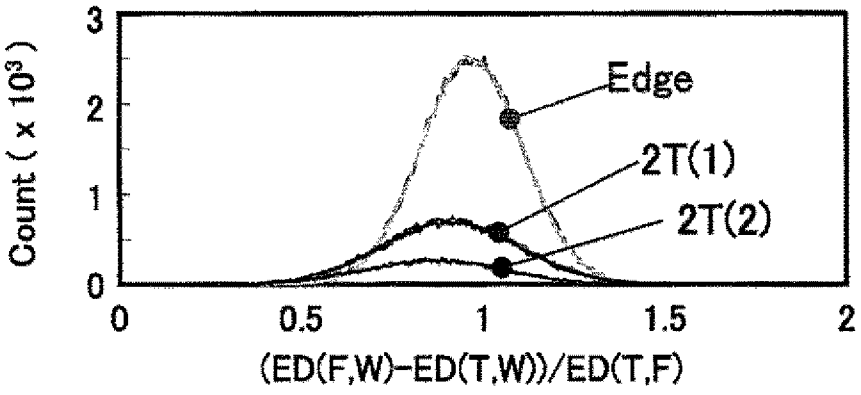
Group No.	Evaluation Bit Array	Main Bit Inversion Mask	Euclidian Distance	Hamming Distance	Shift Direction	Edge/Mark
1-1	AA00011AA	00100	14	1	Left	Leading Edge
1-2	AA00111AA	00100	14	1	Right	Leading Edge
1-3	BB11100BB	00100	14	1	Left	Trailing Edge
1-4	BB11000BB	00100	14	1	Right	Trailing Edge
2-1	AA0001100BB	0010100	12	2	Left	Mark
2-2	AA0011000BB	0010100	12	2	Right	Mark
2-3	BB1110011AA	0010100	12	2	Left	Space
2-4	BB1100111AA	0010100	12	2	Right	Space
3-1	AA000110011AA	001010100	12	3	Left	Leading Edge
3-2	AA001100111AA	001010100	12	3	Right	Leading Edge
3-3	BB111001100BB	001010100	12	3	Left	Trailing Edge
3-4	BB110011000BB	001010100	12	3	Right	Trailing Edge

AA=00, 10 or 11
BB=00, 01, or 11

[図23]

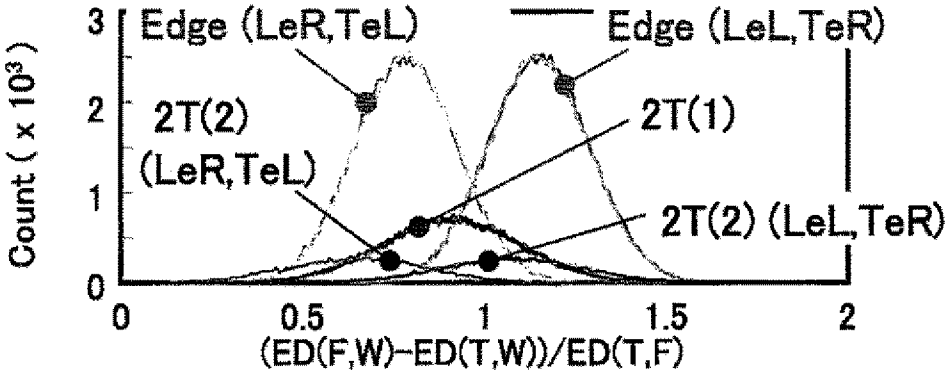


[図24A]



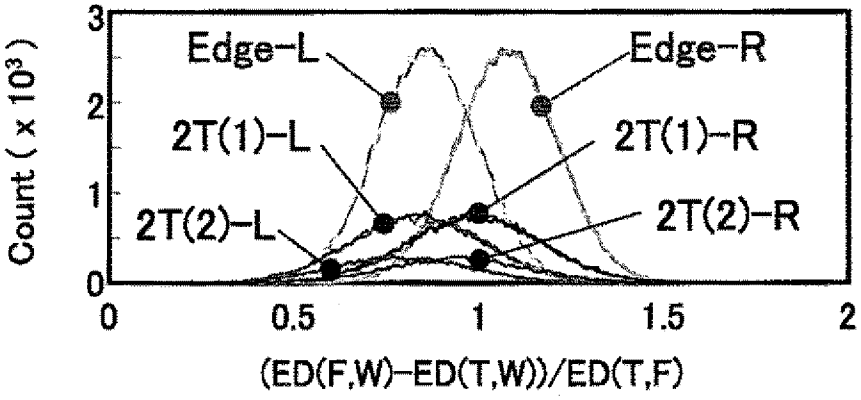
SNR = 22dB

[図24B]



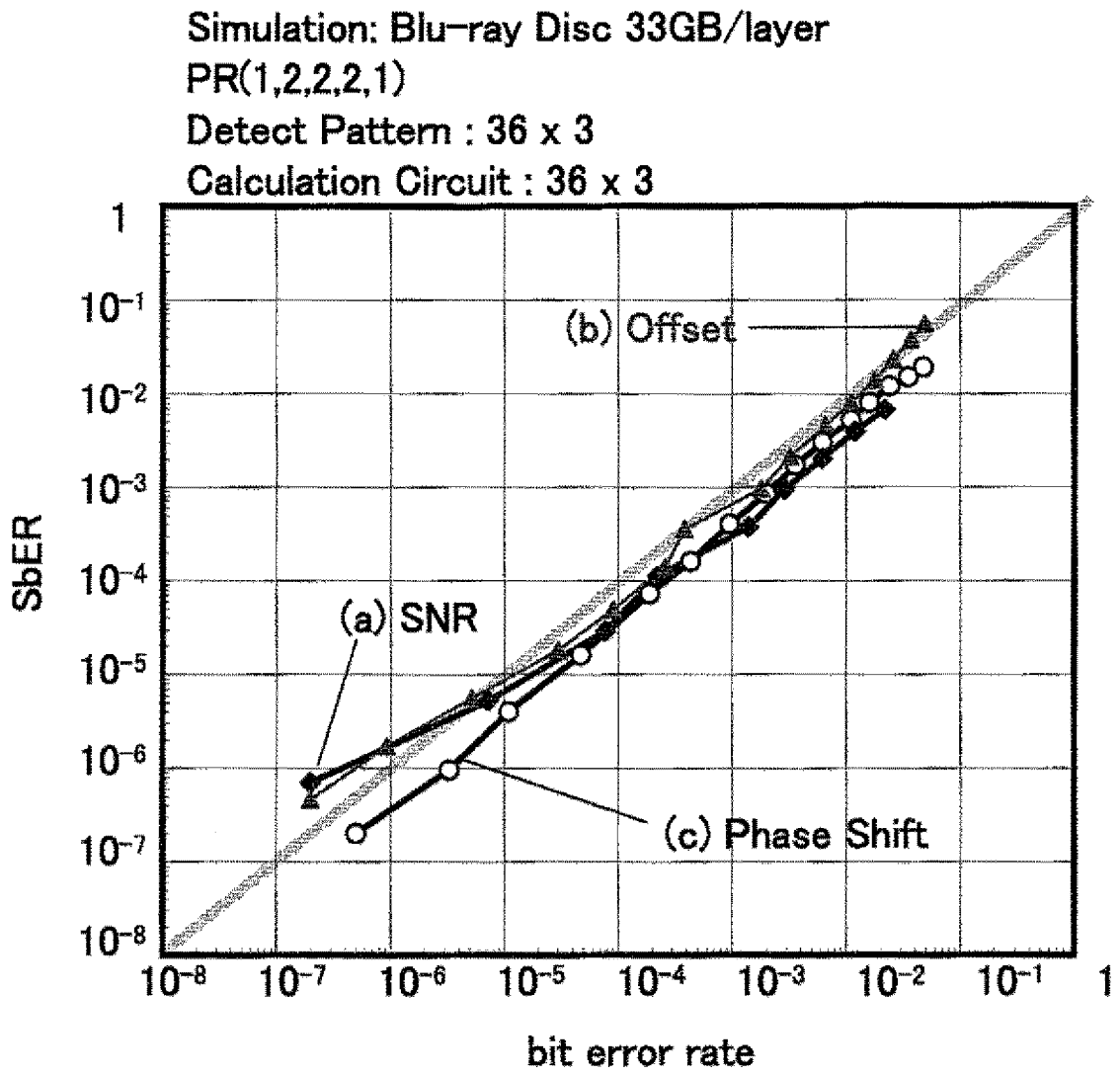
Offset = 0.02/Spp

[図24C]

