

(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
2015年7月23日(23.07.2015)



(10) 国際公開番号

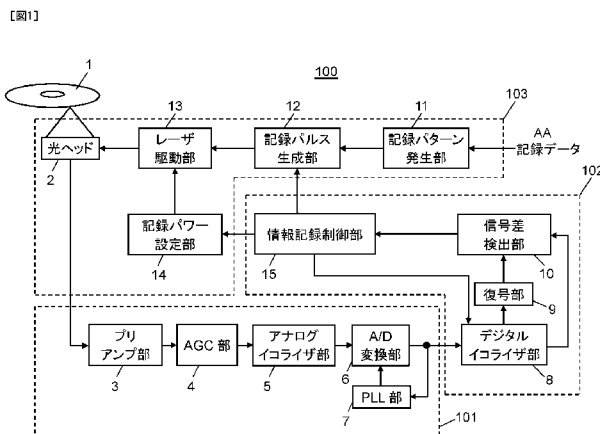
WO 2015/107572 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 7/0045 (2006.01) G11B 7/1267 (2012.01)
G11B 7/005 (2006.01) G11B 20/18 (2006.01)
G11B 7/1263 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/004543
- (22) 国際出願日: 2014年9月4日(04.09.2014)
- (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 2014-006554 2014年1月17日(17.01.2014) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小林 勲(KOBAYASHI, Isao). 中田 浩平 (NAKATA, Kohei). 日野 泰守(HINO, Yasumori).
- (74) 代理人: 藤井 兼太郎, 外(FUJII, Kentaro et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 パナソニックIPマネジメント株式会社 社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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),

[続葉有]

(54) Title: INFORMATION RECORDING AND PLAYBACK DEVICE, AND INFORMATION RECORDING AND PLAYBACK METHOD

(54) 発明の名称: 情報記録再生装置、及び情報記録再生方法



- 2... OPTICAL HEAD
3... PRE-AMP UNIT
4... AGC UNIT
5... ANALOG EQUALIZER UNIT
6... A/D CONVERSION UNIT
7... PLL UNIT
8... DIGITAL EQUALIZER UNIT
9... DECODING UNIT
10... SIGNAL DIFFERENCE DETECTION UNIT
11... RECORDING PATTERN GENERATION UNIT
12... RECORDING PULSE CREATION UNIT
13... LASER DRIVE UNIT
14... RECORDING POWER SETTING UNIT
15... INFORMATION RECORDING CONTROL UNIT
AA... RECORDING DATA

(57) Abstract: An information recording and playback device according to the present disclosure is provided with: a playback unit which generates a digital signal from an analog signal which has been recorded on an information recording medium; a recording compensation unit which generates an expected value signal from the digital signal, detects the difference between the digital signal and the expected value signal, and adjusts recording conditions for recording information on the information recording medium; and a recording unit which records information on the basis of the recording conditions. The information recording and playback device performs first recording compensation which adjusts the recording conditions using first recording data of a length in which the lengths of spaces before and after first recording marks, and the lengths of spaces before and after second recording marks, do not result in intersymbol interference; places the second recording marks, on which the first recording compensation has been performed, either before or after the first recording marks on which the first recording compensation has been performed; keeps the lengths of spaces that are sandwiched between the first recording marks and the second recording marks constant; and using second recording data which changes the lengths of the second recording marks, performs second recording compensation which adjusts of the recording conditions for the first recording marks.

(57) 要約:

[続葉有]



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本開示の情報記録再生装置は、情報記録媒体に記録されたアナログ信号からデジタル信号を生成する再生部と、デジタル信号から期待値信号を生成し、デジタル信号と期待値信号の信号差を検出し、情報記録媒体に情報を記録するための記録条件を調整する記録補償部と、記録条件に基づいて、情報を記録する記録部と、を備える。第 1 の記録マークの前後のスペースの長さ、第 2 の記録マークの前後のスペースの長さが符号間干渉しない長さである第 1 の記録データを用いて記録条件の調整を行う第 1 の記録補償を実行し、第 1 の記録補償を実行した第 1 の記録マークの前方あるいは後方に、第 1 の記録補償を実行した第 2 の記録マークを配置し、第 1 の記録マーク及び第 2 の記録マークにはさまれたスペースの長さを一定とし、第 2 の記録マークの長さを変化させる第 2 の記録データを用いて、第 1 の記録マークに対する記録条件の調整を行う第 2 の記録補償を実行する。

明 細 書

発明の名称： 情報記録再生装置、及び情報記録再生方法

技術分野

[0001] 本開示は、情報が光学的に記録可能な情報記録面を有する情報記録媒体に対して、高密度記録をより安定に実現するための記録補償をより精度良く実行する情報記録再生装置、及び情報記録再生方法に関する。

背景技術

[0002] これまで、DVD (Digital Versatile Disc)、Blu-ray (登録商標) Disc (以下BD) などの情報記録媒体は、一般ユーザーを対象として、映像やデータなどを保存する記録媒体として使用されていた。最近では、BDは、重要なデータを信頼性の高いシステムで長期的に保存するデータアーカイバーにも使用されている。データアーカイバーは、主に業務用として発売されている商品で、より多くのデータが保存できるように、さらなる高密度化が必要とされている。

[0003] 情報記録媒体は、情報記録媒体の記録層に記録マーク及びスペースを形成することで情報が記録される。

[0004] 情報記録媒体の再生は、記録層に形成された記録マーク及びスペースに、出力パワーの低いレーザ光を照射し、記録マーク及びスペースの光学特性、例えば反射率、の差から再生信号を得る。再生信号を信号処理することで、記録された情報が再生される。

[0005] 情報記録媒体に対する記録は、記録する情報に基づいて、レーザ光を強度変調した記録パルスを記録層に照射し、記録マークを記録する。

[0006] 情報記録媒体の記録再生を行う情報記録再生装置は、記録された記録マークを再生した再生信号のエラーが少なくなるように、記録マークにおける始端、及び終端のエッジ位置を調整する記録補償を行う。

[0007] 記録補償は、特に、記録マーク間のスペースの長さが短い記録密度において必要とされる。記録マーク間のスペースの長さが短い記録密度では、記録

マークを形成した際の熱がスペース部分で十分に低下せず、後方の記録マークの始端エッジにおける温度上昇に影響を与える。逆に、後方の記録マークの始端の熱が、前方の記録マークの終端エッジにおける熱の冷却に影響を与える。これらの影響は熱干渉と呼ばれ、熱干渉はスペースの長さに依存する。記録補償は、熱干渉によって変動する記録マークのエッジ位置を補正するために、スペースの長さに応じて記録レーザのパルス形状を微調整する。

[0008] また、記録マーク及びスペースの長さを短くすると、再生信号の振幅は小さくなり、さらに符号干渉の影響で、記録マーク及びスペースの組合せにより再生信号に差が生じる。例えば、同じ記録マーク長においても、前後のスペース長の違いにより、特に記録マークのエッジ部における再生信号が異なって検出される。そのため、再生信号処理方法として、PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式等を適用することが有効とされている。PRML方式で再生信号を波形等化して、符号間干渉の影響を軽減することで、記録補償はより精度良く行うことができる。

[0009] PRML方式で再生信号を波形等化して、記録補償を行うための、記録マークのエッジ位置のずれである、エッジシフトの検出方法の一例が、例えば、特許文献1に開示されている。

[0010] 特許文献1では、再生信号をPRML方式で復号された最尤ビット列における記録マークのエッジに着目し、エッジ部において最尤ビット列のビットがシフト、もしくはエッジ部を含む記録マーク全体として最尤ビット列のビットがシフトする最も誤りやすいビット列である、誤りビット列を生成し、最尤ビット列、及び誤りビット列に対応した各目標信号と再生信号とのユークリッド距離の差に基づいて、エッジシフトを評価する。

[0011] これにより、BDで約31GBの記録密度における記録補償は、記録補償の対象とする記録マークである自マークのエッジ部における再生信号、あるいは、記録マークと隣接するスペース長の範囲までの再生信号を用いて、エッジ部のエッジシフトを直接検出できる。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特開2011-23069号公報

発明の概要

[0013] 記録密度をさらに高密度にして記録するためには、最短の記録マーク及びスペースの長さをより短くし、なおかつ、記録マーク長の差に対する物理的な長さ間隔を短くする必要がある。このとき、レーザ光のスポット内に含まれる記録マークが複数存在することになり、各記録マークのエッジ部のエッジシフトが干渉して再生される。

[0014] 図2は、記録マークのエッジ部のエッジシフトの干渉を説明する図である。図2において、記録マーク202、203、204、205のうち、レーザ光のスポット201内に記録マーク203、204、205が存在している。記録マーク203のエッジ部206をエッジシフトの検出をしたい対象とする。レーザ光のスポット201内において、符号干渉が発生し、各記録マークはそれぞれのエッジでエッジのずれを含んでおり、記録マーク204のエッジ部206に対する他のエッジのずれの符号間干渉として、記録マーク204の符号間干渉207、記録マーク203の符号間干渉208、209、記録マーク205の符号間干渉210が存在する。記録マーク204のエッジ部206に対する熱干渉として、記録マーク203の熱干渉211が存在する。

[0015] 記録密度の高密度化で、記録マーク及び記録マーク間のスペースの物理的な長さがそれぞれ短くなると、符号間干渉する他のエッジのずれが、より多く存在する。また、前方の記録マークとのスペースの長さも短くなるため、熱干渉の影響も大きくなる。

[0016] エッジシフトを検出する対象のエッジから距離が遠くなるとその符号間干渉の影響が減衰し、かつPRML方式のイコライザ（EQ：Equalizer）を用いることで、実質的に検出エッジのエッジシフトだけを検出できていた。

