

(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
2013 年 12 月 12 日(12.12.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/183385 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 20/18 (2006.01) *H03M 13/41* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/062487
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 26 日(26.04.2013)
- (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 2012-126966 2012 年 6 月 4 日(04.06.2012) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社(SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 白石 淳也(SHIRAISHI, Junya); 〒1080075 東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷 3-1-3 第一富澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).

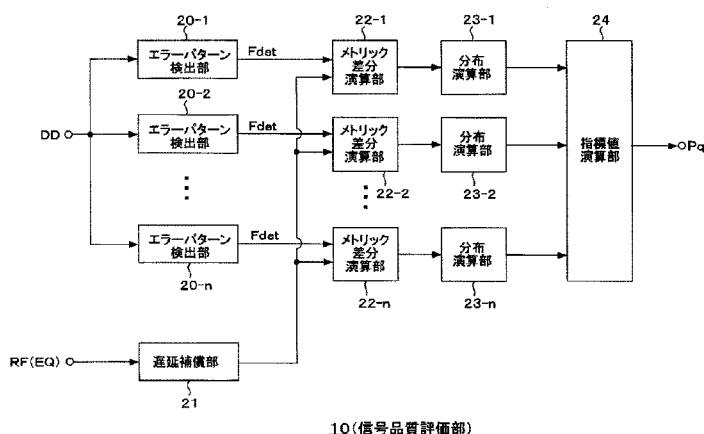
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SIGNAL QUALITY EVALUATION DEVICE, SIGNAL QUALITY EVALUATION METHOD, AND PLAYBACK DEVICE

(54) 発明の名称: 信号品質評価装置、信号品質評価方法、再生装置



- 10 (Signal quality evaluation part)
20-1, 20-2, 20-n Error pattern detection part
21 Delay compensation part
22-1, 22-2, 22-n Metric difference operation part
23-1, 23-2, 23-n Distribution operation part
24 Index value operation part

(57) Abstract: [Problem] To increase the precision of a signal quality evaluation for the playback signal of a high-density recording. [Solution] Input is made of binarized data obtained by subjecting bit information playback signals to partial response equalization and maximum likelihood decoding. Detection is made of one or a plurality of characteristic error patterns, which are bit patterns that are longer than the constraint length of PRML decoding. In particular, an error pattern having a high bit-error occurrence is assumed to be a characteristic error pattern. The metric difference is calculated for the detected characteristic error pattern, and the index value of playback signal quality is generated using the metric difference distribution.

(57) 要約: 【課題】高密度記録の再生信号に対して信号品質評価の精度を高める。【解決手段】ビット情報の再生信号についてパースナルレスポンス等化処理及び最尤復号処理を行って得られた2値化データを入力する。そしてPRML復号処理の拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを検出する。特にビットエラーの発生頻度が高いエラーパターンを特定エラーパターンとする。そして検出された特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出し、メトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する。

て、メトリック差分を算出し、メトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する。

WO 2013/183385 A1

明 細 書

発明の名称： 信号品質評価装置、信号品質評価方法、再生装置 技術分野

[0001] 本開示は、例えば記録媒体からの再生信号などに対しPRML (Partial Response Maximum Likelihood) による復号処理を行う場合に好適な信号品質評価装置、信号品質評価方法、及びこのような信号品質評価装置を備えて情報の再生を行う再生装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば記録媒体の一例としての光ディスクでいえば、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc)、BD (Blu-ray Disc (登録商標)) が広く普及しているが、これらは高密度記録化の歴史を示すものでもある。

特にBDレベルの高密度記録となると、ビット検出方法としてパーシャルレスポンス最尤 (PRML) 検出とよばれる手法が用いる方法が一般的となってきた。

[0003] 公知のように、PRMLとは、パーシャルレスポンスという過程と最尤検出という技術を組み合わせた技術である。パーシャルレスポンスとは、1ビットの入力に対して、1ビットよりも長く出力を返す過程、すなわち、出力を複数の入力ビットで決定する過程のことをいい、特にブルーレイディスクなどの光ディスクでよく用いられるような、再生信号が、連続する4ビットの情報ビットの入力に対してこれらを順に1、2、2、1を乗じて加算した信号として得られる過程は、PR (1, 2, 2, 1) と表現される。

また、最尤検出とは、二つの信号列間にパスメトリックとよばれる距離を定義して、実際の信号と想定されるビット系列から予想される信号との間の距離を調べて、その距離が最も近くなるようなビット系列を検出する方法である。なお、ここで、パスメトリックとは、同じ時刻での2つの信号の振幅差の二乗を全時刻にわたって加算した距離として定義される距離である。ま

た、この距離を最小とするビット系列の探索には、ビタビ検出をもちいる。

これらを組み合わせたパーシャルレスポンス最尤検出は、記録媒体のビット情報から得られた信号をイコライザとよばれるフィルタでパーシャルレスポンスの過程となるように調整し、得られた再生信号と想定されるビット系列のパーシャルレスポンスとの間のパスメトリックを調べて、その距離が最も近くなるようなビット系列を検出する方法である。

[0004] 光ディスクの再生信号品質の評価方法としては、PRML検出原理に基づき、ビタビ検出器のパス選択の余裕度を示す、メトリック差分（SAM値とも呼ばれる）の分布を用いる方法がすでに一般的になっている。

例えば上記の特許文献1，2，3，4等で、従来の光ディスクの高密度記録時にもPRMLのエラーレートと良好な相関をもつ信号品質評価方法が示されている。

そのいずれにおいても、実際に使用されるPRMLのクラスにおいて、統計的にエラー発生頻度の高い幾つかのエラーパターンを抽出し、その各々に対し指標値を求め、それらを統合して指標値を構成している。

これは、エラーパターン毎に、メトリック差分の分布（分布平均値および分散）が異なるため、単一の分布として取り扱う事が出来ない理由による。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3857685号公報

特許文献2：特許第3711140号公報

特許文献3：特許第4750488号公報

特許文献4：国際公開第2010/001588号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 一方、従来の光ディスクからさらに線方向密度を上げ、例えばBD相当で記録層1層につき40GBを超えるような超高密度記録を行うことが検討さ

れている。この場合には、チャネルの周波数特性、特に高域成分の顕著な劣化がおり、再生信号の符号関干渉がさらに強まるため、より拘束長が長く、かつチャネルの周波数特性に適合したPRMLクラスを新たに導入しなければ、十分な再生性能を確保できない。このとき、支配的なエラーパターンも再生チャネルの周波数特性及び、PRMLのクラス変更に伴い、従来条件と変化する。

具体的には光学的振幅伝達関数(MTF)の高域カットオフのため、短マーク再生信号振幅は極度に低下し、最短マークだけでなく、二番目に短いマークの再生信号振幅もほとんど得られない。

[0007] このため、従前の信号品質評価手法が適切とはいえない状況となっている。

従来は、PRMLの最尤復号でのエラーパターンは、ビット単位か、高々最短マークの1ビットシフトで理解できていた。すなわち、信号品質を表現するのに、これらのエラーパターンだけを考慮することで充分であった。

ところが、BD相当で40GBを超えるような超高密度記録条件では、上記の状況のため、PRMLの最尤復号でのエラーパターンとしては、記録マーク、スペースの極性反転をも含む、ブロック的な誤りが新たに多く発生するようになっている。そして全体のエラーレートでこれらのエラーパターンの寄与が支配的にもなっている。ブロック的なエラーパターンは、エラー伝搬的性質を持つので、場合によっては10クロック区間以上の、非常に長い区間にわたってエラーが発生することもある。

このことから、例えば最短マークの1ビットシフト等のエラーパターンのみを検出して評価値を生成しても、実際のエラーレートを反映しているとはいにくい評価値となってしまう。

[0008] そこで本開示では、高密度記録がより進んでも、高い対エラーレート相関、即ち高い精度をもちうる信号評価の手法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の信号品質評価装置は、ビット情報の再生信号についてパーシャル

レスポンス等化及び最尤復号によるPRML復号処理を行って得られた2値化データを入力し、PRML復号処理の拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを検出するエラーパターン検出部と、上記エラーパターン検出部で検出された特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出するメトリック差分演算部と、上記メトリック差分演算部で求められたメトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する指標値生成部とを備える。

本開示の再生装置は、以上に加えて、記録媒体からビット情報の再生信号を再生する再生部と、上記再生信号についてパーシャルレスポンス等化及び最尤復号によるPRML復号処理を行って2値化データを復号する復号部とを備える。

[0010] 本開示の信号品質評価方法は、ビット情報の再生信号についてパーシャルレスポンス等化及び最尤復号によるPRML復号処理を行って得られた2値化データを入力し、PRML復号処理の拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを検出し、検出された上記特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出し、上記メトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する。

[0011] このような本開示の技術は、特に高密度記録の状況でも再生信号品質についての評価値を適切に算出できる。

従来の信号品質評価では、考慮されていたエラーパターンは孤立のエラーのみであり、その長さは、高々PRMLの最尤復号、いわゆるビタビ検出の拘束長（PRML拘束長）以下のものであった。本開示では、高密度記録の再生信号において支配的になったブロック的なエラーパターンに対応するため、PRML復号処理の拘束長よりも長いエラーパターン検出を行い、信号評価に用いるようにする。

発明の効果

[0012] 本開示によれば、高密度記録の再生信号について、高い対エラーレート相関、即ち高い精度をもちうる信号評価の指標値が得られるという効果がある

。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の実施の形態の再生装置のブロック図である。

[図2] R F 信号に対する最尤パスと第 2 パスの説明図である。

[図3] メトリック差分の分布を重ね合わせて示した説明図である。

[図4] 評価値とエラーレートの相関の説明図である。

[図5] 実施の形態の信号品質評価部のブロック図である。

[図6] 実施の形態のエラーパターン検出のブロック図である。

[図7] 高密度記録状況下で生じるエラーの例の説明図である。

[図8] 実施の形態の特定エラーパターンの説明図である。

[図9] 評価値とビットエラーレートの相関のシミュレーション結果の説明図である。

[図10] 評価値とビットエラーレートの相関のシミュレーション結果の説明図である。

[図11] 実施の形態の第 2 の特定エラーパターンの説明図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、次の順序で実施の形態の再生装置を説明する。なお再生装置 1 に搭載される信号品質評価部 10 が請求項でいう信号品質評価装置の例となる。

< 1. 再生装置構成 >

< 2. メトリック差分を用いた指標値生成の一例 >

< 3. 信号品質評価部の構成及び動作 >

< 4. 変形例 >

[0015] < 1. 再生装置構成 >

図 1 は実施の形態に係る信号品質評価装置（信号品質評価部 10）を備えた再生装置 1 の構成例を示している。

この場合の再生信号 1 は、記録媒体の一例としての光ディスク 90 からの信号再生を行うとともに、その再生信号品質評価のための指標値 P q を求める構成とされる。