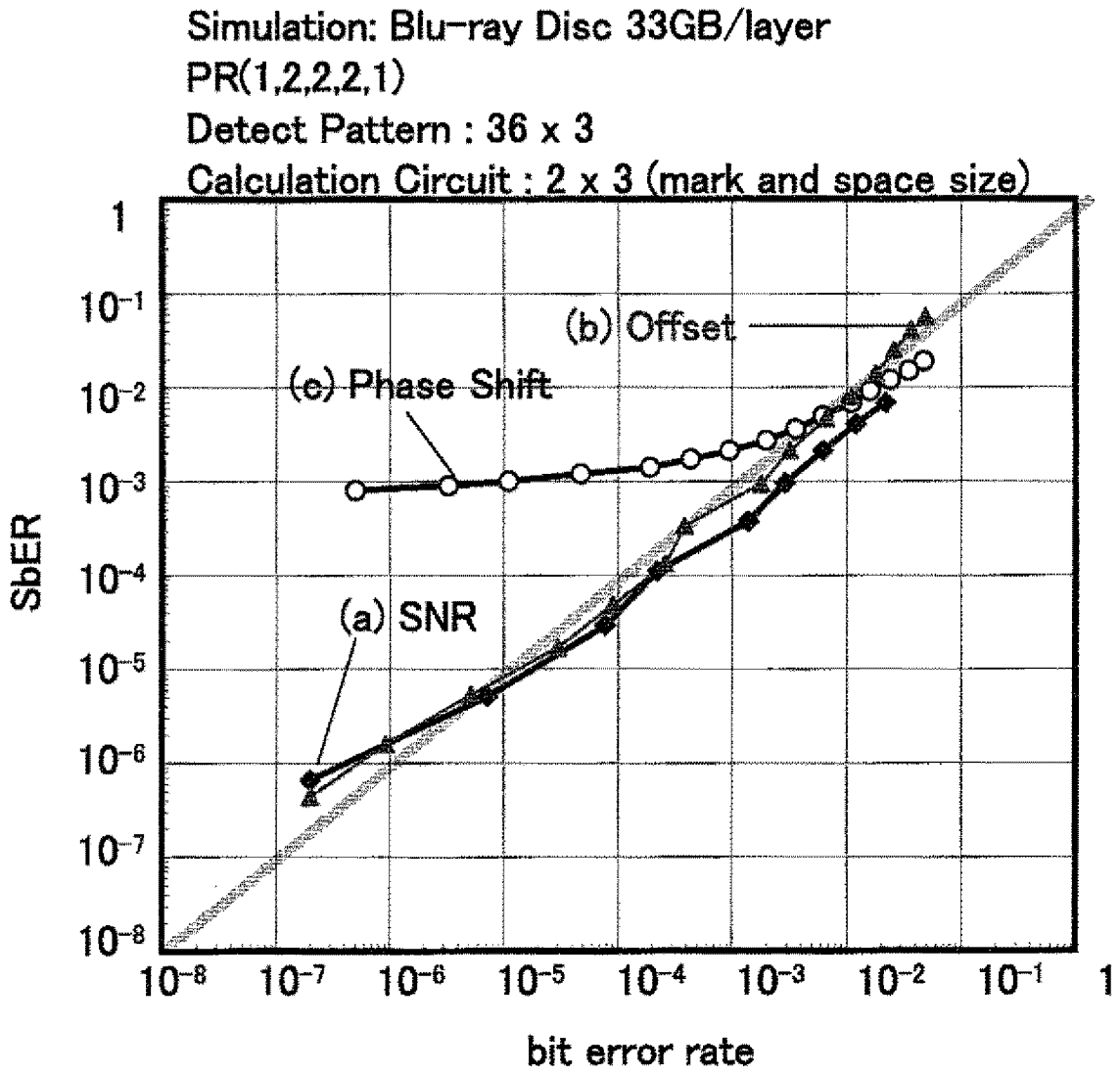


Phase Shift = 0.10/T

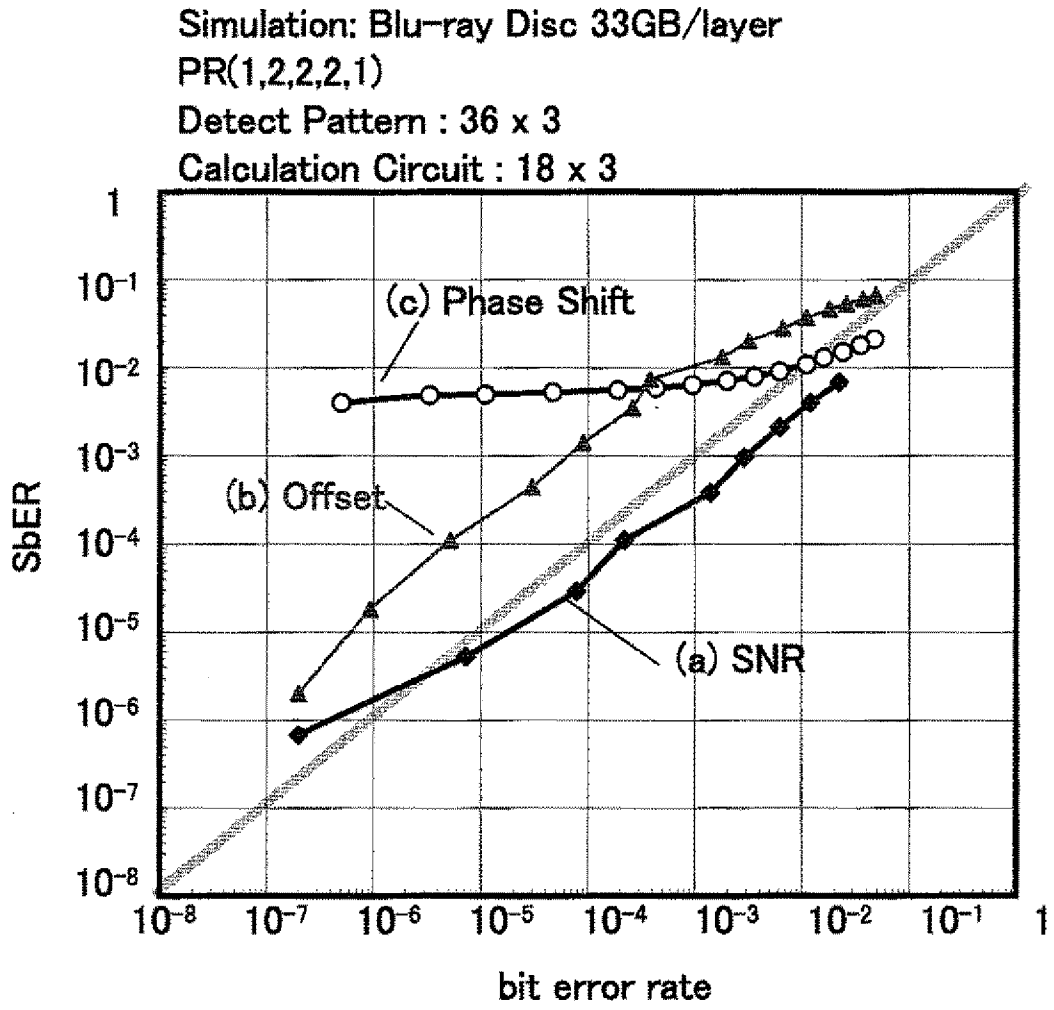
[図25]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 36 x 3
Calculation Circuit : 36 x 3
SbER
bit error rate
(a) SNR
(b) Offset
(c) Phase Shift
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