[0017] 例えば特許文献1において、エッジシフトの検出範囲は、前後のスペースまでの範囲である。検出する記録マークのエッジシフトは、前後のスペースの長さには関係するが、前後の記録マークの長さには関係しない。BDで約31GB付近の記録密度では、特許文献1のようなエッジシフトを検出することで、記録補償が適切に実行できていた。

[0018] しかし、記録密度がさらに高密度、例えば、BDで40GB、50GBなど、になると従来のエッジシフト検出では、精度良く検出できない。これは上記の符号間干渉や熱干渉の範囲が広くなること、及び再生信号の信号帯域が光学分解能を超える範囲で使用するためである。

[0019] 記録層に形成された記録マーク、記録マーク間のスペースをレーザ光を用いて再生する場合、記録マーク及び記録マーク間のスペースの長さが短くなるに従って、再生信号の振幅は低下し、光学分解能を超えると再生信号の振幅はゼロになる。

[0020] 同じチャネルクロックの長さに対応した記録マークと記録マーク間のスペースの繰り返し周期の逆数を空間周波数という。空間周波数の伝達関数をOTF (Optical Transfer Function) という。また、OTFの空間周波数に対する振幅依存性を表す関数をMTF (Modulation Transfer Function) という。

[0021] 再生信号の振幅がゼロとなる条件は、レーザの波長 λ 、対物レンズの開口数NA (Numerical Aperture) とした時、記録マーク、及び記録マーク間のスペースの長さLが、 $\lambda / (4 \times NA)$ 以下となる場合である。例えば、BDシステムの場合では、一般的に $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $NA = 0.85$ であるため、長さLは、約119.1nmとなる。これは、ディスク構造を同じとした場合、記録密度は約31GBに相当する。従って、記録密度が約31GBとなる記録では、最短ラン長の連続信号での振幅はゼロになる。

[0022] すなわち、記録密度がさらに高密度になると、MTFの空間周波数は、信号帯域よりも低周波側にシフトするため、信号振幅がない空間周波数が存在

する。しかし、信号振幅のない再生信号を波形等化することはできない。その結果、従来のようにPRML方式で再生信号を波形等化して、符号間干渉を軽減することはできない。

[0023] また、特許文献1におけるエッジシフトの検出において、検出エッジが重複しているパターンが存在している。

[0024] 特許文献1では、エッジ検出の1つに、最尤ビット列に「011000」が含まれる場合には、マスクビット列「000100」と最尤ビット列から、右側にビットシフトした右シフトビット列を生成し、再生信号、最尤ビット列、及び右シフトビット列のユークリッド距離差に基づいて、ビット列「011000」に対するエッジシフトが検出される。

[0025] また、エッジ検出の1つに、最尤ビット列に「1110011000」が含まれる場合には、マスクビット列「0000010100」と最尤ビット列から、右側にビットシフトした右シフトビット列を生成し、再生信号、最尤ビット列、及び右シフトビット列のユークリッド距離差に基づいて、ビット列「1110011000」に対するエッジシフトが検出される。

[0026] このとき、ビット列「011000」、及びビット列「11100110000」において、ビット列「011000」は共通なビット列として存在する。すなわち、1つのエッジに対して、2つのエッジシフトが検出される。しかし、記録補償は、1つのエッジに対する記録条件、例えば、記録パルスのパルス位置、幅など、に対してのみ実行される。そのため、記録補償によって、2つのエッジシフトを同時に低減することは非常に困難である。

[0027] 1つのエッジに対して2つのエッジシフトが存在することは、ビット列の長さによって、最も誤りやすいパターンが異なるためである。高密度記録になると、符号間干渉の範囲が広がるため、ビット列の長さによって異なる最も誤りやすいパターン数はさらに増加する。そのため、1つのエッジに対して、エッジシフトの検出数が複数存在し、正確なエッジシフトが判断できず、記録補償を行うことができない。

[0028] 以上から、光学分解能を超えた記録密度であって、さらに記録密度が高密

度になるに従って、エッジ部付近の再生信号からエッジシフトを検出する従来方式では、エッジシフトが適切に検出できない。

[0029] 本開示は、上記課題を解決するため、高密度記録において、符号干渉、熱干渉などの干渉を除去し、エッジシフトをより精度良く検出して、記録情報のエラーレートが低減する記録が実現できるように、適切な記録補償を実行する情報記録再生装置、及び情報記録再生方法を提供することを目的とする。

[0030] 上記目的を達成するために、本開示の情報記録再生装置は、情報記録媒体に記録された情報であるアナログ信号からデジタル信号を生成する再生部と、デジタル信号から2値化信号を復号し、2値化信号に基づいて期待値信号を生成し、デジタル信号と期待値信号の信号差を検出し、信号差に基づいて情報記録媒体に情報を記録するための記録条件を調整する記録補償部と、記録条件に基づいて、情報記録媒体に情報を記録する記録部と、を備える。記録条件の調整は、第1の記録マークの前後のスペースの長さ、および第2の記録マークの前後のスペースの長さが符号間干渉しない長さである第1の記録データを用いて記録条件の調整を行う第1の記録補償を実行し、第1の記録補償を実行した第1の記録マークの前方あるいは後方に、第1の記録補償を実行した第2の記録マークを配置し、第1の記録マーク及び第2の記録マークにはさまれたスペースの長さを一定とし、第2の記録マークの長さを変化させる第2の記録データを用いて、第1の記録マークに対する記録条件の調整を行う第2の記録補償を実行する。

[0031] 本開示の情報記録再生装置、及び情報記録再生方法によって、高密度記録における記録補償を実行することにより、記録情報のエラーレートが低減する記録条件を求めることができ、より安定した記録再生システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]図1は、実施の形態1における情報記録再生装置を示す図である。

[図2]図2は、記録マークのエッジ部のエッジシフトの干渉を説明する図であ

る。

[図3]図3は、記録パルス波形及び記録パワーを説明する図である。

[図4A]図4Aは、モノパルス波形の記録パルスを示す図である。

[図4B]図4Bは、L型パルス波形の記録パルスを示す図である。

[図4C]図4Cは、Castle型パルス波形の記録パルスを示す図である。

[図5]図5は、実施の形態1における記録補償を行う孤立マークと再生信号を説明する図である。

[図6]図6は、実施の形態1における長さを変化させた孤立マークとその再生信号を説明する図である。

[図7A]図7Aは、実施の形態1における記録マークが孤立マークである場合の再生信号と期待値信号を説明する図である。

[図7B]図7Bは、実施の形態1における記録マークの前方に符号間干渉の影響を受ける記録マークが存在する場合の再生信号と期待値信号を説明する図である。

[図7C]図7Cは、実施の形態1における記録マークが前方の記録マークの熱干渉の影響をさらに受けた場合の再生信号と期待値信号を説明する図である。

[図8]図8は、実施の形態1における熱干渉の影響を検出するために記録された記録マークを説明する図である。

[図9]図9は、実施の形態1における前方の記録マーク長に対する信号差を説明する図である。

[図10A]図10Aは、実施の形態1における記録マークが2Tに対する記録補償を行う記録パルスを示す図である。

[図10B]図10Bは、実施の形態1における記録マークが4Tに対する記録補償を行う記録パルスを示す図である。

[図11]図11は、実施の形態1における記録補償に使用する記録データの一例を示す図である。

[図12A]図12Aは、図11の記録パターンBにおける2Tの記録マークが孤

立マークである場合の 2 値信号を示す図である。

[図12B]図 1 2 B は、図 1 1 の記録パターン B における 2 T の記録マークの前方に 4 T の記録マークを配置した場合の 2 値信号を示す図である。

[図13]図 1 3 は、実施の形態 1 における記録補償を行うフローチャートである。

[図14]図 1 4 は、図 1 3 における各ステップの記録補償を行うフローチャートである。

[図15]図 1 5 は、実施の形態 2 における情報記録再生装置を示す図である。

[図16A]図 1 6 A は、実施の形態 2 における検出パターンにおける始端エッジのエッジシフト X を説明する図である。

[図16B]図 1 6 B は、実施の形態 2 における検出パターンにおける終端エッジのエッジシフト X を説明する図である。

[図17A]図 1 7 A は、実施の形態 2 における検出パターンにおける始端エッジの信号差 Y を説明する図である。

[図17B]図 1 7 B は、実施の形態 2 における検出パターンにおける終端エッジの信号差 Y を説明する図である。

[図18]図 1 8 は、実施の形態 2 における再生信号における特定エッジ部の孤立波形の変化量の加算を説明する図である。

[図19]図 1 9 は、実施の形態 2 における記録パルス条件の記録補償を実行するフローチャートである。

[図20]図 2 0 は、実施の形態 2 におけるエッジシフト検出部の動作を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

[0034] なお、添付図面および以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために、提供されるのであって、これらにより特許請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

[0035] なお、本実施の形態では、BDシステムにおける光学分解能を超える高密度記録について説明を行う。そのため、実施の形態の情報記録媒体は、BDを基本構成とし、記録密度を高めた記録を行う情報記録媒体となる。このとき、光学分解能を超える記録密度は約31GB以上であるが、本開示は、約31GB以上の記録密度に限定されず、光学分解能以下の記録密度にも適用可能である。

[0036] また、実施の形態における変調符号は、RLL(1, 7)符号等のRLL(Run Length Limited)符号を用いる。このとき、変調符号の最短ラン長は2T、最長ラン長は8Tとして説明を行う。そのため、最短マーク及びスペースである2Tの長さが約119.1nm以下となる。

[0037] はじめに、本実施の形態における記録パルスについて説明する。図3は、記録パルス波形及び記録パワーを説明する図である。

[0038] 図3において、上からクロック信号、NRZI(Non Return to Zero Inverting)信号、マルチパス列の記録パルス、記録マークを示している。