[0016] 再生装置 1 は、例えばリムーバブルメディアとされる光ディスク 90 からビット情報を再生する光ピックアップ 2、光ピックアップ 2 で読み取られた信号を再生信号（RF 信号）に変換するプリアンプ部 3 を備える。

また再生装置 1 は、再生信号（RF 信号）について処理を行う AGC（Automatic gain Control）部 4、波形等化部 5、A/D 変換部 6、PLL（Phase Locked Loop）部 7 を備える。

また再生装置 1 は、PRML 復号処理を行うために、PR（Partial Response）等化部 8 及び最尤復号部 9 を備え、さらに信号品質評価部 10、光ディスクコントローラ部 15 を備える。

[0017] 再生される光ディスク 90 としては、例えば BD 相当で 33.4 GB 容量を達成する高密度ディスクであったり、さらに BD 相当で 40 GB 容量を達成する高密度ディスクである。なお、ここでいう BD 相当とは、ブルーレイディスクの物理条件下において 1 つの記録層の容量が 40 GB となるという意味である。光ディスクに記録されるビット情報の記録線密度でいえば、例えば 33.4 GB の場合、 55.87 nm/bit であり、40 GB の場合、 46.65 nm/bit となる。

特に本実施の形態では、記録線密度 46.65 nm/bit 以上の記録媒体からの再生信号についても、適切な再生信号評価を行う指標が得られるようにしている。

[0018] 再生信号 1 において、光ヘッド部 2 は、対物レンズを介してレーザ光を光ディスク 90 の記録層に収束させ、その反射光を受光して、光ディスク 90 から読み出したビット情報を示すアナログ信号としての再生信号（RF 信号）を生成する。

プリアンプ部 3 は、再生信号を所定のゲインで増幅して AGC 部 4 に出力する。

AGC 部 4 は、プリアンプ部 3 からの再生信号の振幅を、A/D 変換部 6 からの出力に基づいて増幅又は減衰させて調整し、波形等化部 5 へ出力する

。

波形等化部5は、再生信号の高域を遮断するLPF (Low Pass Filter) 特性と、再生信号の低域を遮断するHPF (High Pass Filter) 特性とを有しており、再生信号波形を必要な特性に整形してA/D変換部6に出力する。

[0019] 波形等化部5から出力された再生信号は、A/D変換部6でサンプリングされ、デジタルデータに変換される。

PLL部7は、A/D変換部6からの出力に基づいて、PLL処理により波形等化後の再生信号に同期される再生クロックを生成する。A/D変換部6におけるサンプリングは、PLL回路7で生成される再生クロックのタイミングで行われる。なお図示は省略しているが、再生クロックは、PRML復号のためPR等化部8や最尤復号部9、さらには信号品質評価部10、光ディスクコントローラ部15でも用いられる。

[0020] デジタルデータ化された再生信号に対して、PR等化部8及び最尤復号部9によってPRML復号が行われ、復号結果としての2値化データDDが得られる。

PR等化部8は、チャネルレスポンスを、例えばPR(1, 2, 2, 1)、PR(1, 2, 2, 2, 1)などのターゲットレスポンスに等化する。即ちデジタル再生信号に対して高域雑音の抑制及び意図的な符号間干渉の付加を行う。

特に本例においては、例えば光ディスクとしてBD相当40GB以上の高密度記録を想定する。その場合、PR等化部8としては、例えばPR(1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)のターゲットレスポンスとする。PRML復号処理の拘束長は7となる。

このPR等化部8によって等化処理が施された再生信号RF(EQ)は、最尤復号部9に供給される共に、信号品質評価部10にも供給される。

[0021] 最尤復号部9は、例えばビタビ復号器として構成される。

ビタビ検出は、所定の長さの連続ビットを単位として構成される複数のス

テートと、それらの間の遷移によって表されるブランチで構成されるビタビ検出器が用いられ、全ての可能なビット系列の中から、効率よく所望のビット系列を検出するように構成されている。

実際の回路では、各ステートに対してパスメトリックレジスタとよばれるそのステートにいたるまでのパーシャルレスポンス系列と信号のパスメトリックを記憶するレジスタ、および、パスメモリレジスタとよばれるそのステートにいたるまでのビット系列の流れ（パスメモリ）を記憶するレジスタの2つのレジスタが用意され、また、各ブランチに対してはブランチメトリックユニットとよばれるそのビットにおけるパーシャルレスポンス系列と信号のパスメトリックを計算する演算ユニットが用意されている。

[0022] このビタビ検出器では、さまざまなビット系列を、上記のステートを通過するパスのひとつによって一対一の関係で対応付けることができる。また、これらのパスを通過するようなパーシャルレスポンス系列と、実際の信号（再生信号）との間のパスメトリックは、上記のパスを構成するステート間遷移、すなわち、ブランチにおける前述のブランチメトリックを順次加算していくことで得られる。

さらに、上記のパスメトリックを最小にするようなパスを選択するには、この各ステートにおいて到達する2つ以下のブランチが有するパスメトリックの大小を比較しながら、パスメトリックの小さいパスを順次選択することで実現できる。この選択情報をパスメモリレジスタに転送することで、各ステートに到達するパスをビット系列で表現する情報が記憶される。パスメモリレジスタの値は、順次更新されながら最終的にパスメトリックを最小にするようなビット系列に収束していくので、その結果を出力する。

[0023] 最尤復号部9による復号結果として得られる2値化データDDは光ディスクコントローラ部15及び信号品質評価部10に出力される。

光ディスクコントローラ部15では、2値化データについてデコード処理、エラー訂正処理等を行って光ディスク90からの再生データを復調する。

信号品質評価部10は、詳細は後述するが、PR等化部8によって等化処

理が施された再生信号 R F (E Q)、及び 2 値化データ D D を入力して、再生信号品質評価のための指標値 P q を生成し、指標値 P q を光ディスクコントローラ部 1 5 に出力する。光ディスクコントローラ部 1 5 では、指標値 P q により、再生信号品質の評価を行うことができる。

[0024] < 2. メトリック差分を用いた指標値生成の一例 >

信号品質評価部 1 0 の構成の説明に先立ち、信号品質評価部 1 0 で行うメトリック差分を用いた指標値 P q 生成方式について説明する。なお、以下説明していく手法は、本実施の形態に適用できる一例に過ぎず、本開示の技術が当該方式に限定されるものではない。

[0025] 既に公知のように、P R M L によるビット検出手法は、正しいビット系列から得られるパーシャルレスポンス系列と再生信号とのユークリッド距離（すなわち、正しいビット系列に対するパスメトリック）と、誤りのあるビット系列から得られるパーシャルレスポンス系列と再生信号とのユークリッド距離（つまり誤りのあるビット系列に対するパスメトリック）の大小関係を比較する。そして、より近い、すなわちパスメトリックの値のより小さいものをより確かなパスとして残し、この操作の繰り返しで最終的に生き残ったパス（最尤パス）を検出結果とするアルゴリズムとなる。

[0026] このようなアルゴリズムによると、最終的な生き残りパスの選択候補となった、パスメトリックの値の小さい上位 2 つのパス（最尤パス P a と第 2 パス P b とする）について、それらのパスメトリックの差が大きければ、生き残ったパスはより確からしく、小さければより紛らわしい、つまりは検出誤りの可能性が大きい、ということになる。この点について図 2 を参照して説明する。

[0027] 図 2 A、図 2 B は、最尤パス P a と第 2 パス P b と、実際の再生信号（P R 等化部 8 で P R 等化された再生信号 R F (E Q) ）との関係を示した図である。

なお、ここでは図示及び説明の簡略化のため、P R (1, 2, 2, 1) の場合で示している。

この図2 A、図2 Bにおいて、縦軸の「+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3」の各値は、PR (1, 2, 2, 1) において想定される各基準レベルの値を示している。

ここで、図示する最尤パスP aと第2パスP bとは、最終的に再生信号RF (EQ) との比較が行われる2つのパスであるとみることができる。つまり、最尤パスP aに対するパスメトリックの値と、第2パスP bに対するパスメトリックの値が比較され、より値の小さい方のパスが生き残りパスとして選択されるというものである。

なお、パスメトリックとは、この図2で言えば、図中黒丸により示す各サンプリングタイミングで得られる再生信号RF (EQ) の各サンプリング値に対する、最尤パスP a (或いは第2パスP b) における対応するサンプリングタイミングで得られるそれぞれの値とのユークリッド距離の和、すなわちブランチメトリックの和である。

[0028] そして、図2 Aと図2 Bとを比較すると、図2 Aの場合は最尤パスP aと再生信号RF (EQ) とのユークリッド距離が十分に近く、逆に第2パスP bと再生信号RF (EQ) のユークリッド距離は十分に遠い関係となっている。つまり、最尤パスP aに対するパスメトリックの値が十分に小さく、第2パスP bに対するパスメトリックの値が十分に大きなものとなっているもので、これによってこの場合の検出パスとなる最尤パスP aは、より確からしいパスであると判断できる。

これに対し、図2 Bでは、図2 Aの場合よりも最尤パスP aと再生信号RF (EQ) とのユークリッド距離が拡大して、第2パスP bと再生信号RF (EQ) のユークリッド距離が近づく関係となっている。つまりこの場合、最尤パスP aに対するパスメトリックの値は図2 Aの場合よりも大きくなり、逆に第2パスP bに対するパスメトリックの値がより小さくなることで、この場合の検出パスとしての最尤パスP aの確からしさは低下する。換言すれば、この場合は他方の第2パスP bの確からしさが増すこととなって、この第2パスP bが最尤のパスである可能性が高くなる。従って最尤パスP a

としての検出パスは、第2パスP bとして示されるパスに対して誤検出されたパスである可能性が高くなる。

[0029] このように、最尤パスP aに対するパスメトリックの値が、第2パスP bに対するパスメトリックの値よりも充分に小さくなる場合には、より確からしいビット検出が実行されていると判断できる。

また、逆に最尤パスP aに対するパスメトリックの値がより大きくなって、第2パスP bに対するパスメトリックの値が小さくなる程、最尤パスP aとしての検出パスは誤りである可能性が高いと判断することができる。

P R M Lの手法が採られる場合の検出精度（再生信号品質）は、このようにして最尤パスP aに対するパスメトリックの値と、第2パスP bに対するパスメトリックの値との差、すなわちメトリック差分を求めることで見積もることができる。