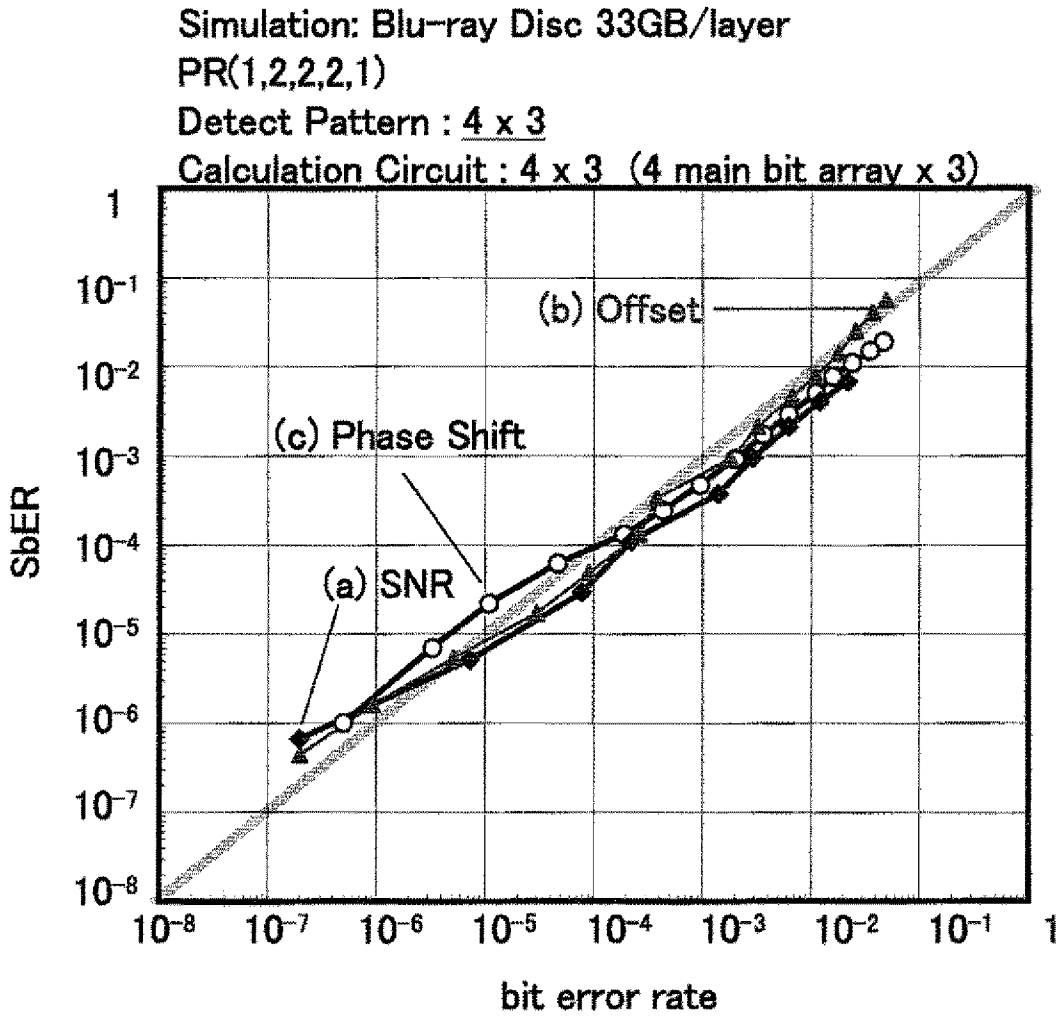
[図26]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 36 x 3
Calculation Circuit : 2 x 3 (mark and space size)
(b) Offset
(c) Phase Shift
(a) SNR
SbER
bit error rate
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

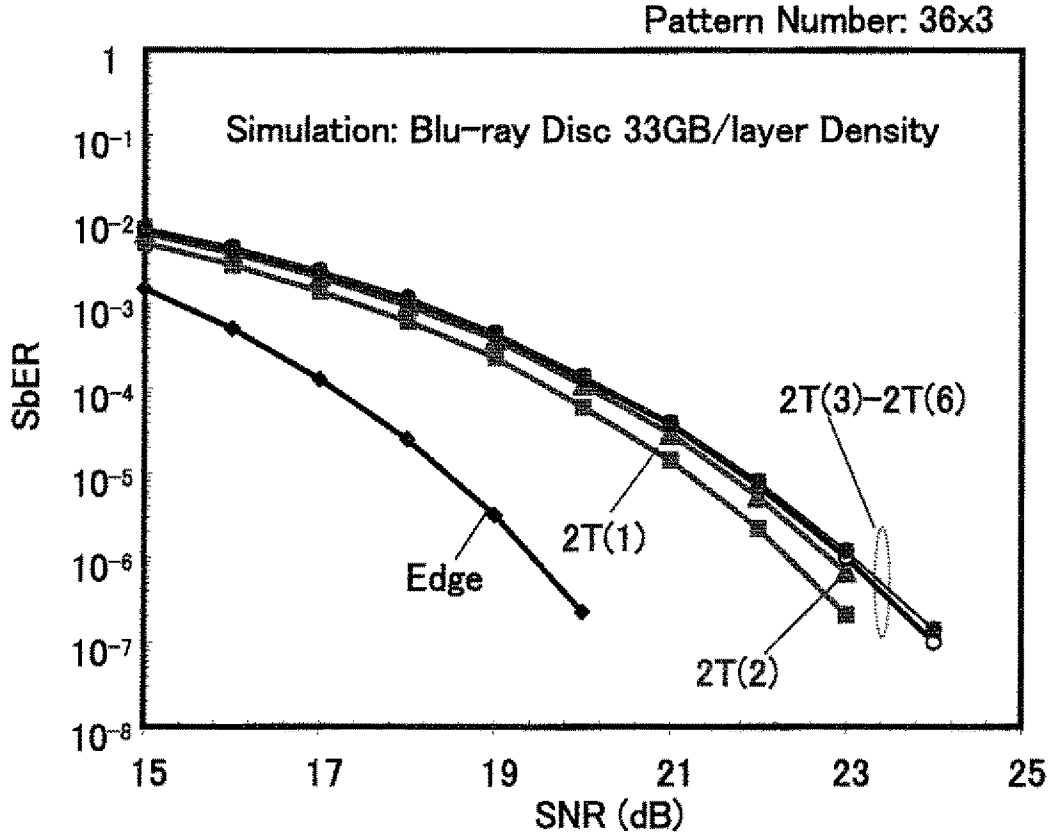
[図27]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 36 x 3
Calculation Circuit : 18 x 3
(c) Phase Shift
(b) Offset
(a) SNR
SbER
bit error rate
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

[図28]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 4 x 3 (4 main bit array x 3)
(b) Offset
(c) Phase Shift
(a) SNR
SbER
bit error rate
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

[図29]


Pattern Number: 36x3
Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer Density
SbER
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8
15
17
19
21
23
25
SNR (dB)
2T(3)-2T(6)
2T(1)
Edge
2T(2)

[図30]