[0039] クロック信号は、記録データ作成時の基準信号となるチャネルクロックの周期 T_w であり、周期 T_w により、記録信号であるNRZI信号の記録マーク及びスペースの時間間隔が決定される。NRZI信号は、部分的な一例として、2Tマークー2Tスペースー4Tマークの記録パターンを示している。

[0040] マルチパス列は、記録マークを形成するためのレーザ光のマルチパルス列である。マルチパルス列の記録パワー P_w は、記録マークの形成に必要な加熱効果のあるピークパワー P_{p301} 、冷却効果のあるボトムパワー P_{b302} 及びクーリングパワー P_{c303} と、スペース部における記録パワーであるスペースパワー P_{s304} により構成される。ピークパワー P_{p3}

01、ボトムパワー P_b 302、クーリングパワー P_c 303及びスペースパワー P_s 304は、レーザ光の消光時に検出される消光レベル305を基準レベルに対して設定される。各記録パワーのレベルは、記録マーク長に応じてそれぞれ設定されても良い。

[0041] パルス幅に関して、先頭のパルス幅 T_{top} は2T、3T、4T及び5T以上の記録信号において各々設定される。3T以上のマルチパルス列に存在する T_{top} 以降のパルス幅 T_{mp} は同一設定とし、最終のパルス幅 T_{mp} はラストパルス幅 T_{lp} として設定される。ラストパルス幅 T_{lp} は、3T、4T及び5T以上の記録信号において各々設定される。また、各記録マーク長において、記録マークの始端位置を調整するための記録開始位置オフセット dT_{top} 、終端位置を調整するための記録終了位置オフセット dT_s が設定される。

[0042] 実施の形態における記録補償とは、各記録マークに対して、記録パルスの各記録パラメータ（ T_{top} 、 dT_{top} など）を最適な記録条件に調整することである。また、記録補償を行う記録マークにおいて前方のスペースあるいは後方のスペースの長さに応じて、記録パルスの記録パラメータを変化させることをスペース補償という。

[0043] マルチパルス列の記録パワーの各値及びパルス幅などの記録パラメータである記録条件は、情報記録媒体の内部に記載されている。なお、情報記録媒体を記録する記録装置は、情報記録媒体の固有情報を取得し、記録装置内にあらかじめ記憶している記録条件を用いて記録してもよい。

[0044] 従って、情報記録媒体の内部または記録装置内に記載されたマルチパルス列の記録パワー及びパルス幅を再現し、情報記録媒体の記録層にレーザ光を照射することで、図3に示すような記録マークを形成できる。

[0045] なお、記録パルス形状としては、図3のマルチパルス列の波形以外にも、図4A、図4B、図4Cに示すような記録パルス形状が存在する。図4Aは、モノパルス波形、図4Bは、L型パルス波形、図4CはCastle型パルス波形の記録パルスを示す図である。それぞれの記録パルス波形は、情報

記録媒体の記録層で蓄積される熱量がそれぞれ異なる。そのため、最適な記録マークを形成するために、記録層の膜特性に応じた記録パルス形状が選択される。

[0046] (実施の形態1)

実施の形態1における、エッジシフトの記録補償を説明する。実施の形態1において、各記録マークに対する記録補償は、初めに、前後のスペースの長さが十分に長い記録データを用いて行う。

[0047] スペースの長さは、前後の記録マークの符号間干渉が影響しない長さである。例えば、再生信号の振幅がゼロとなる条件であるスペースの長さ $\lambda / (4 \times NA)$ のN倍（Nは正の実数）のスペースの長さ（ $\lambda / (4 \times NA)$ ） $\times N$ と定義し、Nを例えば $N = 10$ のような大きな値に設定して、スペースの長さを計算する。スペースの長さは、他の記録マークとの符号間干渉がない長さであるため、変調符号における最長ラン長よりも長く設定される。また、波形等化などの信号処理で符号間干渉が除去できるのであれば、変調符号における最長ラン長よりも短かく設定しても良い。また、前後の記録マークの符号間干渉が除去できれば、前後のスペースの長さは異なっても良い。

[0048] これにより、他の記録マークのエッジシフトによる干渉がなく、記録補償を実行したい記録マークに対するエッジシフトが検出でき、記録条件を最適化することができる。他の記録マークのエッジシフトの干渉がないように設定された前後スペースの間に位置する記録マークを孤立マークと定義する。

[0049] 図5は、記録補償を行う孤立マークと再生信号を説明する図である。図5において、孤立マーク501に対して、前方の記録マーク502、前方のスペース503、後方のスペース504、後方の記録マーク505が配置される。再生信号506は、孤立マーク501、前方の記録マーク502、前方のスペース503、後方のスペース504、後方の記録マーク505を再生した信号である。

[0050] 前方のスペース503及び後方のスペース504は、前方の記録マーク502及び後方の記録マーク505が孤立マーク501と符号間干渉しない長

さに設定される。このとき、再生信号506は、前方のスペース503及び後方のスペース504において、図5の点線で囲んだ再生信号506が一定となるレベルが存在する。

[0051] この一定のレベルは、記録マークが存在しない場合の再生信号のレベルと同じである。より正確には、記録パワーのスペースパワー P_s 304で照射した後の図示しない記録領域のトラックを再生した信号のレベルである。これは、前後の記録マークの符号干渉がないということである。また、一定のレベルの区間は、スペースの長さに依存する。スペースの長さが長いほど一定のレベルの区間は長くなる。

[0052] このように、前後のスペースの長さを長く設定すれば、他の記録マークのエッジシフトの干渉を受けることなく、孤立マーク501に対する記録補償ができる。すなわち、孤立マーク501に対するエッジシフト、あるいは長さ及び位相が検出できる。

[0053] なお、前方の記録マーク502は、図示しないさらに前方の記録マークと符号間干渉していても良い。後方の記録マーク505に関しても同様に、図示しないさらに後方の記録マークと符号間干渉していてもよい。これは、孤立マーク501は、他の記録マークにおける符号間干渉が記録補償に影響しないからである。そのため、孤立マーク501、及び前後のスペースを除いた記録データとしては、PLL (Phase Locked Loop) や DC (Direct Current) 制御が行いやすい記録パターンとして設定されることがより望ましい。記録パターンは、例えば単一信号や、出現する長さが限定された特殊な記録データなどである。これにより、記録補償のタイミング、再生信号レベルなどをより精度良く検出することができる。

[0054] ここで、孤立マーク501に対する記録補償を簡単に説明する。図6は、長さを変化させた孤立マークとその再生信号を説明する図である。孤立マークは、3つの長さが異なるマークが配置されている。再生信号601は、これらの記録データに対する信号であり、期待値信号602は、孤立マークの

エッジシフトがないときにおける再生信号 601 の目標となる信号である。再生信号 601 を期待値信号 602 と一致させることができれば、再生信号処理により、エラーのない記録データとして復号できる。

[0055] ここで、本実施の形態における期待値信号は、線形な信号であり、記録データである 2 値信号と 1 T あたりの応答特性（以下、孤立波形）との畳み込みにより求まる信号を想定している。孤立波形は、例えば、時間軸で表現した M T F 特性、あるいは、再生信号を適応等化処理する際の等化係数、例えば P R M L 方式では P R 等化特性などである。そのため、孤立波形は、記録データ 1 T に対する再生信号に相当する。

[0056] 記録補償は、再生信号 601 が期待値信号 602 に一致するように、孤立マークのエッジを変化させる。エッジシフトの検出は、例えば、孤立マークのエッジ位置、あるいはエッジ位置付近における再生信号と期待値信号の差分、ユークリッド距離などの信号差により検出できる。また、エッジシフトを、長さずれ、位相ずれとして検出しても良い。このとき、長さずれは、例えば、孤立マークの中心位置における再生信号のボトム点と期待値信号のボトム点の差分、あるいは一定のレベルからの再生信号のエネルギーの 2 乗和と期待値信号のエネルギーの差分により検出できる。位相ずれは、再生信号のボトム点と期待値信号のボトム点との時間軸方向のずれ、あるいは再生信号と期待値信号を乗算して積分した値である相互相関により検出できる。

[0057] このように、初めに他の記録マークの符号間干渉がない状態で、孤立マークの記録補償を行う。

[0058] しかし、前方のスペース 503 及び後方のスペース 504 は、変調符号には出現しない長さである。実際に変調符号の記録データを記録する場合は、スペースの長さが短いことで、熱干渉の影響が発生する。

[0059] スペース長が短いときの熱干渉の影響を、図 7 A、図 7 B、図 7 C を用いて説明する。図 7 A は、記録マーク 701 が孤立マークである場合の再生信号 702 と期待値信号 703 を示している。図 7 B は、孤立マークとしては記録補償された記録マーク 701 の前方に記録マーク 704 が存在する場合

の再生信号 702 と期待値信号 703 を示している。図 7C は、記録補償された記録マーク 701 が前方の記録マーク 704 の熱干渉の影響をさらに受けた場合の再生信号 702 と期待値信号 703 を示している。

[0060] 再生信号 702 は実線であり、期待値信号 703 は、破線である。図 7B と図 7C は、光学的干渉と熱干渉の影響を説明するための図であり、記録マーク 701、704 は同じ配置であるので、図 7B と図 7C の期待値信号 703 の波形は同じである。

[0061] 記録マーク 701、704 は、孤立マークとしては記録補償されている。すなわち、記録マーク 701、704 のエッジシフトは非常に少ない。記録マーク 701 のエッジシフトが記録マーク 704 に干渉する影響は非常に小さい。逆に、記録マーク 704 のエッジシフトが記録マーク 701 に干渉する影響も非常に小さい。

[0062] 図 7A において、記録マーク 701 は、孤立マークであり、記録補償されている。そのため、再生信号 702 は、期待値信号 703 にほぼ等しく重なっている。