[0030] ここで、このようなメトリック差分（MDとする）を以下のように定義する。

[数1]

$$MD = \sum_i (PB_i - R_i)^2 - \sum_i (PA_i - R_i)^2$$

なお「P B_i」「P A_i」「R_i」は、それぞれ同じサンプリングタイミングでの第2パスP b、最尤パスP a、再生信号R Fの値を表している。

すなわち、この場合のメトリック差分MDは、第2パスP bに対するパスメトリックの値から、最尤パスP aに対するパスメトリックの値を減算した値として定義される。

[0031] このようなメトリック差分MDは、上式右辺の最尤パスP aに対するパスメトリックの値が「0」となるとき、すなわち最尤パスP aと再生信号R Fとが完全に一致したときに最大値が得られる。つまり、このメトリック差分MDは、その値が大きい程検出精度が高い（つまり信号品質が良好である）ことを示す情報となる。

先の図2より、このようにして最尤パスP aと再生信号R Fが完全に一致するということは、この場合の第2パスP bに対するパスメトリックは、最尤パスP aと第2パスP bとのユークリッド距離となることがわかる。従って上記のようなメトリック差分MDの最大値としては、最尤パスP aと第2パスP bとのユークリッド距離の値となる。

[0032] また、最小値は、最尤パスP aに対するパスメトリックの値と第2パスP bに対するパスメトリックの値とが同値となる場合の「0」であり、すなわち図2の場合で言えば最尤パスP aと第2パスP bとの間で、再生信号R Fがちょうど中間となるような位置で得られている場合である。つまり、このメトリック差分MDの値「0」によっては、最尤パスと第2パスの何れもが同等に確からしいことを示すものであり、従って最も誤りの可能性が高いことを示していることになる。

[0033] これらのことからメトリック差分MDは、最尤パスP aと第2パスP bとのユークリッド距離の値（最大値）に近いほど検出精度が高いことを示し、逆に「0」（最小値）に近いほど検出精度が低く、誤りの可能性が高いことを示す情報となることがわかる。

[0034] このように上記[数1]によるメトリック差分MDのような、最尤パスP aに対するパスメトリックの値と、第2パスP bに対するパスメトリックの値との差分の値によれば、PRML復号処理におけるエラー発生率を見積もることができる。

一般的には、このような最尤パスP aに対するパスメトリックの値と第2パスP bに対するパスメトリックの値との差分としてのメトリック差分の値について、例えばその分散値などの統計的な情報を得ることで、エラーレートを見積もるようにされていた。

[0035] ところで、PRMLの手法を採る場合においては、実際に検出エラーとなりうる最尤パスと第2パスとの相違パターン（エラーパターン）が、或る程度限られたものとなる。

一例を挙げれば、第2パスのビット系列のパターンが、最尤パスのビット

系列のパターンに対してエッジが1ビット分シフトするなどの1ビットエラーや、最短マークである2Tマークの消滅などによる2ビットエラーなどが挙げられる。

[0036] 光ディスクの再生についてPRML復号が採用された初期の段階では、実際にエラーとして現れるエラーパターンは、ほぼ100%1ビットエラーに限定されていた。従って、この唯一のエラーパターンである1ビットエラーのみについてメトリック差分の分布を求めることで、適正に信号品質を評価することができた。

しかしながら近年、光ディスクの高記録密度化が進むにつれて、実際のエラーとして現れ得るエラーパターンが単一でなく、複数のパターンがエラーに寄与するようになってきている。

そこで従前より、実際に使用されるPRMLのクラスにおいて、統計的にエラー発生頻度の高い幾つかのエラーパターンを抽出し、その各々に対し指標値を求め、それらを統合して指標値を構成している。

これは、エラーパターン毎に、メトリック差分の分布（分布平均値および分散）が異なるため、単一の分布として取り扱う事が出来ない理由による。

[0037] 図3には、それぞれ異なるユークリッド距離を持つエラーパターンについてのメトリック差分MDの分布例を示す。なおこの図において、縦軸はサンプルの頻度、横軸はメトリック差分MDの値を示している。

この図3においては、例えば3つのエラーパターンPT_k（kは1～3）が実際のエラー発生に主に寄与するものとし、それらのメトリック差分MDの分布の例を示している。

例えば、図中MD1として示す分布は、最尤パスPaのビット系列と第2パスPbのビット系列とで相違しているビット数が1ビット分となる所謂1ビットエラーに該当するエラーパターンPT1についてのメトリック差分MDの分布であるとする。また、MD2として示す分布は例えば最短マークシフト等による2ビットエラーに該当するエラーパターンPT2についてのメトリック差分MDの分布、さらにMD3は3ビットエ

ラーに該当するエラーパターンPT3についてのメトリック差分MDの分布などとして例示できる。

なお、図中「MD全体」と示す分布は、これら3つの分布MD1～MD3についての重ね合わせを示している。

[0038] この際、上記のようにして最尤パスPaと第2パスPbとで相違するビット数が異なることで、それぞれのエラーパターンPT1～PT3では、最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離が異なるものとなっている。

ここで、これら最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離は、各パスが辿る値どうしの差の2乗を求めた上で、それらの和を求めることで計算できる。

従ってこの際、各エラーパターンkでのユークリッド距離「 d_k^2 」は、最尤パスPa、第2パスPbにおける同じサンプリングタイミングでの値をそれぞれPA_i、PB_iとすると、

[数2]

$$d_k^2 = \sum_i (PA_i - PB_i)^2$$

で表すことができる。

[0039] また、メトリック差分MDの分布がガウス分布するとの仮定の下では、各分布の平均値は、そのエラーパターンkでの最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離 d_k^2 の値となる。つまり、このようにメトリック差分MDの分布がガウス分布であるとすれば、分布の平均値は最も良好な信号品質となるときのメトリック差分MDの値となっているはずである。そして、このように最も良好な信号品質となるときのメトリック差分MDの値となるのは、先の[数1]によるメトリック差分MDの計算式によれば、最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離の値である。

ここでは、エラーパターンPT1での最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離をユークリッド距離 d_1^2 とし、エラーパターンPT2、エラ

ーパターンPT3での最尤パスPaと第2パスPbとのユークリッド距離を、それぞれユークリッド距離 d_2^2 、ユークリッド距離 d_3^2 と表記している。

[0040] ここで、この図において横軸に示すメトリック差分MDの値が「0」となる部分は、先のメトリック差分MDについての説明から理解されるように、最尤パスPaに対するパスメトリックと第2パスPbに対するパスメトリックの値とが同値となる部分であり、従って最も検出誤りの確率が高いところである。

そして、このメトリック差分MDの値が「0」となる部分を超える（下回る）部分は、実際に検出エラーとなる部分を示し、PRMLにおいてこの部分は観測不能な部分となる。つまり、このようにメトリック差分MDの値が「0」を超えて負の値となるということは、最尤パスPaに対するパスメトリックの値よりも第2パスPbに対するパスメトリックの値の方が小さくなることを意味するが、PRMLの検出手法では、これまでの説明から理解されるようにパスメトリックの値が最小となるパスを最尤パスとして検出するので、このようにメトリック差分MDの値が負の値となることはあり得ない。従って、この検出エラーとなる部分は、実際に観測することが不可能となるものである。

[0041] このように、PRMLでは検出エラーとなる部分を実際に観測することができないことから、一例として以下のような考えに基づき評価値を得るようにする。

図4Aは、或るエラーパターンPTkでのメトリック差分MDの分布（MDk）を示している。

なお、この図も図3と同様に縦軸にはサンプルの頻度、横軸にはメトリック差分MDの値をとっている。

この図に示されるように、メトリック差分MDの値について所定の閾値（ Th_k ）を設定し、これを下回るメトリック差分MDの値の出現頻度（ F_k ）を求めることで、エラーレートを見積もるものとする。

[0042] このような閾値 Th_k を下回るメトリック差分MDの値の出現頻度 F_k

は、メトリック差分 $MD < 0$ となる部分（ビットエラーレート bER ）と相関関係にある。

すなわち、例えば信号品質が悪化したとして、ビットエラーレート bER が上昇したとすると、そのときの分布 MD_k は、例えば次の図4 Aに示すようにして裾野が比較的広がったような分布とされるが、これに伴っては、上記した出現頻度 F_k （図中 F_k の部分の面積）としても増加する傾向となる。つまり、ビットエラーレート bER の上昇に伴い、出現頻度 F_k も上昇する。

また一方、図4 Aの場合よりも良好な信号品質とされビットエラーレート bER が低下する場合には、例えば図4 Bに示されるように分布 MD_k はより先鋭な形状となる。この場合には出現頻度 F_k としても減少し、従ってビットエラーレート bER の低下に応じて出現頻度 F_k の値は低下することがわかる。

このように閾値 Th_k を下回るメトリック差分 MD の値の出現頻度 F_k により、ビットエラーレート bER と相関する指標が得られる。

[0043] 例えば指標値算出の対象とするエラーパターン PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の各メトリック差分 MD の分布（ MD_1 、 MD_2 、 MD_3 ）について、それぞれ適切に閾値 Th_k を設定し、閾値 Th_k を下回るメトリック差分 MD の値の出現頻度 F_k を検出し、それらを総合すれば、ほぼ実際のビットエラーレートに対して相関性の高い指標値が得られるものとなる。

[0044] なお、以上は、特定のエラーパターン検出を行い、そのメトリック差分の分布を求めて、評価値を算出する考え方の一例である。

特定のエラーパターンのメトリック差分の分布を利用する手法としては、他にも、例えば上記特許文献4に開示されている手法などもある。

以下説明していく本実施の形態の信号品質評価部10では、これらの手法を利用して指標値 P_q を算出できる。

[0045] <3. 信号品質評価部の構成及び動作>

信号品質評価部10の構成例を図5に示す。

信号品質評価部10は、エラーパターン検出部20（20-1、20-2
・・・20-n）、遅延補償部21、メトリック差分演算部22（22-1
、22-2・・・22-n）、分布演算部23（23-1、23-2・・・
23-n）、指標値演算部24を備える。

[0046] 各エラーパターン検出部20は、ビット情報の再生信号について、PR等
化部8でのパーシャルレスポンス等化及び最尤復号部9でのビタビ復号によ
る、PRML復号処理を行って得られた2値化データDDを入力し、拘束長
より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを検出する
。そして検出に応じて検出フラグFdetを出力する。

[0047] 各エラーパターン検出部20は、特定エラーパターンの検出を行う。この
図ではエラーパターン検出部20として、n個のエラーパターン検出部20
-1、20-2・・・20-nを示しているが、少なくとも1つ以上が設けら
れることになる。

特定エラーパターンとは、その再生系において統計的にエラー発生頻度の
高いとされるエラーパターンである。

例えば上述のように本実施の形態では、PR（1，2，3，3，3，2，
1）としており、PR等化部8及び最尤復号部9で行われるPRML復号処
理における拘束長は7である。この場合に、エラーパターン検出部20で検
出する、拘束長より長いビットパターンである特定エラーパターンとしては
、次のエラーパターンPTa，PTb，PTcとする。