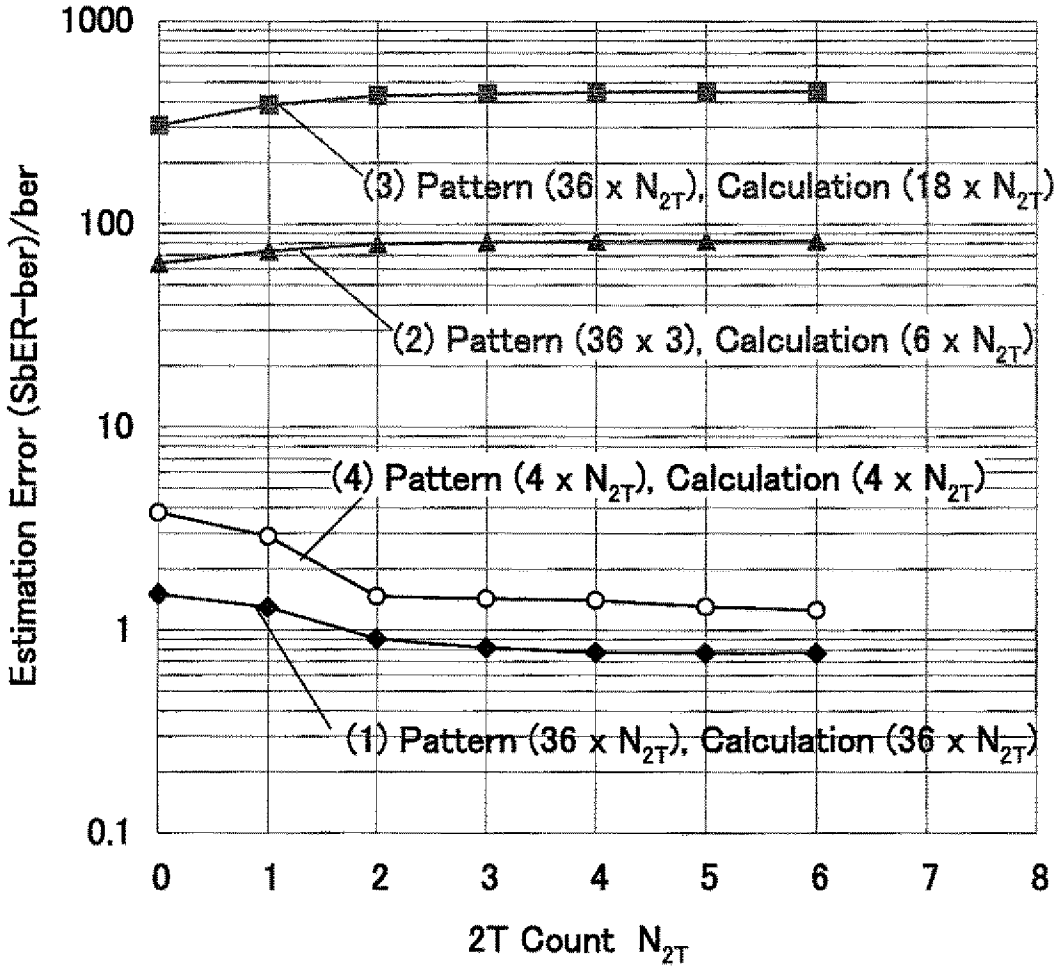
Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

Group No.	Evaluation Bit Array	Main Bit Inversion Mask	Euclidian Distance	Hamming Distance	Shift Direction	Edge/Mark
1-1	AA00011AA	00100	14	1	Left	L-Edge
1-2	AA00111AA				Right	L-Edge
1-3	BB11100BB				Left	T-Edge
1-4	BB11000BB				Right	T-Edge
2-1	AA0001100BB	0010100	12	2	Left	Mark
2-2	AA0011000BB				Right	Mark
2-3	BB1110011AA				Left	Space
2-4	BB1100111AA				Right	Space
3-1	AA000110011AA	001010100	12	3	Left	L-Edge
3-2	AA001100111AA				Right	L-Edge
3-3	BB111001100BB				Left	T-Edge
3-4	BB110011000BB				Right	T-Edge
4-1	AA000110011001BB	00101010100	12	4	Left	Mark
4-2	AA001100110000BB				Right	Mark
4-3	BB111001100111AA				Left	Space
4-4	BB110011001111AA				Right	Space
5-1	AA0001100110011AA	0010101010100	12	5	Left	L-Edge
5-2	AA0011001100111AA				Right	L-Edge
5-3	BB1110011001100BB				Left	T-Edge
5-4	BB1100110011000BB				Right	T-Edge
6-1	AA00011001100110BB	001010101010100	12	6	Left	Mark
6-2	AA00110011001100BB				Right	Mark
6-3	BB11100110011011AA				Left	Space
6-4	BB11001100110111AA				Right	Space

AA=00, 10 or 11

BB=00, 01, or 11

[図31]


1000
100
10
1
0.1
Estimation Error (SbER-ber)/ber
(3) Pattern (36 x N2T), Calculation (18 x N2T)
(2) Pattern (36 x 3), Calculation (6 x N2T)
(4) Pattern (4 x N2T), Calculation (4 x N2T)
(1) Pattern (36 x N2T), Calculation (36 x N2T)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
2T Count N2T

[図32]

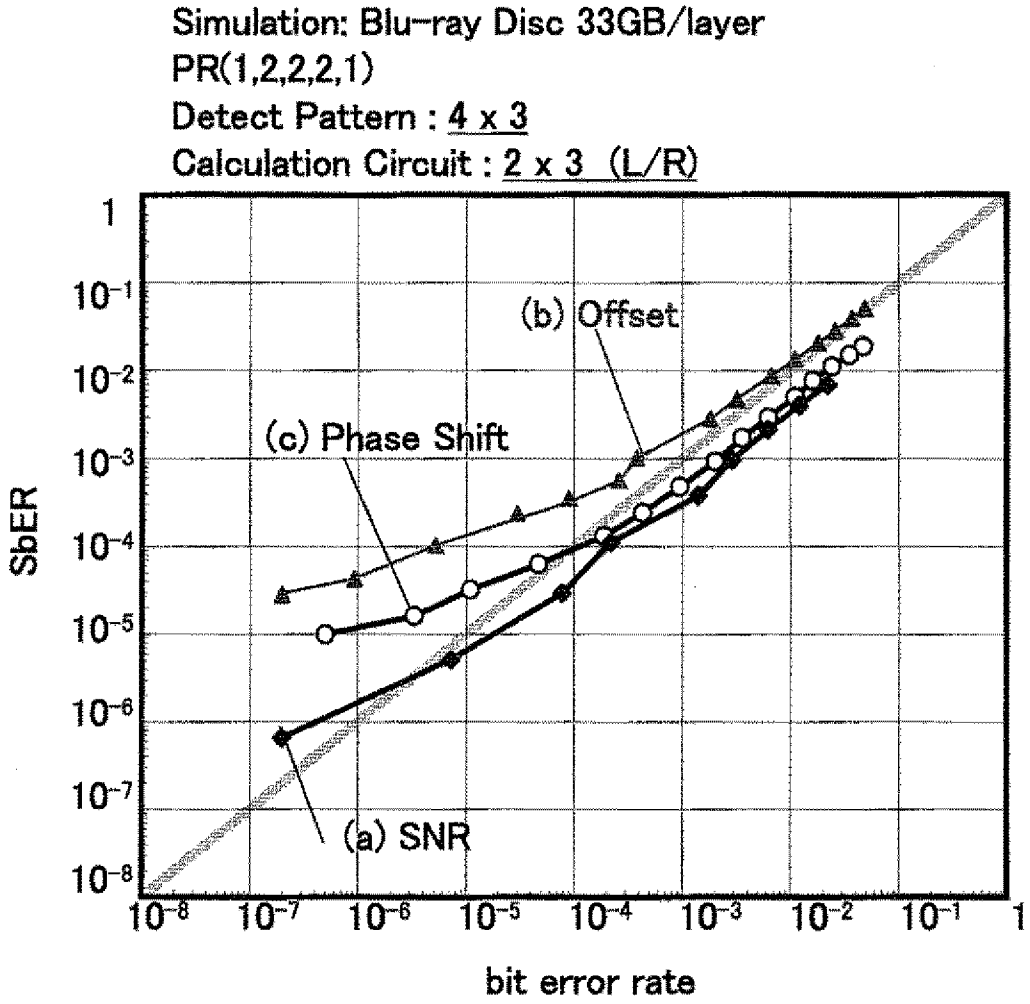
Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

Group No.	Evaluation Bit Array	Main Bit Inversion Mask	Euclidian Distance	Hamming Distance	Shift Direction
1-1	AA00011AA BB11100BB	00100	14	1	Left
1-2	AA00111AA BB11000BB				Right
2-1	AA0001100BB BB1110011AA	0010100	12	2	Left
2-2	AA0011000BB BB1100111AA				Right
3-1	AA000110011AA BB111001100BB	001010100	12	3	Left
3-2	AA001100111AA BB110011000BB				Right
...	...	...	...	...	...