[0063] 図 7B において、孤立マークとしては記録補償された記録マーク 701 の前方に記録マーク 704 を配置したとき、再生信号 702 は、光学的干渉の影響により期待値信号 703 からわずかに歪む。光学的干渉とは、少なくとも 2 個以上の孤立マークとしては記録補償された記録マークを、符号間干渉する範囲内に配置したときに再生される再生信号が、記録マークが孤立マークである場合の再生信号を加算した信号と一致しない現象である。これは、レーザ光を、レンズを通して記録層に照射し、反射率差で再生信号を検出するシステムで発生する再生信号の歪である。光学的干渉は、スペースの長さが長い記録密度では殆ど影響がないために無視できていた。ここでは高密度な記録であるため、影響が出ている。

[0064] 図 7C において、記録マーク 701 と記録マーク 704 の間のスペースの長さが短いと、記録マーク 704 を記録した熱量の影響で、記録マーク 701 の始端エッジが変化し、再生信号 702 は熱干渉の影響により期待値信号

703に対して歪む。

[0065] 以上のように、記録マーク701は、前方の記録マーク704が配置されると、再生信号702は、期待値信号703と一致しない。再生信号702が期待値信号703に一致するように記録マークのエッジを調整する記録補償を行う。

[0066] 記録補償は、光学的干渉と熱干渉を分離して行う。光学的干渉と熱干渉を分離して記録補償を行う場合、再生信号の歪の影響が大きい熱干渉に対する記録補償を優先して実行する。

[0067] 図8は、熱干渉の影響を検出するために記録された記録マークを説明する図である。図8において、記録補償の対象となる記録マーク801の記録補償は、前方のスペース802に対する記録マーク801の記録条件に対して実行される。そのため、記録マーク801の長さ、前方のスペース802の長さは一定である。

[0068] 図8において、矢印は熱干渉の影響を示している。前方の記録マークは、長さの異なる記録マーク803a、803b、803c、803d、803eであり、記録マーク803eは、前方の記録マークが存在しない状態を示しており、記録マーク801が孤立マークの場合である。記録マーク801が孤立マークの場合において、熱干渉の影響を受けて記録マーク801のエッジがずれている状態を想定している。このエッジがずれた状態を検出できれば、光学的干渉の影響を除去して、熱干渉の影響のみを検出できる。

[0069] 図8における記録データとしては、記録マーク801の前方のスペース802の長さ、及び記録マーク801の後方のスペースの長さは、各スペースの先の記録マークの符号間干渉が影響しない長さに設定される。また、図8の記録データの一部以外の範囲においては、図5の記録パターンが設定されることがより望ましい。

[0070] 図9は、前方の記録マーク長に対する信号差を示す図である。図9において、横軸は、図8における前方の記録マーク長さであり、縦軸は、記録マーク801に対する期待値信号と再生信号との信号差である。前方の記録マー

ク 803 a、803 b、803 c、803 d の場合の記録マークの長さに対する信号差をプロットし、これらのプロットから近似し、前方の記録マーク 803 e の場合の記録マークの長さが 0 の場合の信号差、すなわち横軸が 0 の場合の信号差を予測できる。前方の記録マークの長さに対して信号差の変化が小さい場合は、光学的干渉が少ないということを意味する。

[0071] まず、熱干渉の影響がなくなるように、記録マーク 801 の始端エッジを変化させる。これは、前方の記録マーク 803 a、803 b、803 c、803 d の熱量により、記録マーク 801 の始端エッジが一番変化するためである。そのため、記録マーク 801 の始端エッジを変化させる記録補償が最も効率が良い。ただし、記録マーク 801 が非常に小さいと、始端エッジの変化により終端エッジも変化するため、記録補償は始端エッジ及び終端エッジをそれぞれ変化させることがより望ましい。

[0072] 次に、光学的干渉の影響を除去する場合、前方の記録マーク 803 a、803 b、803 c、803 d、記録マーク 801 をそれぞれ変化させながら、それぞれ信号差が最小となるように、エッジを調整する。光学的干渉は、前方の記録マークと記録マークの間のスペースの長さが短いときにより影響が大きい。そのため、信号差が最小になるように、前方の記録マーク 803 a、803 b、803 c、803 d の終端エッジ、記録マーク 801 の始端エッジを同時に変化させる記録補償が最も効率が良い。

[0073] このようにして、前方の記録マーク 803 a、803 b、803 c、803 d 及び前方のスペース 802 に対する記録マーク 801 に対する記録補償を行う。さらに、前方の記録マーク 803 a、803 b、803 c、803 d の記録補償で変化させた記録条件の変化量を、記録マーク 801 と同じ長さのときの記録マーク 801 に適用することで、より精度の良い記録条件が設定できる記録補償となる。

[0074] 以上のようにして、符号間干渉、光学的干渉、熱干渉などの干渉を分離して、記録マークのエッジシフトに対する記録補償を行うことができる。

[0075] これにより、エッジシフトの少ない記録マークを形成することができ、再

生信号全体としてエラーの少ない記録を行うことができる。

[0076] なお、図8では、前方のスペース802に対して、記録マーク801の記録補償を行ったが、後方に記録マークを配置して、後方のスペースに対して記録補償を行っても良い。また、前方のスペースと後方のスペースの両方に対して記録補償を行っても良い。

[0077] 図1は、実施の形態1における情報記録再生装置100を示す図である。情報記録再生装置100は、再生部101、記録補償部102、記録部103を備える。

[0078] 再生部101は、プリアンプ部3、AGC部4、アナログイコライザ部5、A/D (Analog/Digital) 変換部6、PLL部7から構成される。

[0079] 記録補償部102は、デジタルイコライザ部8、復号部9、信号差検出部10、情報記録制御部15から構成される。

[0080] 記録部103は、光ヘッド2、記録パターン発生部11、記録パルス生成部12、レーザ駆動部13、記録パワー設定部14から構成される。

[0081] 情報記録再生装置100は、情報記録媒体1に情報を記録し、再生する。情報記録媒体1は、光学的に情報の記録再生が行われる情報記録媒体であり、例えば光ディスクである。

[0082] 光ヘッド2は、図示しない対物レンズを通過したレーザ光を情報記録媒体1の記録層に収束させ、その反射光を受光して、情報記録媒体1に記録された情報を示す再生信号を生成する。例えば、対物レンズの開口数NAは0.84から0.86であり、より好ましくは0.85である。レーザ光の波長は400nmから410nmであり、より好ましくは405nmである。

[0083] 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へ出力する。

[0084] AGC部4は、あらかじめ設定された目標のゲインを用いて、A/D変換部6から出力される再生信号のレベルが一定のレベルとなるように再生信号を増幅してアナログイコライザ部5へ出力する。

- [0085] アナログイコライザ部 5 は、再生信号の高域を遮断する L P F (L o w - P a s s F i l t e r) 特性と、再生信号の所定の周波数帯域を増幅するフィルタ特性を有しており、再生波形を所望の特性に波形等化させて A / D 変換部 6 へ出力する。
- [0086] P L L 部 7 は、波形等化後の再生信号に同期する再生クロックを生成して A / D 変換部 6 へ出力する。
- [0087] A / D 変換部 6 は、P L L 部 7 から出力される再生クロックに同期して再生信号をサンプリングしてアナログ信号をデジタル信号へ変換し、P L L 部 7 及びデジタルイコライザ部 8 へ出力する。
- [0088] デジタルイコライザ部 8 は、記録時および再生時の再生信号の周波数特性が、あらかじめ設定されている周波数特性、例えば、記録密度に応じた M T F 特性、P R 等化特性など、になるように再生信号の周波数を調整する。
- [0089] 復号部 9 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号を復号し、2 値化信号を生成する。復号部 9 は、例えばビタビアルゴリズムを用いた復号、B C J R (B a h l - C o c k e - J e l i n e k - R a v i v) アルゴリズムを用いた復号などである。
- [0090] 信号差検出部 10 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号と、復号部 9 から出力された 2 値化信号とを受け取る。
- [0091] 信号差検出部 10 は、2 値化信号と、デジタルイコライザ部 8 の波形等化で目標とした周波数特性から期待値信号を生成する。信号差検出部 10 は、再生信号と、期待値信号との信号差を検出する。
- [0092] 情報記録制御部 15 は、記録パルス条件を調整するために、再生部 101、記録補償部 102、記録部 103、図示しないサーボ制御部など情報記録再生装置における各部を制御する。また、情報記録制御部 15 は、記録パルス条件の調整時において、記録パターンの選択及び記録再生動作を制御する。
- [0093] 情報記録制御部 15 は、光ヘッド 2 の光学条件である、レーザ光の波長、開口数 N A、で決定される光学分解能を超えた記録密度である記録マークま

たはスペースを少なくとも1つ以上含む記録データを情報記録媒体1に記録するように、記録部103を制御する。例えば、レーザ光の波長を405 nm、開口数NAを0.85とした場合、最短マークまたは最短スペースの長さは119.1 nm未満となる。

[0094] また、情報記録制御部15は、設定した記録マークの長さに応じた最適な等化特性、例えば、PR等化特性、をデジタルイコライザ部8に対して設定する。

[0095] 情報記録制御部15は、信号差検出部10から出力された信号差を受け取る。情報記録制御部15は、情報記録媒体1に対して、複数の記録条件で記録データの記録再生動作を行う。さらに情報記録制御部15は、各記録条件に対して測定される信号差と、情報記録制御部15の内部に記憶されている目標値とを比較し、目標値に最も近い記録条件を判断する。目標値は例えば0である。情報記録制御部15は、例えば光ディスクコントローラである。