[0048] P Ta：ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「10111
101」となる8ビットのパターン

P Tb：ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「10111
10111101」となる13ビットのパターン

P Tc：ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「10111
100111101」となる14ビットのパターン

なお、以上においてビット反転が起きる箇所とは、正解パターンと誤りパ
ターンにおいて「1」「0」が異なっている箇所のことである。そして正解

パターンと誤りパターンでは、「1」の箇所のうちの一部が異なるのではなく、全ての「1」の箇所が異なるビットパターンとなる。

[0049] 上述したように特定のエラーパターン検出を行って指標値を求めるには、エラー発生頻度として支配的なエラーパターンを選定し、その分布を用いる。

従って支配的なエラーパターンとして使用する特定エラーパターンが1つであれば、エラーパターン検出部20は1つ（例えばエラーパターン検出部20-1のみ）でよい。また支配的なエラーパターンが2つであって指標値算出に使用する特定エラーパターンが2つであれば、エラーパターン検出部20は2つ（例えばエラーパターン検出部20-1、20-2）設ければよい。その意味で、「n」は選択した特定エラーパターンの数となる。

メトリック差分演算部22、分布演算部23も、それぞれエラーパターン検出部20に対応して設けられるため、その「n」の意味は同様となる。

[0050] 本実施の形態では、例えば上記の3つのエラーパターンPTa, PTb, PTcが特定エラーパターンとされるが、その場合エラーパターン検出部20-1、20-2、20-3が設けられる構成となる。

そしてエラーパターン検出部20-1がエラーパターンPTaを検出し、エラーパターン検出部20-2がエラーパターンPTbを検出し、エラーパターン検出部20-3がエラーパターンPTcを検出する動作を行う。

[0051] エラーパターン検出部20の構成例を図6に示す。1つのエラーパターン検出部20は、シフトレジスタ31、エラーパターン発生部32、排他的論理和演算部33、ランレングス制限確認部34を有する。

エラーパターン検出部20では、まず2値化データDDとしての入力ビット列を、シフトレジスタ31で受けて、特定エラーパターンと同じクロック区間のデータを取り込む。例えば8ビットの特定エラーパターンPTaを検出対象とする場合、8クロック区間のデータを取り込む。そしてそのクロック区間のデータを排他的論理和演算部33に出力する（出力X1）。

またエラーパターン発生部32は、特定エラーパターンを出力する。例え

ば特定エラーパターンPTaとして「10111101」の8ビットパターンを排他的論理和演算部33に出力する（出力X2）。

[0052] 排他的論理和演算部33では、シフトレジスタ31からのビットパターン（X1）と特定エラーパターン（X2）のEX-OR演算を行う。つまりシフトレジスタ31からのビットパターンについて、特定エラーパターンPTaの「10111101」において「1」が立っている箇所のビット反転を行うこととなる。この演算結果Yがランレングス制限確認部34に供給される。

[0053] そして排他的論理和演算結果Yについて、ランレングス制限確認部34で変調符号のランレングス制限を満たしているか否かが検査される。

つまりシフトレジスタ31から排他的論理和演算部33に供給された8ビットのビットパターンと、特定エラーパターンPTaにおいて「1」が立っている箇所のビット反転がなされた8ビットのビットパターンは、特定エラーパターンPTaに該当するエラーが起こる可能性のある最尤パスと第2パスの関係にある。但しその関係となるのは、排他的論理和演算結果の8ビットパターンがランレングス制限を満たしている場合である。ランレングス制限を満たしていなければ、そもそも誤検出のビット系列となり得ないからである。

従って、排他的論理和演算結果がランレングス制限を満たしている場合、エラーパターンが検出されたことになり、その場合、ランレングス制限確認部34から検出フラグFdetが出力される。

[0054] 以上は、例えば特定エラーパターンPTaを検出するエラーパターン検出部20-1の動作を例に挙げたが、特定エラーパターンPTbを検出するエラーパターン検出部20-2や、特定エラーパターンPTcを検出するエラーパターン検出部20-3の構成及び動作の考え方も同様である。

例えば特定エラーパターンPTbを検出するエラーパターン検出部20-2では、シフトレジスタ31で13クロック区間の2値化データDDを排他的論理和演算部33に供給する。またエラーパターン発生部32は、特定エ

ラーパターンPTbとして「1011110111101」となる13ビットのパターンを排他的論理和演算部33に供給する。そしてこれらの排他的論理和演算結果がランレングス制限を満たしていれば検出フラグFdetが出力される。

[0055] 図5に戻って、遅延補償部21には、図1のPR等化部8の出力である再生信号RF(EQ)が入力される。この遅延補償部21は、PR等化後の再生信号波形について、最尤復号部9でのビタビ検出処理と、エラーパターン検出部20での検出処理を考慮した遅延補償を行い、エラーパターン検出部20から出力される検出フラグFdetと、再生信号RF(EQ)の同期関係を確認する。

[0056] メトリック差分演算部22(22-1、22-2・・・22-n)は、エラーパターン検出部20(20-1、20-2・・・20-n)のそれぞれに対応して設けられる。

各メトリック差分演算部22には、それぞれ対応するエラーパターン検出部20での検出フラグFdetと、遅延補償部21を介した再生信号RF(EQ)が供給される。

そしてこのメトリック差分演算部22では、特定エラーパターンが検出された際の再生信号RF(EQ)についてメトリック差分を求める。

なお、先の(数2)からもわかるように、メトリック差分の演算には、再生信号RF(EQ)とともに、最尤パスと第2パスの情報が必要であるが、各メトリック差分演算部22では、再生信号RF(EQ)と検出フラグFdetの情報から最尤パスと第2パスを求めることができる。例えばメトリック差分演算部22-1では、エラーパターン検出部20-1での8クロック区間「10111101」の特定エラーパターンPTaの検出フラグFdetが供給される。その場合、当該区間の再生信号RF(EQ)で、「1」の箇所のビットをすべて反転させた関係にあるビット列が、最尤パスと第2パスとなるためである。

[0057] 分布演算部23(23-1、23-2・・・23-n)は、それぞれメト

リック差分演算部 22 (22-1、22-2・・・22-n) で求められたメトリック差分についての分布演算を行う。例えば図 3, 図 4 で説明したような分布を求める。こうして、特定エラーパターン毎の検出余裕度を表す差メトリック分布を得る事が出来る。

指標値演算部 24 は、各分布演算部 23 (23-1、23-2・・・23-n) で求められた各特定エラーパターンについての分布を用いて総合的な指標値 P_q を算出し、図 1 の光ディスクコントローラ部 15 へ出力する。

つまり分布演算部 23 及び指標値演算部 24 では、メトリック差分演算部 22 で求められたメトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する指標値 P_q を生成する処理が行われる。具体的な処理は、図 2, 図 3 で説明したような処理でも良いし、例えば特許文献 4 に記載された処理でもよく、各種の例が考えられる。

[0058] 本実施の形態の信号品質評価部 10 は、以上のように構成される。

この場合において、特に本例では、検出対象の特定エラーパターンとして、上述の特定エラーパターン PT_a 、 PT_b 、 PT_c を採用する。

この理由について説明する。

[0059] 本実施の形態では、光ディスク 90 として、例えば記録線密度 46.65 nm/bit 以上、つまり BD 相当で 40 GB 容量を達成する高密度ディスクを想定している。

このような超高密度記録を行った場合には、チャネルの周波数特性、特に高域成分の顕著な劣化がおこり、再生信号の符号関干渉が非常に強まるため、より拘束長が長く、かつチャネルの周波数特性に適合した PRML クラスを新たに導入しなければ、十分な再生性能を確保できない。

このとき、支配的なエラーパターンも再生チャネルの周波数特性、及び PRML のクラス変更に伴い、従前の条件と変化する。

具体的には光学的振幅伝達関数 (MTF) の高域カットオフのため、短マーク再生信号振幅は極度に低下し、最短マークだけでなく、二番目に短いマークの再生信号振幅もほとんど得られない。

[0060] このような状況のため、PRMLの最尤復号でのエラーパターンは、従前はビット単位か、最短マークの1ビットシフト程度で理解できていた（すなわち、信号品質を表現するのに、これらのエラーパターンだけを考慮することで充分であった）のに対し、超高密度記録条件では、図7に示すように、記録マーク、スペースの極性反転をも含む、ブロック的な誤りが新たに多く発生するようになる。これにより、全体のエラーレートでこれらのブロック的なエラーパターンの寄与が支配的にもなっている。

ブロック的なエラーパターンは、エラー伝搬的性質を持つので、場合によっては10クロック区間以上の、非常に長い区間にわたってエラーが発生することもある。

[0061] 図7に例示しているのは、BD40GB相当の線密度（46.65nm/bit）での光学シミュレーション波形を、PRMLクラスPR（1，2，3，3，3，2，1）MLで検出した場合での、エラー発生の一例である。

破線で示した記録データパターン（正解パターン）に対して、実際には実線に示したように14クロック区間で誤った2値化データDDが検出されてしまっている。

エラーが発生している部分のビットパターンを図の下部に示しているが、この場合記録されたビット情報（つまり正解パターン）は「10001100001100」であるのに対し、検出されたビット情報（誤りが発生したパターン）は「00110000110001」となっている。

この場合、正解パターンと誤りが発生したパターンにおいてビット反転が起きている箇所を「1」で表すと、「10111100111101」となる。つまり、上述の特定エラーパターンPTcに対応するエラー発生の例であり、正解パターンと誤りが発生したパターンを比較してわかるように、位相シフトだけでなく極性反転のようなエラーも伴っている。

[0062] 従前の信号品質評価では、考慮されていたエラーパターンは孤立のエラーのみであり、その長さは、PRMLの最尤復号、いわゆるビタビ検出の拘束長以下のものであった。ところが、上記のようなブロック的なエラーが支配

的となると、従前のエラーパターンを用いた指標値は、再生信号品質との相関性が悪くなることになる。つまり指標値の値が、再生信号品質を適切に表す値とはなりにくくなる。

そこで本実施の形態では、BD相当40GB以上の高密度記録において支配的になったブロック的なエラーパターンを考慮し、新たにビタビ拘束長よりも長いエラーパターン検出を行い、信号評価に組み込む。

[0063] 上述した特定エラーパターンPTa、PTb、PTcは、このような理由でPRML拘束長よりも長いパターンとして、信号品質評価のために採用するエラーパターンである。

図8Aに特定エラーパターンPTa、PTb、PTcと、その具体的なパターン例を示している。

図8Aにおいて、「ビット誤り」として示している行の太枠内が、特定エラーパターンPTa、PTb、PTcに該当する。つまり正解パターンと誤りパターンでビット反転が生じる箇所を「1」としたパターンである。