AA=00, 10 or 11

BB=00, 01, or 11

[図33]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 2 x 3 (L/R)
SbER
bit error rate
(b) Offset
(c) Phase Shift
(a) SNR
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

[図34]

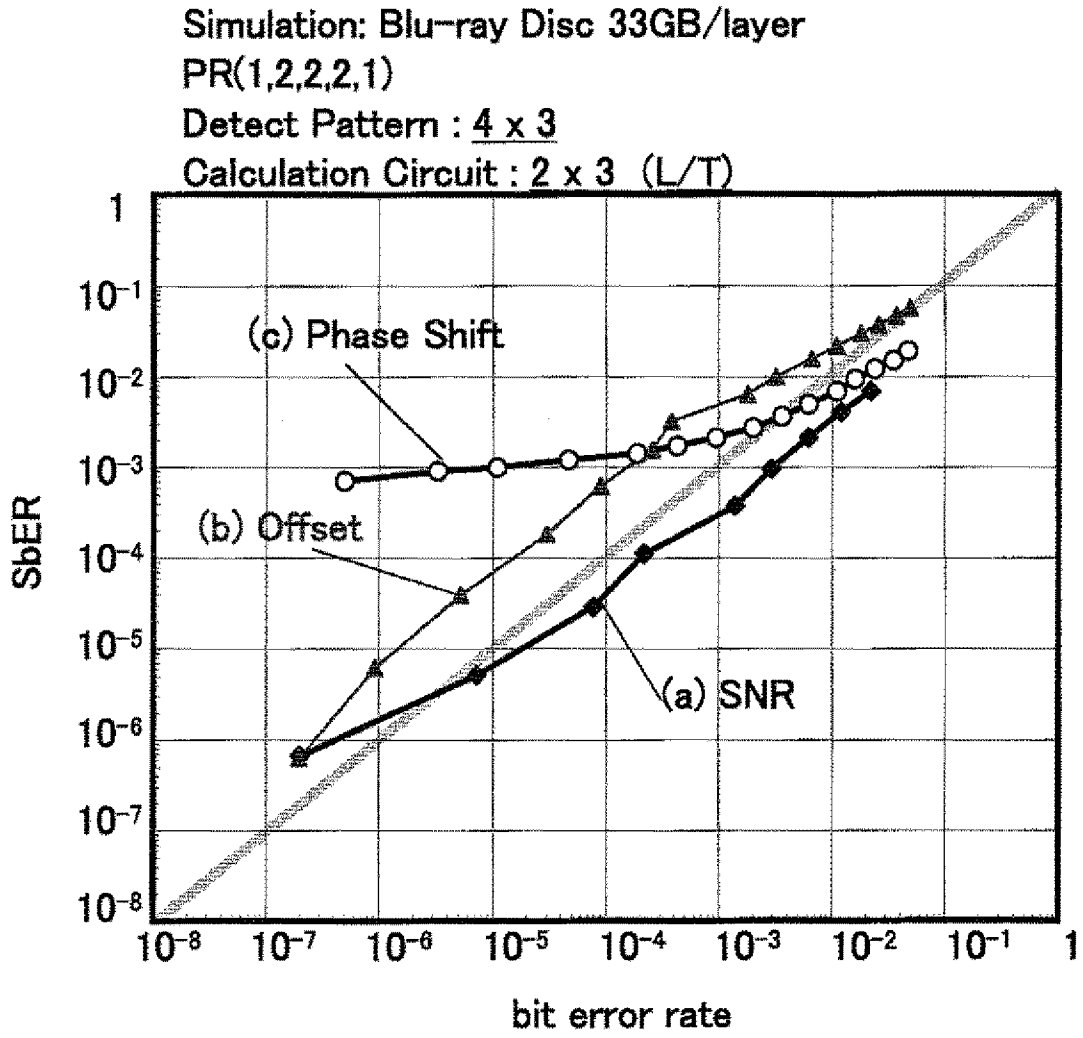
Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

Group No.	Evaluation Bit Array	Main Bit Inversion Mask	Euclidian Distance	Hamming Distance	Edge/Mark
1-1	AA00011AA AA00111AA	00100	14	1	L-Edge
1-3	BB11100BB BB11000BB				T-Edge
2-1	AA0001100BB AA0011000BB	0010100	12	2	Mark
2-3	BB1110011AA BB1100111AA				Space
3-1	AA000110011AA AA001100111AA	001010100	12	3	L-Edge
3-3	BB111001100BB BB110011000BB				T-Edge
...	...	...	...	...	...

AA=00, 10 or 11

BB=00, 01, or 11

[図35]


Simulation: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 2 x 3 (L/T)
(c) Phase Shift
(b) Offset
(a) SNR
SbER
bit error rate
1
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8

[図36]

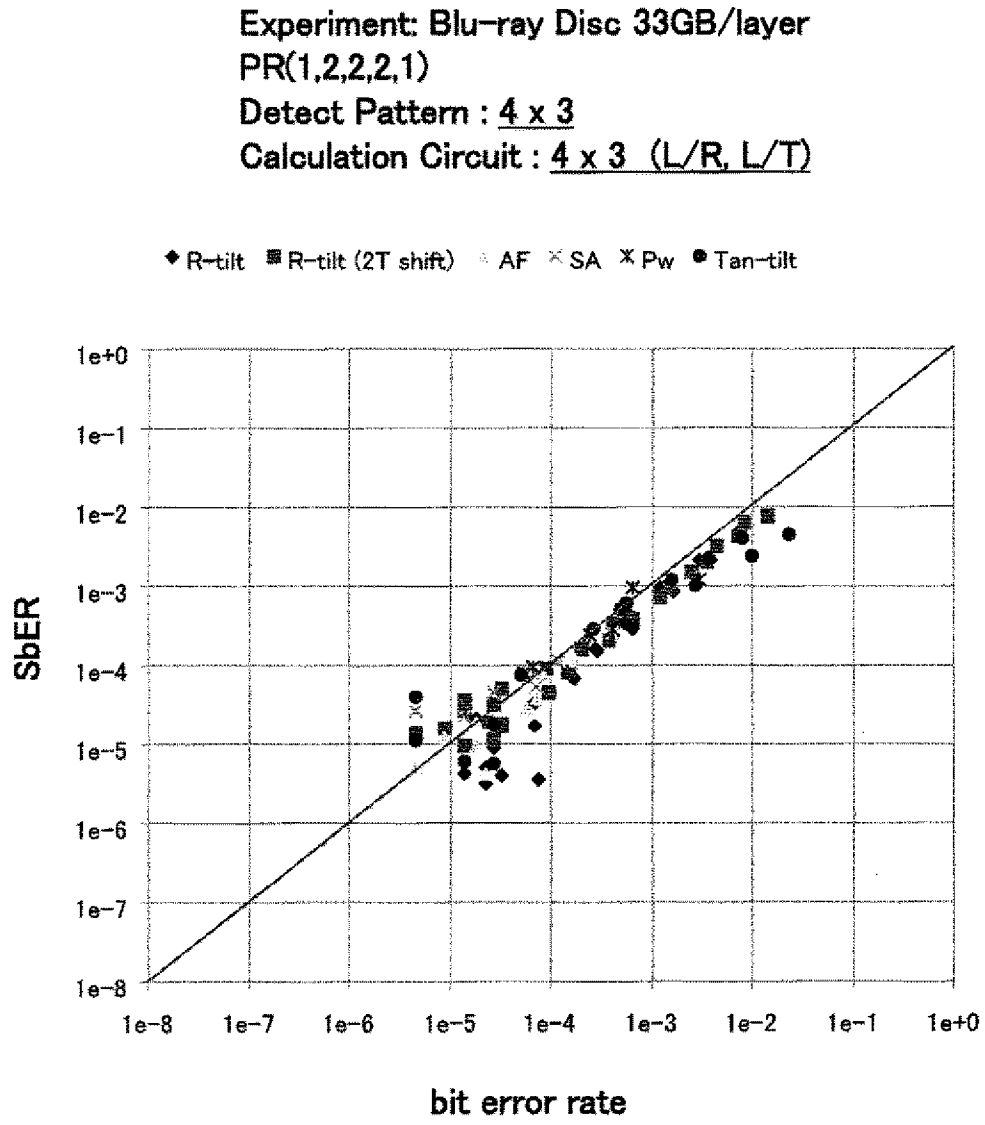
Constrained length=5, PR(C0,C1,C2,C1,C0)

Group No.	Evaluation Bit Array	Main Bit Inversion Mask	Euclidian Distance	Hamming Distance	Direction
1-1	AA00011AA BB11000BB	00100	14	1	Mark Large
1-2	AA00111AA BB11100BB				Space Large
2-1	AA0001100BB BB1100111AA	0010100	12	2	Mark Large
2-2	AA0011000BB BB1110011AA				Space Large
3-1	AA000110011AA BB110011000BB	001010100	12	3	Mark Large
3-2	AA001100111AA BB111001100BB				Space Large
...	...	...	...	...	...