[0096] 記録パターン発生部11は、入力された記録データから記録パターンとなるNRZI信号を生成する。

[0097] 記録パルス生成部12は、情報記録制御部15で変更される記録パラメータをもとに、NRZI信号に従って記録パルス列を生成する。

[0098] 記録パワー設定部14は、ピークパワー P_p 、ボトムパワー P_b など各記録パワー設定を行う。

[0099] レーザ駆動部13は、記録パルス生成部12で生成された記録パルス列及び記録パワー設定部14で設定される記録パワーに従って、光ヘッド2のレーザ発光動作を制御する。

[0100] 実施の形態1における記録補償を行う記録パルスを説明する。図10Aは、本実施の形態における記録マークが2Tに対する記録補償を行う記録パルスを示し、図10Bは、本実施の形態における記録マークが4Tに対する記録補償を行う記録パルスを示す図である。

[0101] 図10Aにおいて、 dT_1 (2T) は、記録マークの始端エッジを変化させるパラメータ、 dT_2 (2T) 及び dT_3 (2T) は、記録マークの終端

エッジを変化させるパラメータである。図10Bにおいて、先頭パルスの dT_1 (4T) は、記録マークの始端エッジを変化させるパラメータ、最終パルスの dT_2 (4T) 及び dT_3 (4T) は、記録マークの終端エッジを変化させるパラメータである。

[0102] 図10Aにおいて、2Tの記録マークに対して、記録マークの長さを変化させる場合は、 dT_1 (2T) を変化させる方向と、 dT_2 (2T) 及び dT_3 (2T) を変化させる方向を逆方向に設定する。これにより、記録パルスの長さが変化するため、記録される記録マークの長さが変化する。また、2Tの記録マークに対して、記録マークの位相を変化させる場合は、 dT_1 (2T) を変化させる方向と、 dT_2 (2T) 及び dT_3 (2T) を変化させる方向を同一方向に設定する。これにより、記録パルスが全体的に同じ方向に変化するため、記録される記録マークの位相が変化する。

[0103] 図10Bにおいて、4Tの記録マークに対して、記録マークの長さを変化させる場合は、 dT_1 (4T) を変化させる方向と、 dT_2 (4T) 及び dT_3 (4T) を変化させる方向を逆方向に設定する。これにより、記録パルスの長さが変化するため、記録される記録マークの長さが変化する。図10Bの記録パルスは、 dT_1 (4T) の記録パルスと、 dT_2 (4T) の記録パルスは別の記録パルスで設定されているため、 dT_1 (4T) と、 dT_2 (4T) 及び dT_3 (4T) とを個別に変化させても良い。また、図10Bの4Tの記録マークに対して、記録マークの位相を変化させる場合は、 dT_1 (4T) を変化させる方向と、 dT_2 (4T) 及び dT_3 (4T) を変化させる方向を同一方向に設定する。図10Aの記録パルスと異なり、図10Bは先頭パルスと最終パルスの記録パルスの設定のみなので、中間パルスを含む記録パルス全体を同じ方向に変化させることはできないが、記録される記録マークの始端エッジと終端エッジを同一方向に変化させているため、位相は変化する。情報記録再生装置100のハードウェアとして全ての記録パルスに対して設定可能であれば、図10Bの記録パルスすべてを同一方向に変化させることがより望ましい。

- [0104] なお、図10Bの説明では、先頭パルスにおいて、立ち上がりエッジのみを変化させたが、先頭パルスの位置を変化させ、記録マークの始端エッジを変化させても良い。同様に、最終パルスにおいて、立ち下がりエッジのみを変化させたが、最終パルスの位置を変化させ、記録マークの終端エッジを変化させても良い。
- [0105] 図11は、実施の形態1における記録補償に使用する記録データの一例を示す図である。図11は、記録パターンAと記録パターンBにより構成される。
- [0106] 記録パターンAは、PLL制御やDC制御が行いやすい記録パターンとして設定される。記録パターンAは、例えば単一信号や、出現する長さが限定された特殊な記録データ、例えば、5T～8Tで構成されるランダム信号、などである。記録パターンAは、毎回異なる記録パターンであっても良い。
- [0107] 記録パターンBは、記録補償を行うための特殊な記録パターンとして設定される。そのため、PLL制御やDC制御などが不安定にならないように、記録パターンBは連続して配置されるのではなく、図11に示すように、記録パターンAと記録パターンBを交互に設定することが望ましい。また、記録パターンBは、毎回同じ記録パターンが設定される。なお、複数の記録マークを同時に記録補償する場合においては、記録パターンBは、毎回異なる記録パターンであってもよい。
- [0108] 図12A、図12Bを用いて、記録パターンBの詳細を説明する。図12A、図12Bは、記録パターンBのNRZI信号の2値信号を示しており、記録補償を行う記録マークを2Tとしている。
- [0109] 図12Aは、2Tの記録マークが孤立マークである場合の2値信号を示す図である。図12Aの記録パターンは、2Tの記録マークの記録条件に対して記録補償を実行する際に使用される。図12Aの記録パターンを記録すれば、図5で説明した記録マークが形成できる。
- [0110] 図12Aにおいて、2Tの記録マークの前後には、スペース長LSのスペースが設定される。このとき、スペース長LSは、2Tマークが前後の記録

マークの符号間干渉が影響しない長さである。スペース長 L_S は、物理的な長さで決定されることが望ましい。例えば、スペースの長さを $(\lambda / (4 \times NA)) \times N$ (N は正の実数)と定義し、 N を大きな値、例えば $N = 10$ 、に設定することで、物理的なスペース長 L_S は計算される。波長 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $NA = 0.85$ 、 $N = 10$ とした場合、物理的なスペース長 L_S は、約 1191 nm となる。そして、記録パターンとしてのスペース長 L_S は、記録密度で設定される1 Tあたりの物理的な長さにより計算される。例えば、1 Tあたりの物理的な長さが 24 nm と設定される記録密度であれば、記録パターンとしてのスペース長 L_S は、 50 T となる。このようにして、記録パターンにおけるスペース長 L_S を決定することができる。

[0111] なお、記録パターンにおけるスペース長 L_S は、実際に記録データを記録再生した再生信号から求めても良い。この場合、記録パターンにおけるスペース長 L_S は、図5において、前方のスペース503、及び後方のスペース504における再生信号が一定の信号レベルとなる長さに設定される。

[0112] 図12Bは、2 Tの記録マークの前方に4 Tの記録マークを配置した場合の2値信号を示す図である。2 Tの記録マークの前方のスペースが2 Tとしている。図12Bの記録パターンは、前方が2 Tのスペースである2 Tの記録マークの記録条件に対して記録補償を実行する際に使用される。図12Bの2 Tの記録マークの前方の記録マークの長さ4 Tを変化させれば、図8で説明した記録マークが形成できる。

[0113] 図12Bにおいて、4 Tの記録マークの前方、及び2 Tの記録マークの後方には、図12Aと同様に、スペース長 L_S のスペースが設定される。

[0114] なお、図12A、図12Bにおいて、符号間干渉がない長さであれば、前後のスペース長 L_S の長さはそれぞれ異なっても良い。

[0115] また、図12A、図12Bの記録パターンBにおける開始位置及び終了位置の2値信号は、記録パターンAとの接続関係で決定すればよい。例えば、記録パターンBの開始位置、終了位置は、図12A、図12Bに示すように3 Tの記録マークとし、記録パターンAの開始位置、終了位置をスペースと

設定すれば、記録パターンAと記録パターンBの境界は、記録マークが3Tとなる。

[0116] 図13は、実施の形態1における記録補償を実行するフローチャートである。本開示の記録補償は、第1の記録データを用いて第1の記録補償を実行し（S1301）、次に第2の記録データを用いて第2の記録補償を実行する（S1302）。記録補償の詳細な説明は後述する。

[0117] 第1の記録データは、図12Aで説明したような、記録補償を実行する記録マークが孤立マークであり、かつ、記録マークの前後のスペースの長さが符号間干渉しない長さで設定される記録データである。

[0118] 第2の記録データは、図12Bで説明したような、記録補償を実行する第1の記録マークの前方あるいは後方に第2の記録マークを配置し、第1の記録マーク及び第2の記録マークにはさまれたスペースの長さを一定とし、第2の記録マークの長さを変化させる記録データである。また、第2の記録データにおいて、第2の記録マークとは逆側で第1の記録マークに隣接するスペースの長さ、及び第1の記録マークとは逆側で第2の記録マークに隣接するスペースの長さは、符号間干渉しない長さで設定される。

[0119] S1301において、他の記録マークの影響を受けずに、各記録マークの記録パルス条件の記録補償を行う。そして、S1301の処理の後に、S1302の処理を実行することにより、第1の記録マークと第2の記録マークが符号間干渉しても、各記録マークの記録パルスとしてはすでに記録補償されている。

[0120] S1302において、第2の記録マークにより発生する熱干渉の影響に対して、第1の記録マークの記録パルス条件の記録補償を行うことができる。これにより、実際に情報を記録する際の変調符号に含まれる短いスペースの長さに対しても、記録マークの記録パルス条件が決定される。すなわち、記録データが図12Bの場合では、前方が2Tのスペースである2Tの記録マークの記録パルス条件が決定される。2Tの記録マーク以外の記録マーク、あるいは、2Tのスペース以外のスペースの組合せに対しても、同様に記録

パルス条件が決定される。

[0121] また、S 1 3 0 2において、各記録マークに対して、第 1 の記録マークの記録パルス条件の記録補償が実行された後、さらに、第 1 の記録マーク及び第 2 の記録マークの記録パルス条件をそれぞれ変化させ、信号差が指標目標値に最も近い記録条件を選択することが望ましい。これにより、光学的干渉による影響を低減することができる。