特定エラーパターンPTaは「10111101」であるが、これに相当する正解パターンと誤りパターンの一例が「10001100」と「00110001」である。

特定エラーパターンPTbは「1011110111101」であるが、これに相当する正解パターンと誤りパターンの一例が「1000110001100」と「00110000110001」である。

特定エラーパターンPTcは「10111100111101」であるが、これに相当する正解パターンと誤りパターンの一例が「10001100001100」と「001100000110001」、つまり図7に例示したパターンである。

[0064] 本実施の形態では、図5のエラーパターン検出部20-1～20-nとして、3つのエラーパターン検出部20-1～20-3を設ける。そして3つのエラーパターン検出部20-1～20-3で、特定エラーパターンPTa、PTb、PTcに該当するビットパターンの検出を行う。そして上述のよ

うに特定エラーパターン検出時のメトリック差分の分布から指標値が算出される。

[0065] ところでこの場合、特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc が、実際に支配的なエラーパターンでなければ指標値 Pq は適切なものとはならない。

ここで記録線密度を BD 換算で $44GB$ とした場合のビットエラーのパターン毎の発生頻度を調べたところ、図8Bのようになった。

即ち特定エラーパターン PTa は 53.7% 、特定エラーパターン PTb は 17.1% 、特定エラーパターン PTc は 7.6% 、他のパターンが 21.5% となった。

つまり3つの特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc で、全体のエラー数のほぼ8割がカバーされるという、支配的な状況となった。この場合、特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc の検出に基づいて指標値 Pq を算出することで、その値はビットエラーレートと高い相関性を持つ、精度の高いものといえる。

[0066] 図9、図10にシミュレーション結果を示す。

図9、図10の各図は、光学シミュレーションモデルでの信号品質評価値とビットエラーレートの相関を示している。横軸は指標値、縦軸はビットエラーレート（ BER ）であり、算出された指標値を黒塗り三角、黒塗り四角でプロットしている。図中の TH で示される実線は、ガウシャンノイズを仮定した場合での、指標値とビットエラーレートの関係の理論値である。

図9A、図10Aは、従前の拘束長より短い特定エラーパターンに、新たな特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc すべてを加えた実施の形態に相当するもので、各分布に対し、例えば特許文献4で示した場合と同様の演算を行って評価値を得た場合である。図9B、図10Bは比較例として、従前の特定エラーパターンのみで評価値を求めた場合である。

なお、従前の特定エラーパターンの例を図11に示しておく。エラーパターン $PTd1$ はエッジシフトとしてのビットエラーに対応するパターン、エ

ラーパターンPTd2は連続2Tシフトのビットエラーに対応するパターンである。

[0067] 図9は、BD換算33GBの線密度条件で、5tapのPRMLである、PR(1, 2, 2, 2, 1)MLで検出をおこなった場合である。この条件では、比較例、及び実施の形態の例は理論値とよく一致していて、いずれの方法においても、指標値Pqとして高い精度が期待できる。

図10は従前の光ディスクをはるかに超えるBD換算40GBの超高線密度条件の場合であり、7tapのPRMLである、PR(1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)MLで検出を行っている。この条件では、図10Bの比較例の結果は、指標値Pqが理論値と大きく乖離しており、実機条件の様々な信号劣化要因によって指標値とエラーレート相関がばらつく事が予想され、指標の精度が大きく悪化している。

一方で図10Aのように実施の形態では、この線密度条件においても、指標値Pqは、従前の光ディスク条件と同等の理論値との一致がみられており、実機条件でも高い精度（対エラーレート相関）が期待できる。

[0068] 以上説明してきたように本実施の形態では、PR(1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)MLで検出をおこない、PR等化部8及び最尤復号部9で行われるPRML復号処理における拘束長は7である。この場合に、例えばエラーパターン検出部20としては、特定エラーパターンPT1「10111101」、PT2「1011110111101」、PT3「10111100111101」の検出を行う（各パターンの「1」はビット反転が起きる箇所を示している）。そしてこれらの特定エラーパターンについてメトリック差分を算出し、メトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値Pqを生成する。これによって信号品質評価値としての精度の高い指標値を得ることができる。

[0069] <4. 変形例>

以上実施の形態を説明してきたが、実施の形態としては各種変形例が考えられる。

まず、検出対象の特定エラーパターンとしては、上述の特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc のすべてを用いなくてもよい。

また $PRML$ 拘束長より長いビットパターンである特定エラーパターン (PTa 、 PTb 、 PTc 等) を第 1 の特定エラーパターンとしたときに、 $PRML$ 拘束長より短いビットパターンである第 2 の特定エラーパターン (例えば図 11 の $PTd1$ 、 $PTd2$ 等) を組み合わせて用いてもよい。

従って信号品質評価部 10 の具体例として以下の構成例が考えられる。なお以下で言う「演算処理系統」とは、エラーパターン検出部 20、メトリック差分演算部、分布演算部 23 の処理系、つまり 1 つの特定エラーパターンに対応した処理系を示す。上述の実施の形態の図 5 では、 n 個の演算処理系統を有するものとして示したが、以下はその具体例となる。

[0070] 例 1 : 演算処理系統を 1 つ設け ($n = 1$)、特定エラーパターン PTa を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 2 : 演算処理系統を 1 つ設け ($n = 1$)、特定エラーパターン PTb を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 3 : 演算処理系統を 1 つ設け ($n = 1$)、特定エラーパターン PTc を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 4 : 演算処理系統を 2 つ設け ($n = 2$)、特定エラーパターン PTa と PTb を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 5 : 演算処理系統を 2 つ設け ($n = 2$)、特定エラーパターン PTa と PTb を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 6 : 演算処理系統を 2 つ設け ($n = 2$)、特定エラーパターン PTb と PTc を用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 7 : 演算処理系統を 3 つ設け ($n = 3$)、特定エラーパターン PTa 、 PTb 、 PTc を用いて指標値 Pq を算出する構成例

[0071] 例 8 : 演算処理系統を 2 以上設け ($n \geq 2$)、第 1 の特定エラーパターンの 1 つ (例えば PTa 、 PTb 、 PTc のいずれか 1 つ) と、1 又は複数の第 2 の特定エラーパターンを用いて指標値 Pq を算出する構成例

例 9：演算処理系統を 3 以上設け ($n \geq 3$)、第 1 の特定エラーパターンとしての 2 つの特定エラーパターンと、1 又は複数の第 2 の特定エラーパターンを用いて指標値 P_q を算出する構成例

例 10：演算処理系統を 4 以上設け ($n \geq 4$)、第 1 の特定エラーパターンとしての 3 つの特定エラーパターンと、1 又は複数の第 2 の特定エラーパターンを用いて指標値 P_q を算出する構成例

[0072] 例 1 ～例 10 のいずれの場合も、第 1 の特定エラーパターン（例えば PT_a 、 PT_b 、 PT_c のいずれか 1 つ或いは複数）を用いることで、特に BD 40GB 相当以上の高密度記録において、ビットエラーレートに相関性の高い指標値 P_q が算出できる。

[0073] また、本例では $PR(1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)$ ML 検出の場合を例に挙げたが、再生装置の構成としてはこれに限られるものではない。

例えば BD 相当 40GB 以上の記録線密度において有効な（つまりエラーが十分低くでき、実用可能な）PR クラスであれば、上述の特定エラーパターン PT_a 、 PT_b 、 PT_c のパターンが支配的であるため、他の PR クラスを採用する場合でも本開示の技術は有効である。

また、拘束長より長い特定エラーパターンとして、上記の特定エラーパターン PT_1 、 PT_2 、 PT_3 以外のパターンも考えられる。高密度記録に応じて選択する PR クラスや周波数特性などに応じて、ブロック的なエラーに対応する長区間（拘束長を越える区間）の特定エラーパターンが選定されればよい。

[0074] また本開示の技術は記録媒体から再生されたビット情報の復号、伝送されてきたビット情報の復号に広く適用できる。記録媒体としては光ディスクに限られず、あらゆる記録媒体が想定される。

[0075] なお本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1) ビット情報の再生信号についてパシカルレスポンス等化及び最尤復号による PRML 復号処理を行って得られた 2 値化データを入力し、PRML 復号処理の拘束長より長いビットパターンである 1 又は複数の特定エラ

ーパターンを検出するエラーパターン検出部と、

上記エラーパターン検出部で検出された特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出するメトリック差分演算部と、

上記メトリック差分演算部で求められたメトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する指標値生成部と、

を備えた信号品質評価装置。

(2) 上記拘束長が7である場合、

上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、

ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「10111101」となる8ビットのパターンである上記(1)に記載の信号品質評価装置。

(3) 上記拘束長が7である場合、

上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、

ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「101111011101」となる13ビットのパターンである上記(1)又は(2)に記載の信号品質評価装置。

(4) 上記拘束長が7である場合、

上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、

ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「10111100111101」となる14ビットのパターンである上記(1)乃至(3)に記載の信号品質評価装置。

(5) 上記拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを第1の特定エラーパターンとしたときに、

上記エラーパターン検出部は、上記第1の特定エラーパターンに加えて、上記拘束長より短いビットパターンである1又は複数の第2の特定エラーパターンの検出も行い、

上記メトリック差分演算部は、上記エラーパターン検出部で検出された第1及び第2の特定エラーパターンについて、それぞれメトリック差分を算出する上記(1)乃至(4)に記載の信号品質評価装置。

(6) 上記ビット情報の再生信号は、記録線密度が 44.65 nm/bit 以上でビット情報が記録された記録媒体から再生された信号である上記(1)乃至(5)に記載の信号品質評価装置。

符号の説明

[0076] 1 再生装置、8 PR等化部、9 最尤復号部、10 信号品質評価部、20 (20-1...20-n) エラーパターン検出部、21 遅延補償部、22 (22-1...22-n) メトリック差分演算部、23 (23-1...23-n) 分布演算部、24 指標値演算部

請求の範囲

- [請求項1] ビット情報の再生信号についてパーシャルレスポンス等化及び最尤復号によるP R M L復号処理を行って得られた2値化データを入力し、P R M L復号処理の拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを検出するエラーパターン検出部と、
- 上記エラーパターン検出部で検出された特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出するメトリック差分演算部と、
- 上記メトリック差分演算部で求められたメトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する指標値生成部と、
- を備えた信号品質評価装置。
- [請求項2] 上記拘束長が7である場合、
- 上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、
- ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「1 0 1 1 1 1 0 1」となる8ビットのパターンである請求項1に記載の信号品質評価装置。
- [請求項3] 上記拘束長が7である場合、
- 上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、
- ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1」となる13ビットのパターンである請求項1に記載の信号品質評価装置。
- [請求項4] 上記拘束長が7である場合、
- 上記特定エラーパターンの少なくとも1つは、
- ビット反転が起きる箇所を「1」で示したときに、「1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1」となる14ビットのパターンである請求項1に記載の信号品質評価装置。
- [請求項5] 上記拘束長より長いビットパターンである1又は複数の特定エラーパターンを第1の特定エラーパターンとしたときに、
- 上記エラーパターン検出部は、上記第1の特定エラーパターンに加