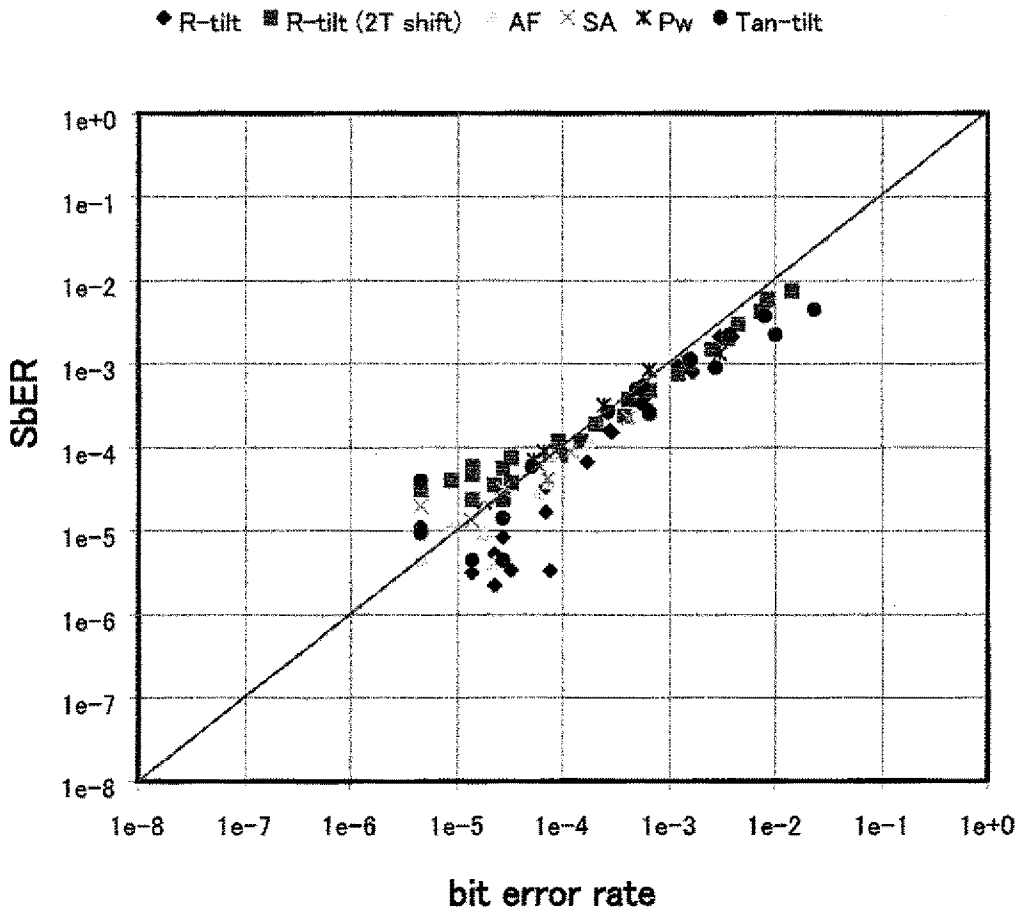
AA=00, 10 or 11

BB=00, 01, or 11

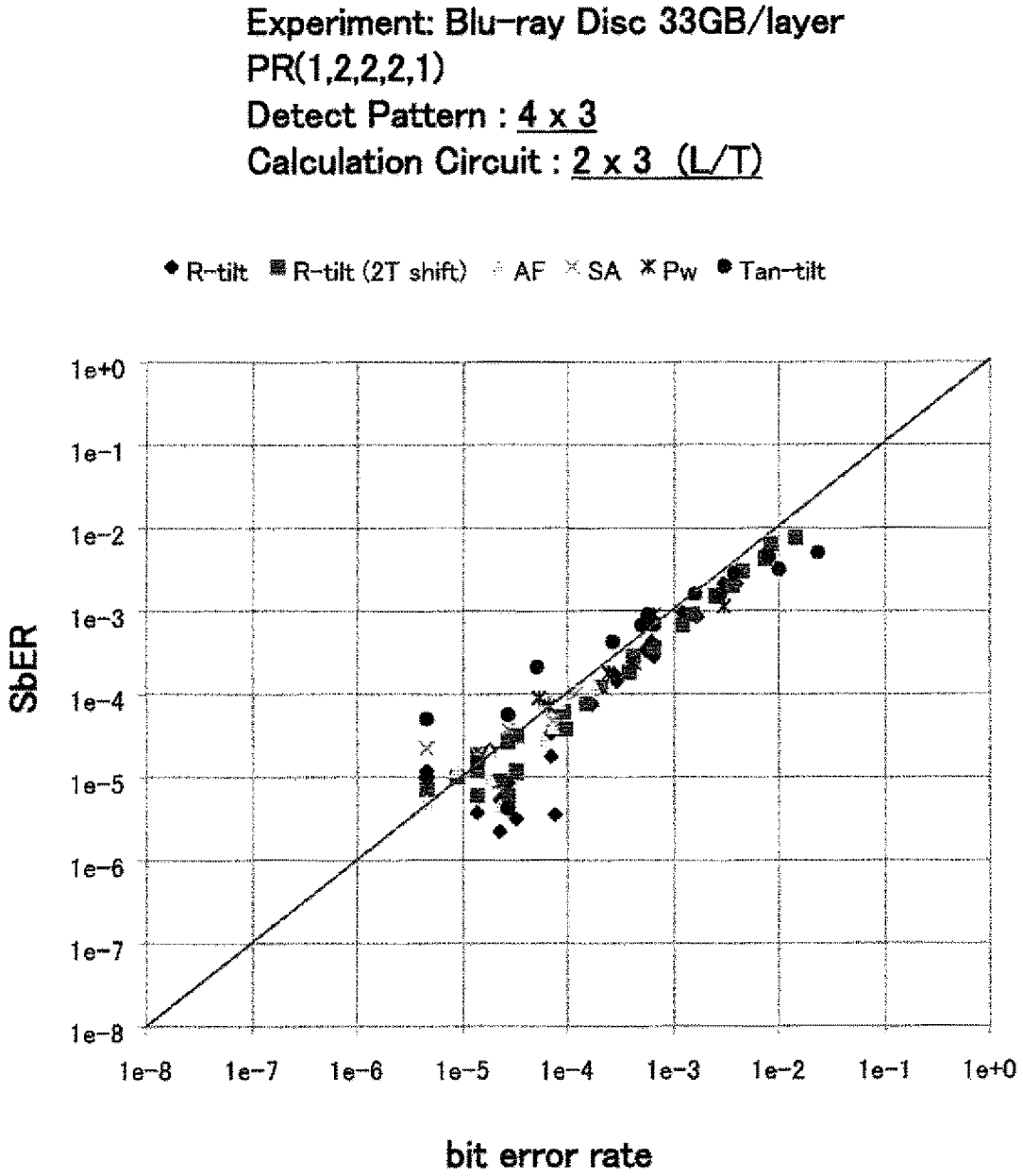
[図37]


Experiment: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 4 x 3 (L/R, L/T)
R-tilt
R-tilt (2T shift)
AF
SA
Pw
Tan-tilt
SbER
1e+0
1e-1
1e-2
1e-3
1e-4
1e-5
1e-6
1e-7
1e-8
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
1e-1
1e+0
bit error rate