[0122] 以上のようにして、光学分解能を超えた記録密度であって、符号間干渉、熱干渉などの干渉が大きい場合に対しても、記録マークのエッジシフトに対する記録補償を行うことができる。この結果、適切な記録条件により、記録情報のエラーレートが低減する記録が実現でき、より安定した高密度記録再生システムを実現することができる。

[0123] 次に、S 1 3 0 1、S 1 3 0 2の各ステップにおける記録パルス条件の記録補償について図 1 4 を用いて説明する。

[0124] 図 1 4 は、図 1 3 の各ステップにおける記録補償を行うフローチャートである。この記録補償は、情報記録再生装置 1 0 0 によって、情報記録媒体 1 に対して実行される。

[0125] (S 1 4 0 1) 記録条件の設定値を読み出す。情報記録再生装置 1 0 0 は、情報記録媒体 1 もしくは情報記録再生装置 1 0 0 の内部、例えばメモリに記憶されている記録パワー及び記録パルス条件に関する情報を初期記録条件の記録パラメータとして読み出す。

[0126] ここで、情報記録媒体 1 の内部に記憶されている情報とは、情報記録媒体 1 の製造時において製造者が情報記録媒体 1 の記録特性を評価した結果に基づいて記録条件をあらかじめ指定した値である。また、情報記録媒体 1 の内部に記憶されている情報としては、情報記録媒体 1 に対する情報記録再生装置 1 0 0 が、装置固有の情報を記録するための領域に、記録条件を過去に記録した値などがある。また、情報記録再生装置 1 0 0 の内部に記録されている情報とは、装置の製造時において製造者が装置の記録特性を評価した結果に基づいて記録条件をあらかじめ指定した値である。また、情報記録再生装

置自身が過去の使用した情報記録媒体に対して記録条件の履歴情報を記憶している値も含まれる。なお、記録パワー及び記録パルス条件としては、図3で説明した記録パワーや記録パルスに関する設定値である。

[0127] (S 1 4 0 2) 次に、記録条件の設定テーブルを生成する。情報記録制御部 1 5 は、複数の記録条件で所定の記録データを記録する際に使用する記録条件の設定テーブルを生成する。

[0128] 記録条件の設定テーブルとは、記録パラメータを変化させるためのテーブルである。例えば、2 T の記録マークの長さを調整する場合、情報記録制御部 1 5 は、記録条件テーブルに従って、始端エッジの記録パラメータ d T 1 (2 T) を - 4 s t e p から + 4 s t e p の範囲、及び終端エッジの記録パラメータ d T 2 (2 T) 及び d T 3 (2 T) を + 4 s t e p から - 4 s t e p の範囲を、1 s t e p 間隔でオフセット変化させる。

[0129] 例えば、2 T の記録マークの位相を調整する場合、情報記録制御部 1 5 は、記録条件テーブルに従って、始端エッジ及び終端エッジの記録パラメータ d T 1 (2 T) 、 d T 2 (2 T) 、及び d T 3 (2 T) を - 8 s t e p から + 8 s t e p の範囲を、2 s t e p 間隔でオフセット変化させる。

[0130] なお、記録マークの長さを調整する場合、始端エッジ、または終端エッジを個別で変化させても良い。

[0131] ここでの 1 s t e p は、例えば、記録クロックの周期 T を 3 2 分割した単位である。周期 T が 1 3 2 M H z である場合、1 s t e p は約 2 3 7 p s となる。また、1 s t e p は固定値、例えば、2 5 0 p s 、で設定されてもよい。

[0132] (S 1 4 0 3) 次に、記録補償を行う記録データが設定される。情報記録制御部 1 5 は、情報記録媒体 1 に記録する記録データを記録パターン発生部 1 1 に指定する。なお、記録データは、記録動作の度に生成しても構わない。記録データの生成時間を短縮するために、あらかじめ生成された記録データが情報記録再生装置 1 0 0 の内部に記憶しておくことがより好ましい。

[0133] 記録データは、図 1 1 で説明した記録データである。記録パターン発生部

11は、指定された記録データに基づいて、NRZⅠ信号を生成する。記録パルス生成部12は、情報記録制御部15から出力された記録パラメータの記録パルス形状、及び記録パターン発生部11から出力されたNRZⅠ信号をもとに、レーザ発光波形の記録パルス列を生成する。

[0134] 記録パワー設定部14は、情報記録制御部15の初期記録条件に応じて、ピークパワーP_p、ボトムパワーP_bなど各記録パワー設定を行う。

[0135] (S1404)次に、情報記録媒体1に対して記録データの記録再生動作が実行される。情報記録制御部15は、記録パラメータを調整するための記録領域に光ヘッド2を移動させる。記録領域は、例えば情報記録媒体1の最内周に設けられた記録パワー及び記録パルス調整用の記録領域であり、DVDではPCA(Power Calibration Area)領域と呼ばれている。また、情報記録媒体1や情報記録再生装置100などの製造段階において、製造者が情報記録媒体1または情報記録再生装置100の記録特性を評価する場合などでは、ユーザデータを記録するユーザデータ領域を使用してもよい。

[0136] 次に、レーザ駆動部13は、記録パルス生成部12で生成された記録パルス列、及び記録パワー設定部14で設定される記録パワーに従って、光ヘッド2のレーザ発光動作を制御して、情報記録媒体1の図示しない記録領域のトラックに、所定の記録長、例えば、最小記録単位での長さ、アドレス単位など、で記録データを記録する。

[0137] このとき、情報記録制御部15は、S1402で生成した記録条件テーブルを参照して、レーザ駆動部13が記録条件を変化させて記録データを記録するように制御する。

[0138] 続いて、情報記録再生装置100は、記録データが複数の記録条件で記録されたトラックを再生する。光ヘッド2は、情報記録媒体1から読み出した情報を示す再生信号を生成する。再生信号は、プリアンプ部3によって増幅されてACカップリングされたのち、AGC部4に入力される。AGC部4では後段のアナログイコライザ部5の出力が一定振幅となるようゲインが調

整される。

[0139] A G C 部 4 から出力された再生信号はアナログイコライザ部 5 によって波形等化される。波形等化された再生信号は A / D 変換部 6 に出力される。A / D 変換部 6 は P L L 部 7 から出力された再生クロックに同期して再生信号をサンプリングする。P L L 部 7 は A / D 変換部 6 でサンプリングされた再生信号から再生クロックを抽出する。

[0140] A / D 変換部 6 のサンプリングにより生成された再生信号はデジタルイコライザ部 8 に入力される。デジタルイコライザ部 8 は、再生信号を波形等化する。

[0141] 復号部 9 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号を復号し、2 値化信号を生成する。

[0142] 信号差検出部 1 0 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号と、復号部 9 から出力された 2 値化信号とを受け取る。

[0143] さらに、信号差検出部 1 0 は、再生信号と期待値信号の信号差を求める。信号差は、情報記録制御部 1 5 に出力される。

[0144] (S 1 3 0 5) 次に、最適な記録条件の決定処理が行われる。情報記録制御部 1 5 は、S 1 4 0 4 で検出された複数の記録条件に対する信号差と、情報記録制御部 1 5 の内部に記憶されている指標目標値とを比較し、指標目標値に最も近い記録条件を選択する。

[0145] このようにして、情報記録再生装置 1 0 0 における記録パルス条件の調整が実行される。

[0146] (実施の形態 2)

実施の形態 2 における、エッジシフトの検出を説明する。実施の形態 1 では、符号間干渉、光学的干渉、熱干渉などの干渉を分離して、記録マークのエッジシフトに対する記録補償を説明した。記録補償となる記録条件は、各干渉を総合して最適な記録条件に収束した。

[0147] 実施の形態 2 では、符号干渉を除去して、最適な記録条件を直接的に求めることができるエッジシフトを検出する。

[0148] エッジシフトの検出には、記録データである2値信号、2値信号を記録再生したときの再生信号、及び期待値信号が必要となる。なお、期待値信号は、実施の形態1と同様に、2値信号と孤立波形の畳み込みとする。また、各信号の表記を、2値信号 $b(t)$ 、再生信号 $r(t)$ 、期待値信号 $e(t)$ 、孤立波形 $f(t)$ 、補正信号 $r_r(t)$ とする。

[0149] はじめに、エッジシフトを検出したいエッジの検出パターンを決定する。実施の形態2では、検出パターンは、前スペースと自マークである記録マークの組合せとする。ここでは、一例として、前スペースの長さは、「2T」、「3T」、「4T」、「5T以上」の4通り、自マークの長さは、「2T」、「3T」、「4T」、「5T以上」の4通りとし、組合せとして16通りとする。エッジとしては、それぞれ始端エッジ及び終端エッジの2通りがあるため、検出パターンの総数は、32通りとなる。

[0150] なお、実施の形態2の検出パターンは、前スペース、自マークの組み合わせに限定されない。例えば、検出パターンは、自マーク、後スペースの組み合わせでも良い。あるいは、検出パターンは、前スペース、自マーク、後スペースの組み合わせでも良い。あるいは、検出パターンは、前マーク、前スペース、自マークの組み合わせでも良い。さらに、前スペースあるいは自マークの長さも、「2T」、「3T」、「4T」、「5T以上」の4通りに限定されない。また、前スペースと自マークの長さが異なっても良い。例えば、前スペースの長さのは、「2T」、「3T」、「4T」、「5T」、「6T以上」の5通り、自マークの長さは、「2T」、「3T」、「4T」、「5T」、「6T」、「7T」、「8T」の7通りとしても良い。

[0151] 次に、検出パターンに対するエッジ部の再生信号 $r(t)$ と期待値信号 $e(t)$ の信号差を集計し、平均的な信号差を検出する。信号差は、平均化されることにより、検出のばらつきを抑制できる。なお、信号差は、すべての検出パターンに対して検出される。