えて、上記拘束長より短いビットパターンである 1 又は複数の第 2 の特定エラーパターンの検出も行い、

上記メトリック差分演算部は、上記エラーパターン検出部で検出された第 1 及び第 2 の特定エラーパターンについて、それぞれメトリック差分を算出する請求項 1 に記載の信号品質評価装置。

[請求項6] 上記ビット情報の再生信号は、記録線密度が 44.65 nm/bit 以上でビット情報が記録された記録媒体から再生された信号である請求項 1 に記載の信号品質評価装置。

[請求項7] ビット情報の再生信号についてパーシャルレスポンス等化及び最尤復号による P R M L 復号処理を行って得られた 2 値化データを入力し、P R M L 復号処理の拘束長より長いビットパターンである 1 又は複数の特定エラーパターンを検出し、

検出された上記特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出し、

上記メトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する信号品質評価方法。

[請求項8] 記録媒体からビット情報の再生信号を再生する再生部と、

上記再生信号についてパーシャルレスポンス等化及び最尤復号による P R M L 復号処理を行って 2 値化データを復号する復号部と、

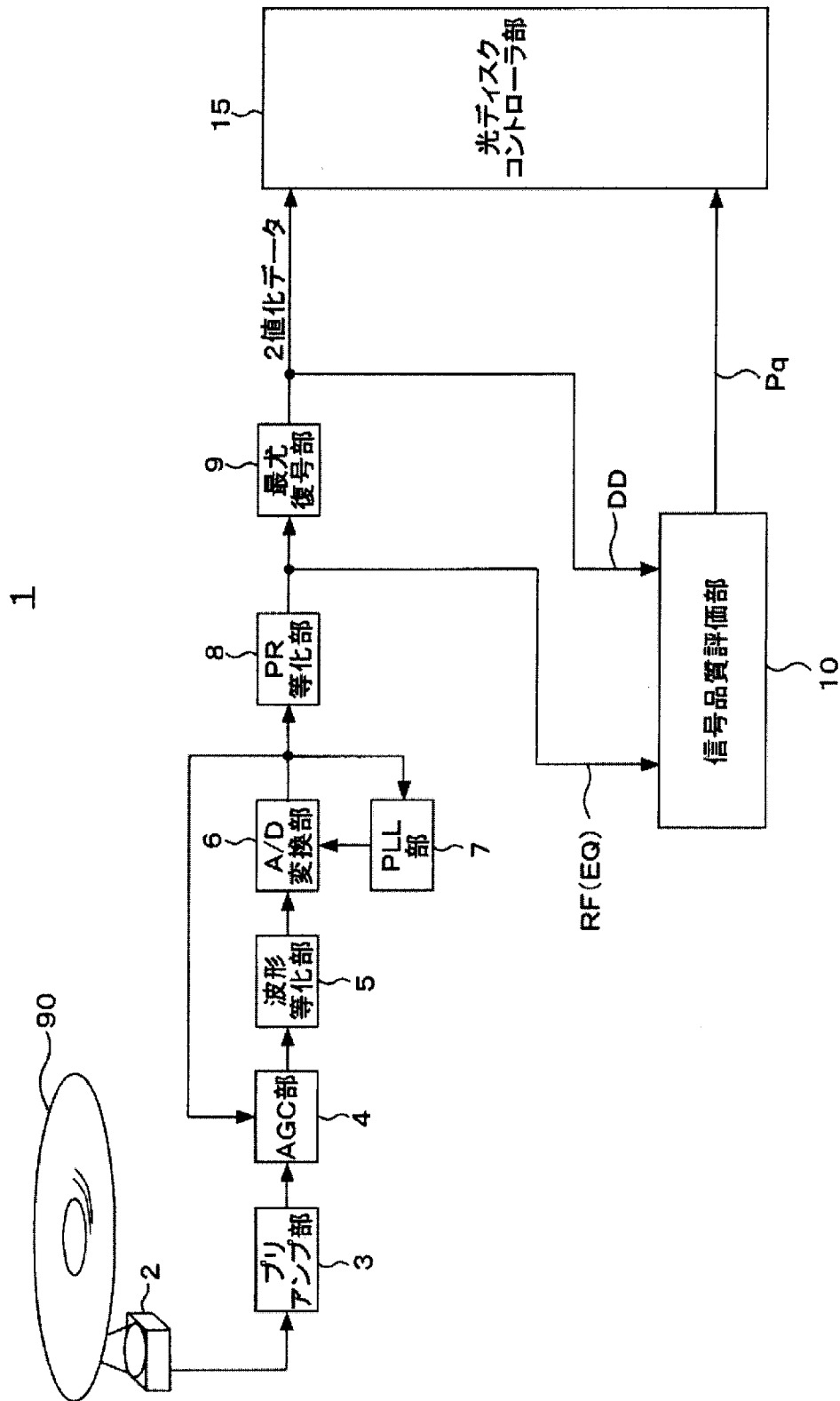
上記 2 値化データを入力し、P R M L 復号処理の拘束長より長いビットパターンである 1 又は複数の特定エラーパターンを検出するエラーパターン検出部と、

上記エラーパターン検出部で検出された特定エラーパターンについて、メトリック差分を算出するメトリック差分演算部と、

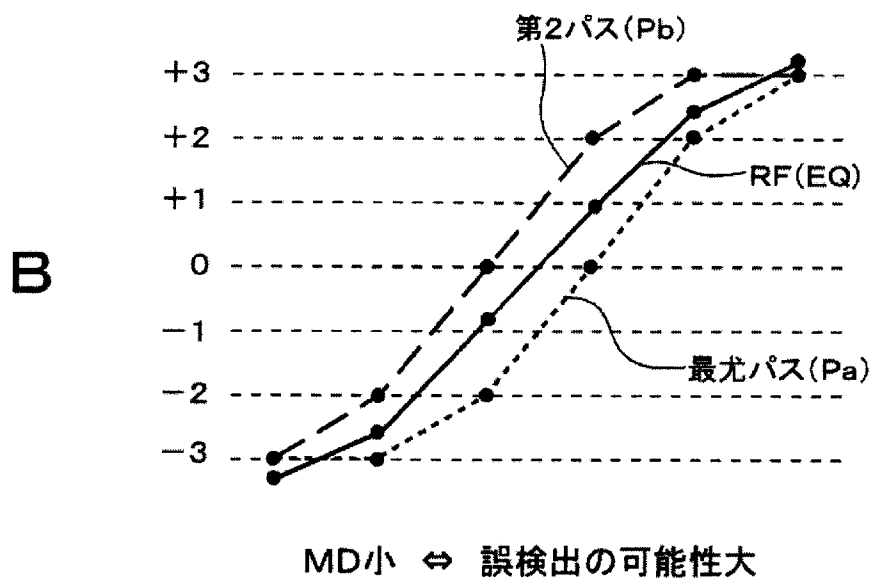
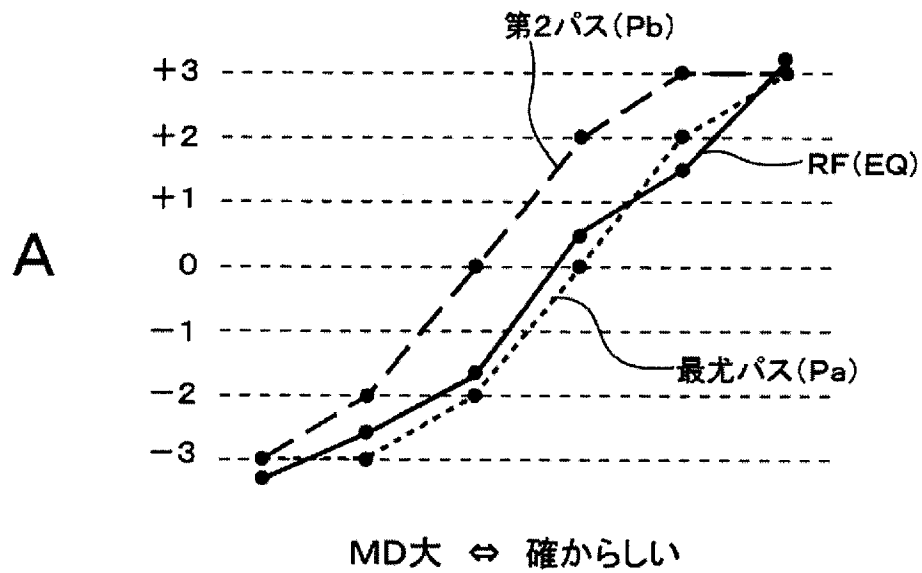
上記メトリック差分演算部で求められたメトリック差分の分布を用いて再生信号品質の指標値を生成する指標値生成部と、

を備えた再生装置。

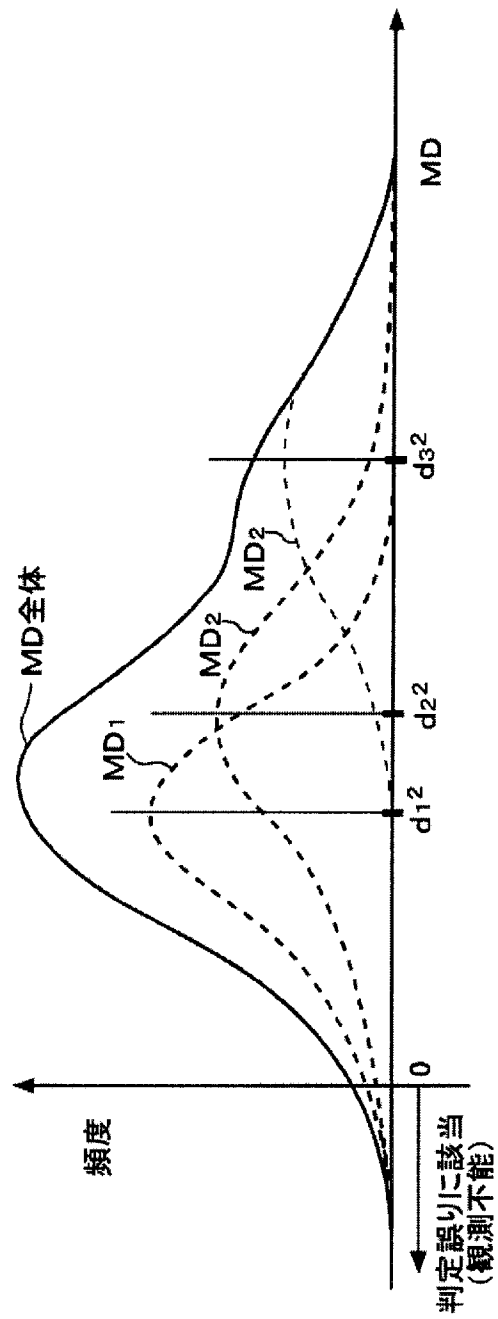
[図1]