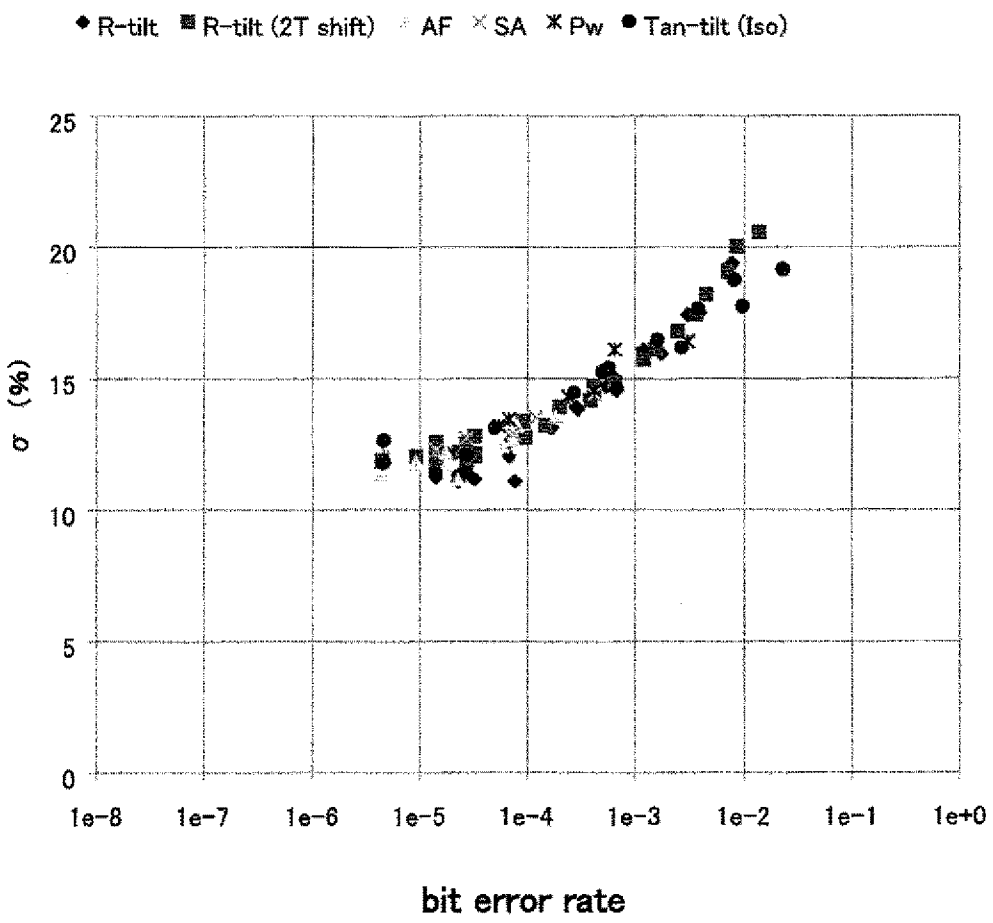
[図38]


Experiment: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 2 x 3 (L/R)
R-tilt
R-tilt (2T shift)
AF
SA
Pw
Tan-tilt
SbER
1e+0
1e-1
1e-2
1e-3
1e-4
1e-5
1e-6
1e-7
1e-8
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
1e-1
1e+0
bit error rate

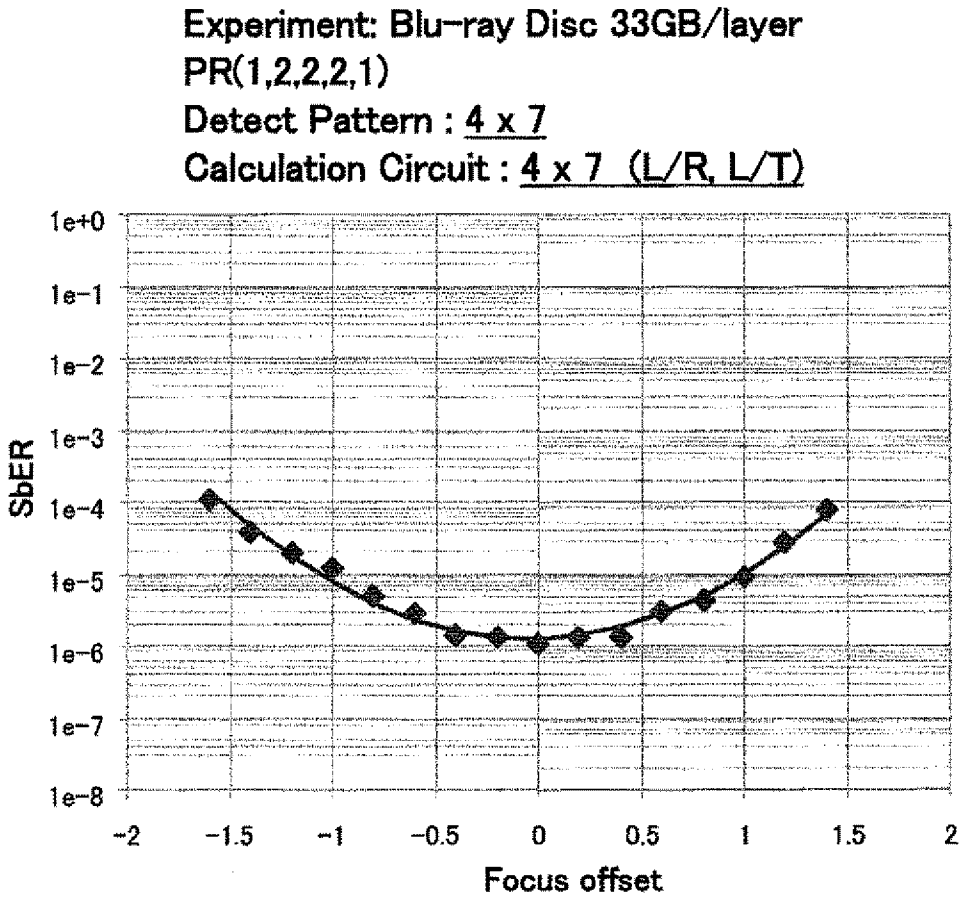
[図39]


Experiment: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 2 x 3 (L/T)
R-tilt
R-tilt (2T shift)
AF
SA
Pw
Tan-tilt
SbER
1e+0
1e-1
1e-2
1e-3
1e-4
1e-5
1e-6
1e-7
1e-8
bit error rate

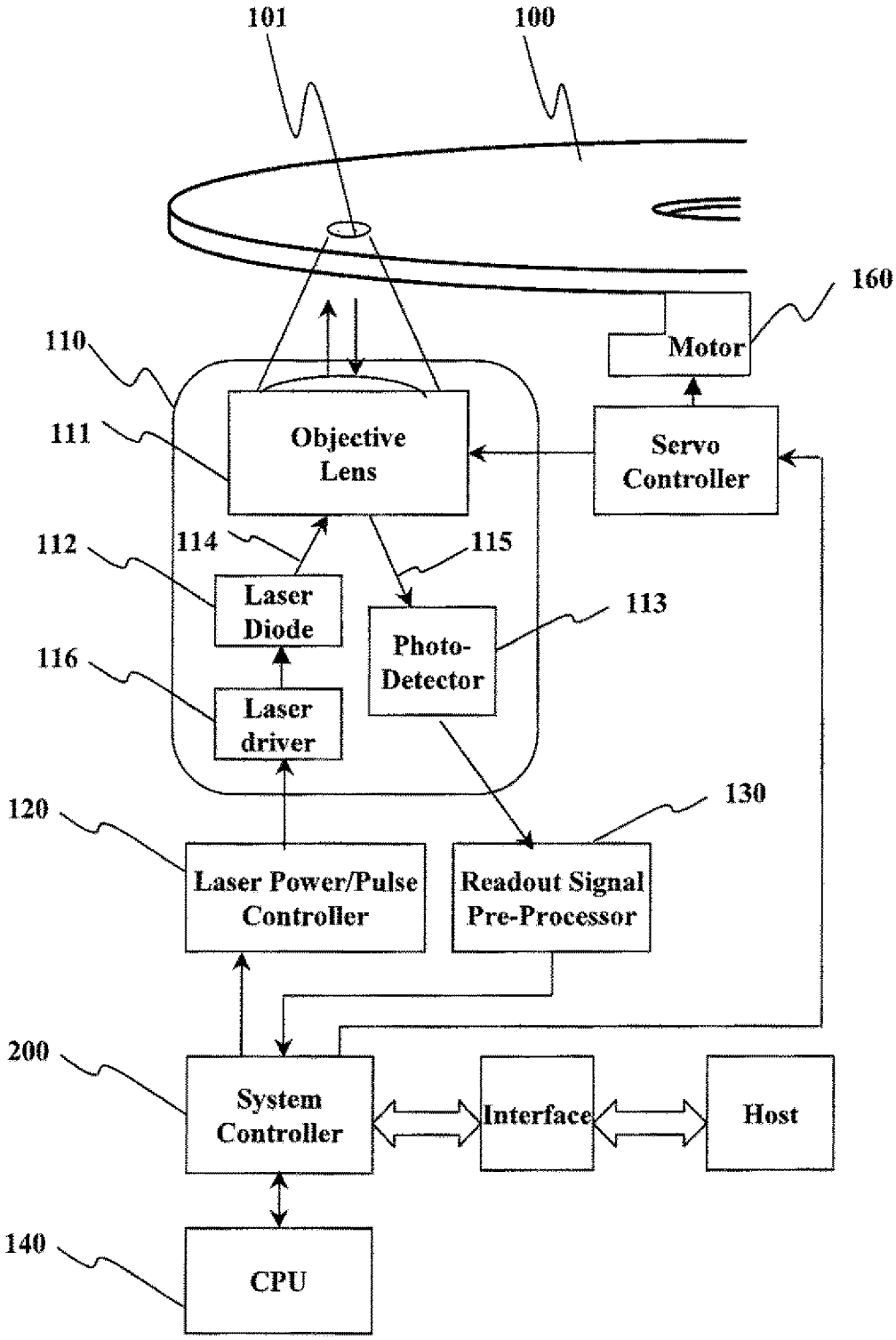
[図40]