[0152] ここで、検出パターンに対して検出するエッジシフトと、信号差について説明する。図16Aは、検出パターンにおける始端エッジのエッジシフトX

である。図 1 6 B は、検出パターンにおける終端エッジのエッジシフト X である。検出パターンの総数は 32 通りであり、検出パターンにおける始端エッジのエッジシフト X 1 ～ X 16、検出パターンにおける終端エッジのエッジシフト X 17 ～ X 32 を検出する。

[0153] 図 1 7 A は、検出パターンにおける始端エッジの信号差 Y である。図 1 7 B は、検出パターンにおける終端エッジの信号差 Y である。検出パターンの総数は 32 通りであるため、検出パターンにおける始端エッジの信号差 Y 1 ～ Y 16、検出パターンにおける終端エッジの信号差 Y 17 ～ Y 32 を検出する。

[0154] このとき、検出パターンに対するエッジシフト X と、信号差 Y の変換式が次の（数 1）で表現される。

[0155] [数 1]

$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \\ \vdots \\ Y31 \\ Y32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(1,1) & A(2,1) & \cdots & A(32,1) \\ A(1,2) & A(2,2) & \cdots & A(32,2) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A(1,31) & A(2,31) & \cdots & A(32,31) \\ A(1,32) & A(2,32) & \cdots & A(32,32) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ \vdots \\ X31 \\ X32 \end{bmatrix}$$

[0156] （数 1）は、エッジシフト X の行列、信号差 Y の行列、変換係数 A の行列で表現される。（数 1）において、変換係数 A の行列は、各エッジシフトが他のエッジに干渉する影響度を表現している。そのため、変換係数 A の行列は、検出パターンの組み合わせの総数に対する正方行列となっている。

[0157] 上記のように、信号差は、再生信号と期待値信号から求めることができる。そのため、変換係数 A の行列を求めることができれば、エッジシフト X の行列を求めることができる。

[0158] ここで、変換係数 A の行列を求める方法を説明する。まず、1 つの検出パターンに対するエッジ部に相当する 2 値信号を所定量 ΔT だけ意図的に変化させる。すなわち、エッジシフト X が ΔT だけ変化する。なお、所定量 ΔT

は、例えば、 $0.2T$ であるが、それよりも長い変化量であっても良いし、短い変化量であっても良い。

[0159] 次に、所定量 ΔT の変化に対する孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ を計算する。孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ は、 $f(t) \times \Delta T$ で計算される。

[0160] さらに、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ を、再生信号 $r(t)$ における検出パターンに加算し、加算された信号と期待値信号により信号差 YY を再度検出する。この信号差 YY 及び信号差 Y との差分と、所定量 ΔT から、1つの検出パターンに対するエッジ部に関する変換係数 A を求めることができる。他の検出パターンに関する変換係数 A も同様に求めることができる。

[0161] 一例として、(数1)において、エッジシフト $X1$ に関する変換係数 A の行列を求める方法を説明する。上記のように、(数1)におけるエッジシフト $X1$ を ΔT だけ変化させると、(数2)が得られる。(数2)において、信号差 YY は、再生信号 $r(t)$ に孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ を加算した信号と期待値信号により、再度検出された信号差である。

[0162] [数2]

$$\begin{bmatrix} YY1 \\ YY2 \\ \vdots \\ YY31 \\ YY32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(1,1) & A(2,1) & \cdots & A(32,1) \\ A(1,2) & A(2,2) & \cdots & A(32,2) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A(1,31) & A(2,31) & \cdots & A(32,31) \\ A(1,32) & A(2,32) & \cdots & A(32,32) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 + \Delta T \\ X2 \\ \vdots \\ X31 \\ X32 \end{bmatrix}$$

[0163] このとき、(数2)と(数1)の差分により、(数3)が得られる。

[0164]

[数3]

$$\begin{bmatrix} YY1-Y1 \\ YY2-Y2 \\ \vdots \\ YY31-Y31 \\ YY32-Y32 \end{bmatrix} = \Delta T \begin{bmatrix} A(1,1) \\ A(1,2) \\ \vdots \\ A(1,31) \\ A(1,32) \end{bmatrix}$$

[0165] (数3)により、エッジシフトX1に関する変換係数Aの行列を求めることができる。すなわち、信号差Yの行列と、信号差YYの行列の差分を、所定量ΔTで除算することで、エッジシフトX1に関する変換係数Aの行列を求めることができる。エッジシフトX1に関する変換係数Aの行列要素は、(数3)に示すA(1,1)～A(1,32)である。

[0166] 同様に、エッジシフトX2～X32に関する変換係数Aの行列要素も求めることができる。以上により、変換係数Aの行列要素をすべて求めることができる。

[0167] 変換係数Aの行列が求めれば、(数1)において、変換係数Aの逆行列により、エッジシフトXの行列を求めることができる。

[0168] また、再生信号r(t)に対する孤立波形の変化量Δf(t)の加算について、図18を用いて説明する。図18は、再生信号r(t)における特定エッジ部の孤立波形の変化量Δf(t)の加算を説明する図である。

[0169] 図18において上から順に、記録信号であるNRZ1信号の2値信号b(t)、2値信号b(t)を情報記録媒体1上に記録した時の記録マーク、記録マークを再生した再生信号r(t)、孤立波形の変化量Δf(t)、再生信号r(t)と孤立波形の変化量Δf(t)を加算した補正信号rr(t)である。

[0170] なお、再生信号r(t)、孤立波形の変化量Δf(t)、補正信号rr(t)は、記録マークにより、信号が上側に变化するものとする。

[0171] 図18において、破線で示しているのは、記録マークの検出したい特定の

エッジ部であり、前方のスペースが $3T$ で、記録マークが $2T$ の始端エッジである。

[0172] 前方のスペースが $3T$ である $2T$ の記録マークの始端エッジが、記録マークが大きくなる方向に、所定量 ΔT だけ変化した場合を考える。このとき、 2 値信号 $b(t)$ の孤立波形 $f(t)$ の畳み込みの関係から、図 18 の孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ は、 $f(t) \times \Delta T$ で計算される。孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ は、始端エッジを ΔT だけ変化したときの再生信号 $r(t)$ が変化する推定量である。

[0173] 従って、図 18 の再生信号 $r(t)$ に、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ を、前方のスペースが $3T$ である $2T$ マークの始端エッジ部に対して加算すれば、補正信号 $r_r(t)$ が得られる。

[0174] そして、前方のスペースが $3T$ である $2T$ の記録マークの始端エッジ部の変化 ΔT に対して、再生信号 $r(t)$ と期待値信号 $e(t)$ との信号差 Y 、及び補正信号 $r_r(t)$ と期待値信号 $e(t)$ との信号差 Y_r をそれぞれ、検出パターンごとに求めることができる。

[0175] この結果、(数 3) を用いて、前方のスペースが $3T$ である $2T$ マークの始端エッジに関する変換係数 A の行列要素を求めることができる。

[0176] 同様に、前方のスペースが $3T$ である $2T$ の記録マークの始端エッジ以外の検出パターンに対しても、変換係数 A の行列要素を求めることができる。

[0177] 孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ に関して、説明を簡単にするため、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ は $f(t) \times \Delta T$ と計算した。これは $1T$ の中心に対して、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ を求めている。実際に、記録マークのエッジを変化させると、記録マークの開始点は変化する。そのため、記録マークのエッジの変化 ΔT に対応して、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ の位相を ΔT だけ変化させて演算する方がより望ましい。その結果、より精度良く補正信号 $r_r(t)$ を求めることができる。

[0178] なお、補正信号 $r_r(t)$ は、孤立波形の変化量 $\Delta f(t)$ による計算ではなく、実際に記録パルスの条件を ΔT だけ変化させて記録再生した再生信

号を用いても良い。

[0179] 以上のようにして、各エッジ部に対する信号差を順番に変化させることで、最終的に各検出パターンに対するエッジシフトの検出を行うことができる。

[0180] 図15は、実施の形態2における情報記録再生装置1500を示す図である。情報記録再生装置1500は、再生部1501、記録補償部1502、記録部1503を備える。

[0181] 再生部1501は、プリアンプ部3、AGC部4、アナログイコライザ部5、A/D変換部6、PLL部7から構成される。

[0182] 記録補償部1502は、デジタルイコライザ部8、復号部9、エッジシフト検出部16、情報記録制御部15から構成される。

[0183] 記録部1503は、光ヘッド2、記録パターン発生部11、記録パルス生成部12、レーザ駆動部13、記録パワー設定部14から構成される。

[0184] すなわち、再生部1501は、情報記録再生装置100の再生部101と同じである。また、記録補償部1502は、情報記録再生装置100の記録補償部102に対して、信号差検出部10がエッジシフト検出部16に変更されている。また、記録部1503は、情報記録再生装置100の記録部103と同じである。そのため、実施の形態2では、エッジシフト検出部16に関する説明を行う。

[0185] 情報記録再生装置1500の動作を説明する。実施の形態2において、記録パルスの変化は、図10A、図10Bと同じとする。図19は、情報記録再生装置1500における記録パルス条件の記録補償を行うフローチャートである。

[0186] (S1901) まず、記録条件の設定値を読み出す。S1901は、実施の形態1における図14のS1401と同じである。

[0187] (S1902) 次に、記録補償を行う記録データが設定される。S1902は、実施の形態1における図14のS1403と同じである。但し、使用する記録データが異なる。