[図2]

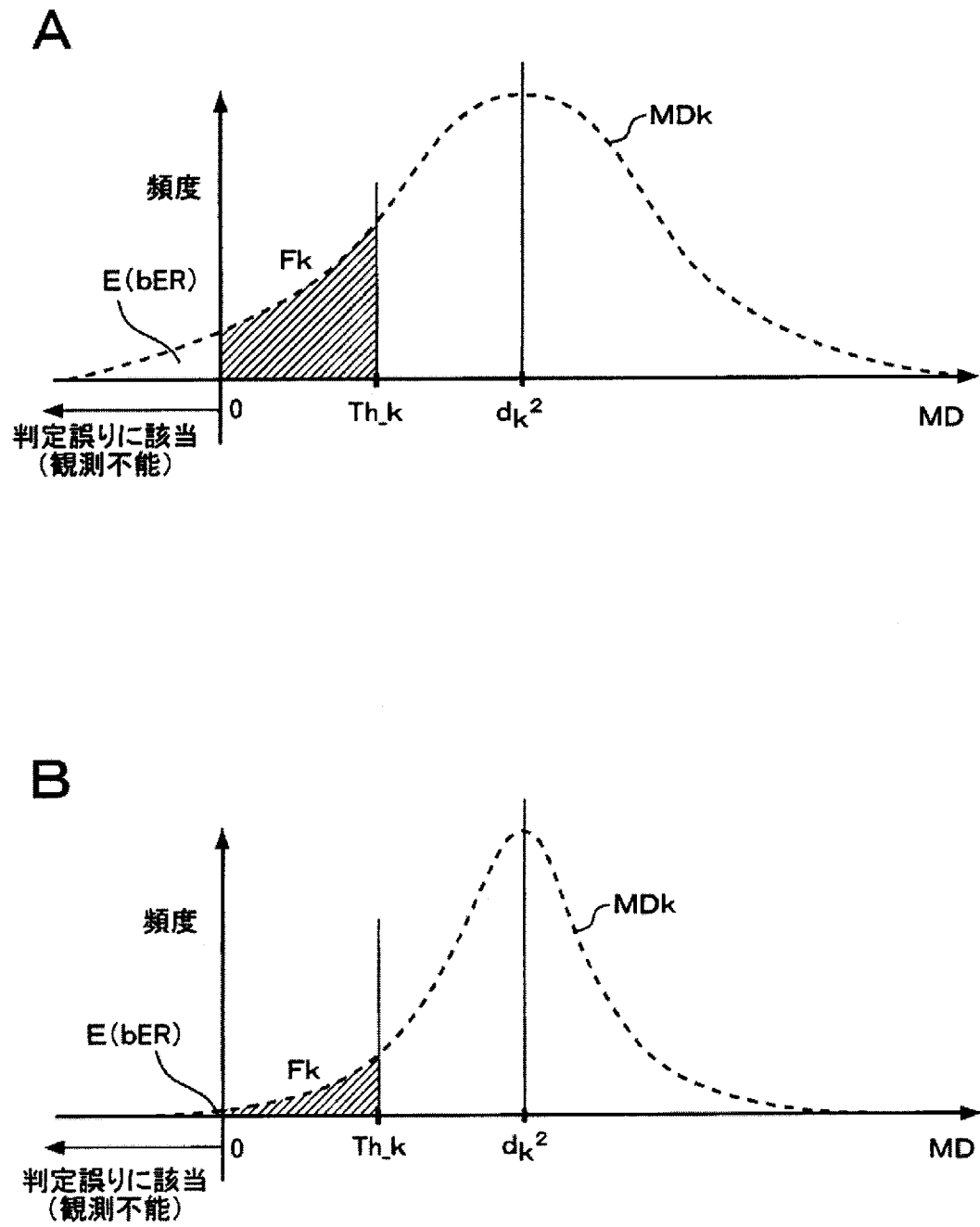


[図3]

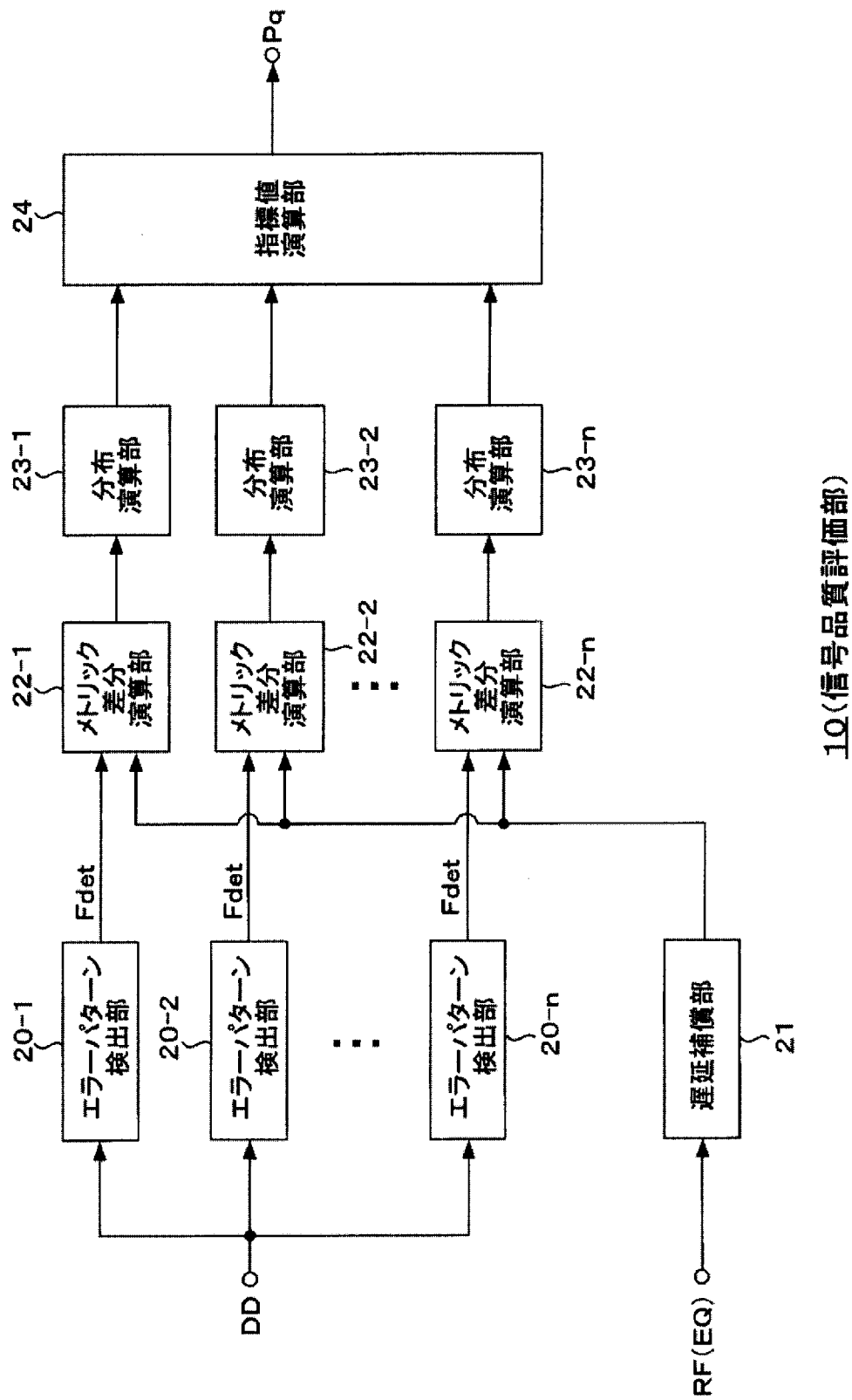


異なるユークリッド距離(d_k^2)を持つエラーパターン k ($k=1\sim3$)についての
メトリック差分MDの分布の重ね合わせ

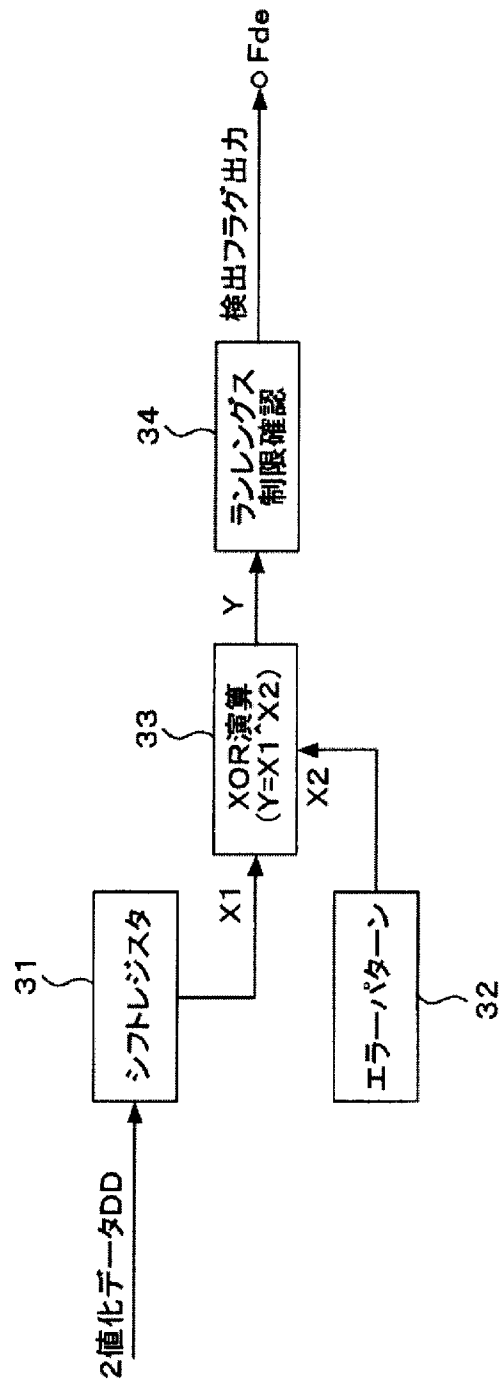
[図4]



[図5]