Experiment: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 3
Calculation Circuit : 4 x 3 (L/R, L/T)
R-tilt
R-tilt (2T shift)
AF
SA
Pw
Tan-tilt (Iso)
σ (%)
25
20
15
10
5
0
1e-8
1e-7
1e-6
1e-5
1e-4
1e-3
1e-2
1e-1
1e+0
bit error rate

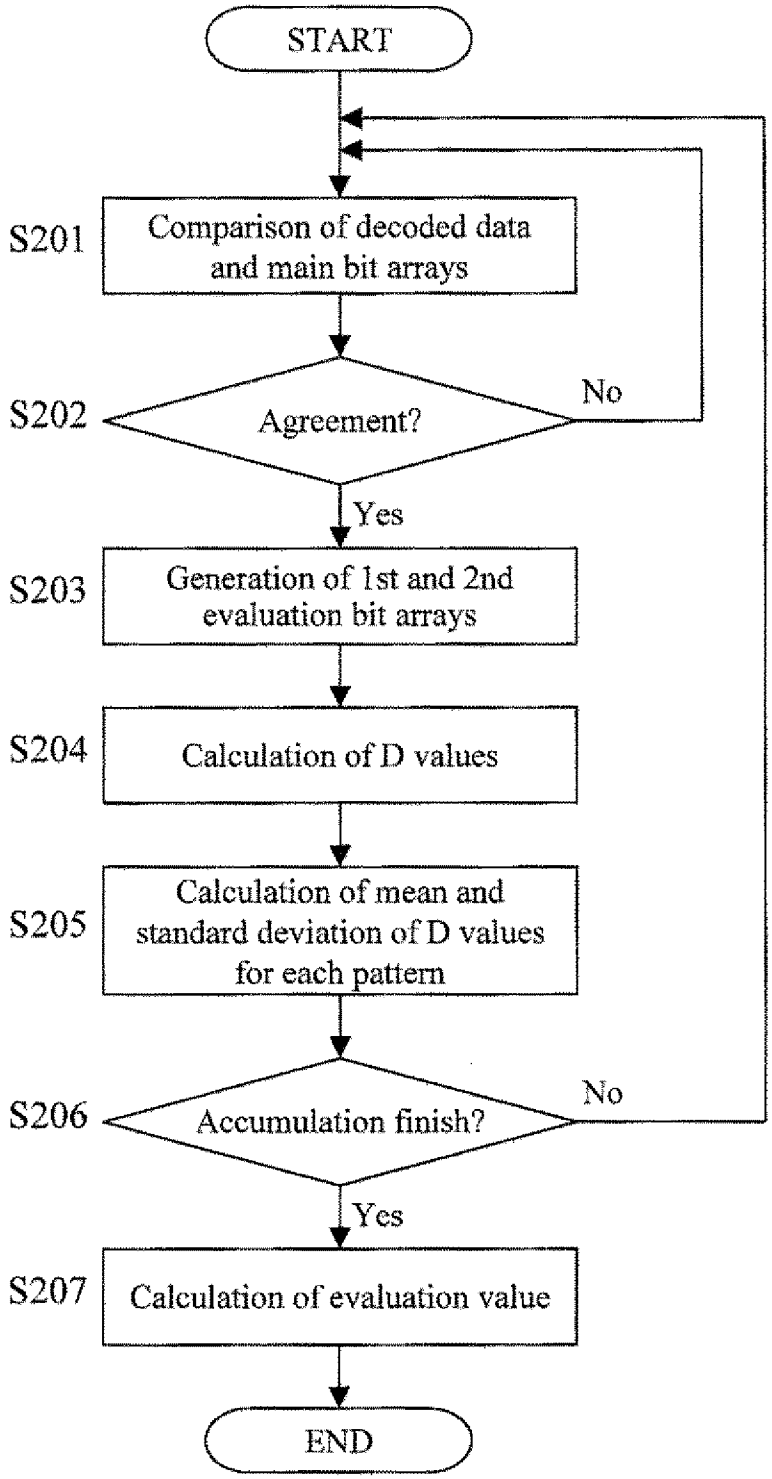
[図41]


Experiment: Blu-ray Disc 33GB/layer
PR(1,2,2,2,1)
Detect Pattern : 4 x 7
Calculation Circuit : 4 x 7 (L/R, L/T)
SbER
1e+0
1e-1
1e-2
1e-3
1e-4
1e-5
1e-6
1e-7
1e-8
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2
Focus offset

[図42]


101
100
160
110
Motor
111
Objective Lens
Servo Controller
112
114
115
Laser Diode
113
Photo-Detector
116
Laser driver
120
130
Laser Power/Pulse Controller
Readout Signal Pre-Processor
200
System Controller
Interface
Host
140
CPU

[図43]


START
S201
Comparison of decoded data and main bit arrays
S202
Agreement?
No
Yes
S203
Generation of 1st and 2nd evaluation bit arrays
S204
Calculation of D values
S205
Calculation of mean and standard deviation of D values for each pattern
S206
Accumulation finish?
No
Yes
S207
Calculation of evaluation value
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/051229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G11B20/18(2006.01)i, *G11B7/005*(2006.01)i, *G11B20/14*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G11B20/18, G11B7/005, G11B20/14

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 2006-318548 A (Sony Corp.), 24 November 2006 (24.11.2006), paragraphs [0026] to [0032], [0068] to [0105]; fig. 2, 12, 13, 15 (Family: none)	1-14
A	JP 2008-047181 A (Sony NEC Optiarc Inc.), 28 February 2008 (28.02.2008), entire text; all drawings & WO 2008/018356 A1 & EP 2051256 A1	1-14
A	JP 2004-335079 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 November 2004 (25.11.2004), entire text; all drawings & US 2005/0078579 A1 & EP 1473723 A2	1-14

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 April, 2010 (06.04.10)	13 April, 2010 (13.04.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/051229

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 2003-272304 A (Toshiba Corp.), 26 September 2003 (26.09.2003), entire text; all drawings & US 2003/0174622 A1 & US 2006/0280093 A1	1-14
A	JP 2004-253114 A (NEC Corp., Toshiba Corp.), 09 September 2004 (09.09.2004), entire text; all drawings & US 2004/0209293 A1 & EP 1443509 A2	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５１２２９

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, G11B7/005(2006.01)i, G11B20/14(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, G11B7/005, G11B20/14

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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 2006-318548 A（ソニー株式会社）2006.11.24, 段落【００２６】－【００３２】,【００６８】－【０１０５】, 図２，図１２，図１３，図１５（ファミリーなし）	１－１４
A	JP 2008-047181 A（ソニーＮＥＣオプティアーク株式会社） 2008.02.28, 全文, 全図 & WO 2008/018356 A1 & EP 2051256 A1	１－１４
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	１－１４

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

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０６．０４．２０１０	国際調査報告の発送日 １３．０４．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　５Ｄ　３９９６ 堀　洋介 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2003-272304 A (株式会社東芝) 2003.09.26, 全文，全図 & US 2003/0174622 A1 & US 2006/0280093 A1	１－１４
A	JP 2004-253114 A (日本電気株式会社，株式会社東芝) 2004.09.09, 全文，全図 & US 2004/0209293 A1 & EP 1443509 A2	１－１４