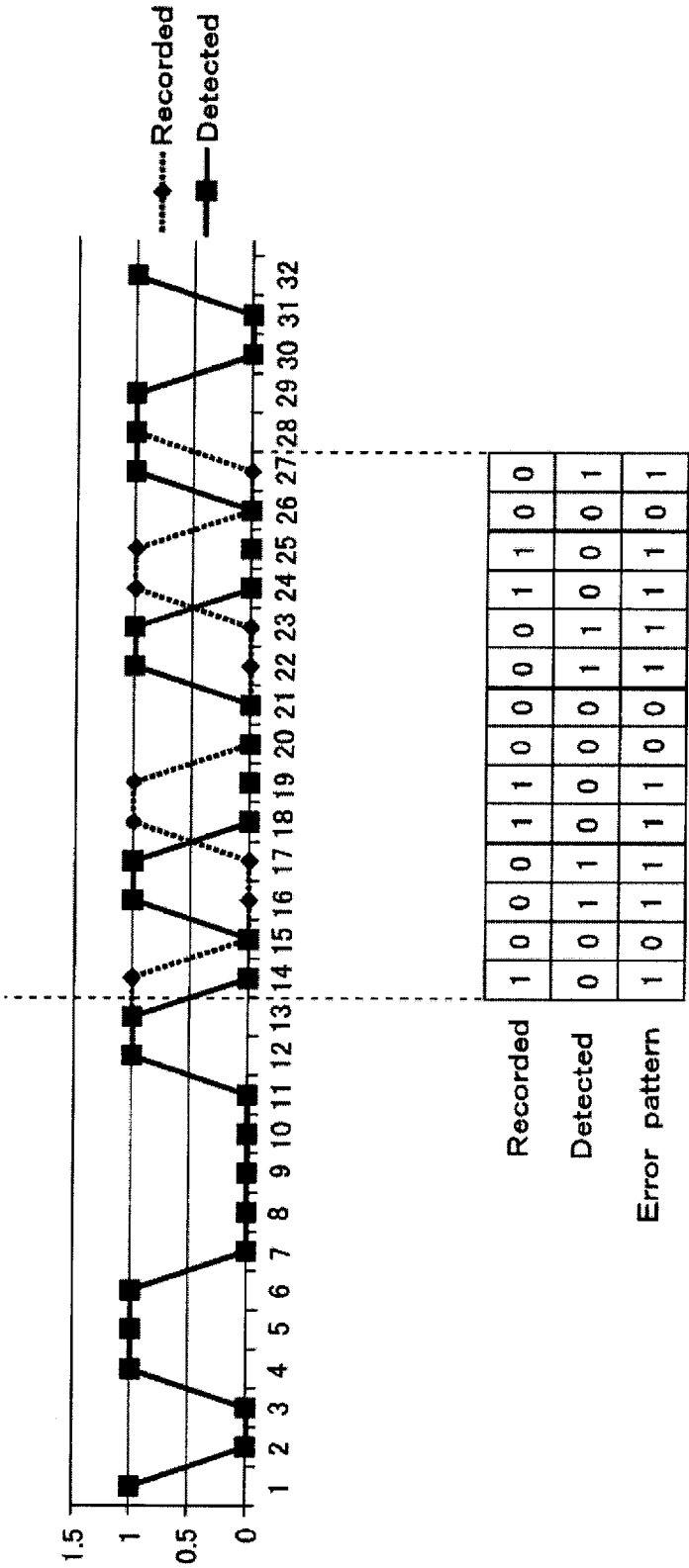


[図6]



20(エラーパターン検出部)

[図7]



[図8]

エラーパターンの例

パターン(PTa)

正解パターン	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
誤りパターン	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
ビット誤り	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0

パターン(PTb)

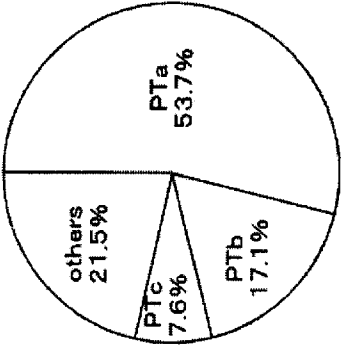
正解パターン	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
誤りパターン	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
ビット誤り	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0

パターン(PTc)

正解パターン	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
誤りパターン	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
ビット誤り	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0

A

ビットエラーのパターン毎発生頻度
(線方向密度=BD換算44GB)

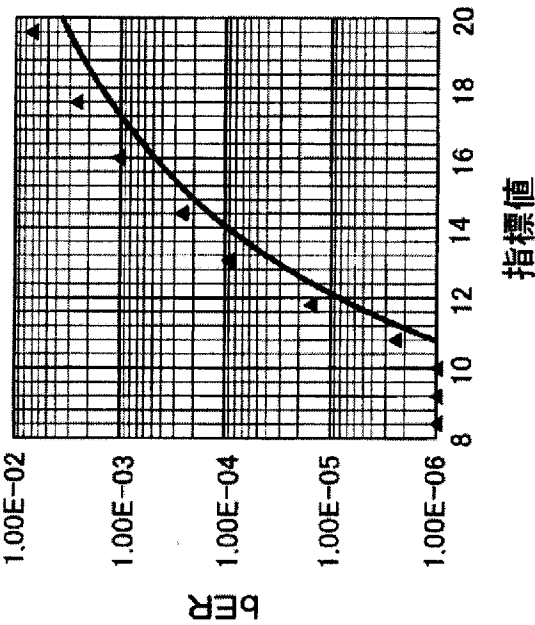


B

[図9]

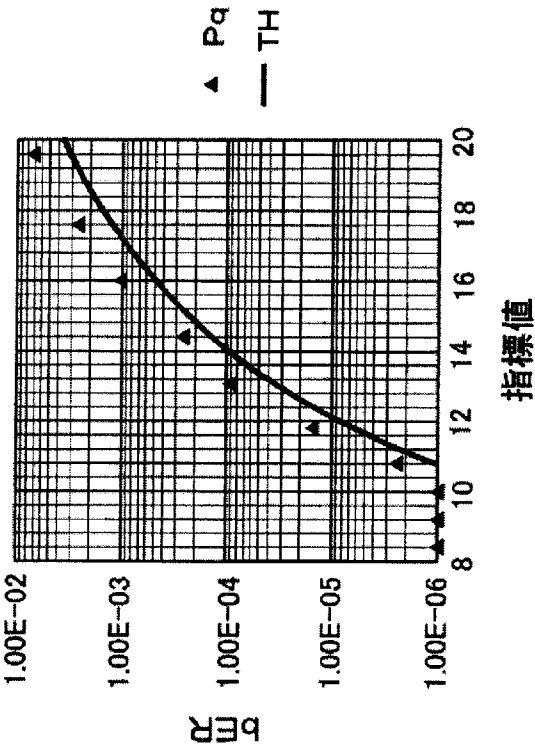
A

実施の形態



B

比較例

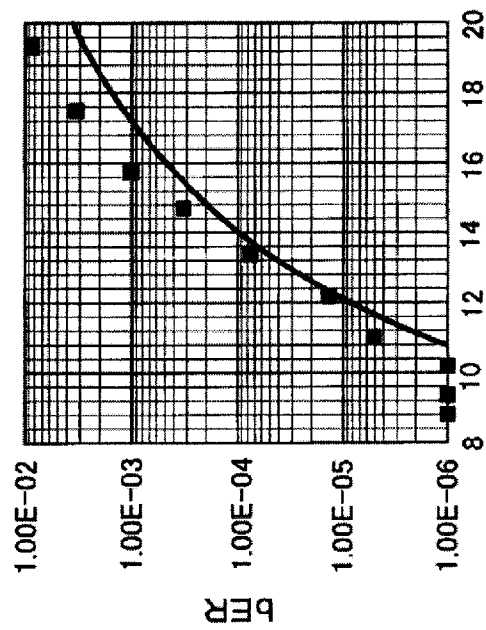


- ・線方向密度=BD換算33GB
- ・PR(1,2,2,2,1)ML検出

[図10]

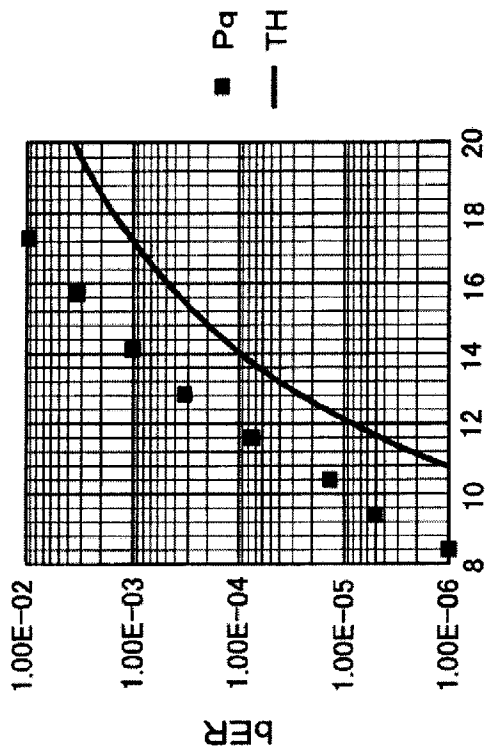
A

実施の形態



B

比較例



- ・線方向密度=BD換算40GB
- ・PR(1,2,3,3,3,2,1)ML検出

[図11]

パターンPTd1(エッジシフト)

正解パターン	1	0	0
誤りパターン	1	1	0
ビット誤り	0	1	0

パターンPTd2(連続2Tシフト)

正解パターン	1	0	0	1	1	0	0
誤りパターン	1	1	0	0	1	1	0
ビット誤り	0	1	0	1	0	1	0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/062487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B20/18 (2006.01) i, H03M13/41 (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, H03M13/41

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2010/090136 A1 (Hitachi Consumer Electronics Co., Ltd.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0009], [0012] to [0043], [0096]; fig. 1 to 10 & JP 2010-182342 A & US 2010/0195462 A1 & US 2012/0002526 A1 & EP 2214173 A1 & EP 2254122 A1	1, 5-8 2-4
A	WO 2010/001588 A1 (Panasonic Corp., Sony Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0095] to [0156]; fig. 2 & US 2010/0002556 A1 & US 2012/0201112 A1 & EP 2309510 A1	1-8

☐ 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
21 May, 2013 (21.05.13)

Date of mailing of the international search report
28 May, 2013 (28.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G11B20/18(2006.01)i, H03M13/41(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B20/18, H03M13/41

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 A	WO 2010/090136 A1（日立コンシューマエレクトロニクス株式会社） 2010.08.12, 段落【0009】、【0012】－【0043】、【0096】、図1－図10 & JP 2010-182342 A & US 2010/0195462 A1 & US 2012/0002526 A1 & EP 2214173 A1 & EP 2254122 A1	1, 5-8 2-4
A	WO 2010/001588 A1（パナソニック株式会社, ソニー株式会社） 2010.01.07, 段落【0095】－【0156】、図2 & US 2010/0002556 A1 & US 2012/0201112 A1 & EP 2309510 A1	1-8

☐ 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

2 1 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

堀 洋介

5 D

3 9 9 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3551