- [0188] 実施の形態 1 は、記録データを使い分けて記録補償を実行する。実施の形態 2 では、1 つの記録データを用いて、最適な記録条件を直接的に求める記録補償である。そのため、実施の形態 2 における記録補償は、検出パターンをすべて含んだ記録データを使用する必要がある。例えば、実施の形態 2 における記録データは、検出パターンをすべて含んだランダム信号である。また、検出パターンの出現数の偏りをなくすために、記録データは、検出パターンの出現数がほぼ等しいことがより望ましい。
- [0189] なお、検出パターンに対応した記録データを用いればよく、検出パターンの変化に対応した複数の記録データを使用しても構わない。
- [0190] (S 1 9 0 3) 情報記録媒体 1 に対して記録データの記録再生動作が実行される。情報記録制御部 1 5 は、記録パラメータを調整するための記録領域に光ヘッド 2 を移動させる。
- [0191] レーザ駆動部 1 3 は、記録パルス生成部 1 2 で生成された記録パルス列、及び記録パワー設定部 1 4 で設定される記録パワーに従って、光ヘッド 2 のレーザ発光動作を制御して、情報記録媒体 1 の図示しない記録領域のトラックに、所定の記録長、例えば、最小記録単位での長さ、アドレス単位など、で記録データを記録する。続いて、情報記録再生装置 1 5 0 0 は、記録データが記録されたトラックを再生する。光ヘッド 2 は、情報記録媒体 1 から読み出した情報を示す再生信号を生成する。再生部 1 5 0 1 は、再生信号を再生信号として出力する。記録補償部 1 5 0 2 は、再生信号を受け取る。デジタルイコライザ部 8 は、再生信号を波形等化する。復号部 9 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号を復号し、2 値化信号を生成する。
- [0192] (S 1 9 0 4) 次に、エッジシフトの検出を行う。エッジシフト検出部 1 6 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号と、復号部 9 から出力された 2 値化信号とを受け取る。
- [0193] さらに、エッジシフト検出部 1 6 は、再生信号と 2 値化信号により、エッジのずれであるエッジシフトを検出して、情報記録制御部 1 5 に出力する。

エッジシフト検出部 16 の動作の詳細は後述する。

[0194] (S 1 9 0 5) 記録条件の更新が実行される。情報記録制御部 15 は、エッジシフト検出部 16 から出力されるエッジシフトに基いて、記録条件の更新を行う。

[0195] 例えば、図 16 A において、エッジシフト X 1 の記録マークが 0.2 T 大きくずれている場合、前スペースが 2 T、記録マークが 2 T である記録パルスの始端エッジを 0.2 T 変化させる。他のエッジシフトに関しても同様に設定できる。なお、精度良く記録パルスの条件を更新するために、エッジの変化に対するエッジシフトの変化である感度を事前に測定しておくことがより望ましい。これは、情報記録媒体 1 の記録感度が媒体によってそれぞれ異なるためである。このようにして、検出パターンに対応する記録条件の記録補償を行うことができる。

[0196] 図 20 は、エッジシフト検出部 16 の動作のフローチャートである。

[0197] (S 2 0 0 1) まず、検出パターンに対する信号差 Y を算出する。エッジシフト検出部 16 は、デジタルイコライザ部 8 から出力された波形等化された再生信号と、復号部 9 から出力された 2 値化信号とを受け取る。エッジシフト検出部 16 は、2 値化信号と、デジタルイコライザ部 8 の波形等化で目標とした周波数特性から期待値信号を生成する。エッジシフト検出部 16 は、再生信号と、期待値信号との信号差を検出する。実施の形態 2 における信号差 Y は、記録マークのエッジ部における再生信号と期待値信号の差である。

[0198] エッジシフト検出部 16 は、信号差を検出パターンごとに算出する。このとき、後述の演算処理において、行列演算が必要となるため、検出パターンごとに算出された信号差 Y は、行列で表現される。これにより、(数 1) における左辺に相当する行列が得られる。なお、S 2 0 0 1 における再生信号を第 1 の再生信号とする。また、S 2 0 0 1 で得られる行列を第 1 の行列とする。

[0199] (S 2 0 0 2) 次に、特定エッジの変化による再生信号の取得を行う。次

に、エッジシフト検出部 16 は、1つの検出パターンに対するエッジを所定量変化させたときの再生信号を取得する。S 2002における再生信号は、上述したように、孤立波形の変化量を、第1の再生信号に加算して求めることができる。このとき、孤立波形の変化量を第1の再生信号に加算する位置は、所定量変化させたエッジ部である。また、孤立波形は、1Tあたりの応答特性であり、デジタルイコライザ部8の波形等化で目標とした周波数特性と等しい。

[0200] なお、S 2002における再生信号の取得は別の方法でも構わない。例えば、実際に記録パルスの条件を所定量変化させて、図19のS 1903の記録再生を実行して再生される再生信号でも構わない。なお、S 2002における再生信号を第2の再生信号とする。

[0201] (S 2003) 次に、検出パターンに対する信号差 $Y Y$ を算出する。エッジシフト検出部 16 は、S 2002で得られた第2の再生信号と、期待値信号との信号差 $Y Y$ を検出する。エッジシフト検出部 16 は、信号差を検出パターンごとに算出する。このとき、後述の演算処理において、行列演算が必要となるため、検出パターンごとに算出された信号差 $Y Y$ は、行列で表現される。これにより、(数2)における左辺に相当する行列が得られる。なお、S 2003で得られる行列を第2の行列とする。

[0202] (S 2004) 次に、特定エッジに関する変換係数の演算を実行する。エッジシフト検出部 16 は、S 2001で得られた第1の行列、S 2003で得られた第2の行列、及びS 2002における所定変化量から、S 2002で変化させた特定エッジに関する変換係数を演算する。エッジシフト検出部 16 は、(数3)を用いて、変換係数の行列要素を演算する。すなわち、第1の行列と第2の行列の差分を所定量で除算して、特定エッジに対する変換係数の行列を演算する。(数3)では、行列要素 $A(1, 1) \sim A(1, 32)$ を求めることになる。これにより、特定エッジに関する変換係数を求めることができる。

[0203] (S 2005) 全てのエッジに対して、変換係数を求めたかどうかを確認

する。すなわち、エッジシフト検出部 16 は、検出パターンのすべてのエッジに対して、変換係数を求めたかどうかを確認する。実行されていない場合（No の場合）であれば、実行されていないエッジに対して、S2002 のステップに戻る。実行されている場合（Yes の場合）は、であれば、次の S2006 に進む。

[0204] なお、S2005 の代わりに、S2002～S2004 を、検出パターンのすべてのエッジを順番に実行するフローチャートでも構わない。

[0205] （S2006）検出パターンすべてのエッジシフトを演算する。エッジシフト検出部 16 は、S2001 で得られた第 1 の行列、S2002～S2005 で得られた変換係数の行列を用いて、検出パターンすべてのエッジシフトエッジシフトを演算する。エッジシフトは、（数 1）で示すように、第 1 の行列、及び変換係数の逆行列から演算できる。

[0206] このようにして、エッジシフト検出部 16 は、エッジのずれであるエッジシフトを検出することができる。

[0207] 以上のようにして、特定のエッジ部に対する信号差を変化させ、干渉するエッジ部のエッジシフトの変化量を検出することで、エッジシフトの干渉関係を推定することができ、最終的に各検出パターンに対するエッジシフトの検出を行うことができる。すなわち、記録マークのエッジシフトに対する記録補償を行うことができる。これにより、エッジシフトのない記録マークを形成することができ、再生信号全体としてエラーの少ない記録を行うことができる。

[0208] 実施の形態 2 において、記録再生動作を説明するために、再生部 1501、記録部 1503 を含んだ情報記録再生装置 1500 として説明したが、記録補償部 1502 のみを有する構成でも構わない。この場合、記録補償部 1502 は、デジタル化された再生信号からエッジシフトを検出するエッジシフト検出装置として適用され、再生信号のエッジシフトを評価する装置として使用可能である。

[0209] 実施の形態 2 における検出パターンは、5 T 以上の記録マーク及びスパー

スの長さを一つにまとめたが、5 Tから最長マークまでの記録マーク及びスペースに対して各々設定しても構わない。

[0210] なお、レーザ光の波長、対物レンズの開口数NAなどの数値は上記に限定されない。

[0211] なお、本実施の形態における処理手順は、上記した各ステップを実行し得る限り、任意の手順を有し得る。また、本開示は、実施の形態における情報記録再生装置の機能を実行させるための記録再生プログラムであってもよい。記録再生プログラムは、本実施の形態における情報記録再生装置内部のメモリに格納されていてもよい。あるいは、情報記録再生装置の出荷後に、記録再生プログラムを情報記録再生装置内部のメモリに格納するようにしてもよい。例えば、インターネットを経由して情報記録再生装置内部のメモリにアクセスして、記録再生プログラムを情報記録再生装置内部のメモリに格納してもよい。あるいは、情報記録再生装置が記録再生プログラムの情報が記録された情報記録媒体を再生し、記録再生プログラムを情報記録再生装置内部のメモリに格納するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0212] 本開示は、レーザ光や電磁力などによってデータ信号の記録を行う種々の情報記録媒体に対して、情報の記録再生を行う情報記録再生装置に適用可能である。具体的には、光ディスク装置を用いたレコーダー、データアーカイバ装置などに、適用可能である。

符号の説明

- [0213]
- 1 情報記録媒体
 - 2 光ヘッド
 - 3 プリアンプ部
 - 4 AGC部
 - 5 アナログイコライザ部
 - 6 A/D変換部
 - 7 PLL部

- 8 デジタルイコライザ部
- 9 復号部
- 10 信号差検出部
- 11 記録パターン発生部
- 12 記録パルス生成部
- 13 レーザ駆動部
- 14 記録パワー設定部
- 15 情報記録制御部
- 16 エッジシフト検出部
- 100, 1500 情報記録再生装置
- 101, 1501 再生部
- 102, 1502 記録補償部
- 103, 1503 記録部
- 201 レーザ光のスポット
- 202, 203, 204, 205, 502, 505, 701, 704, 801, 803a, 803b, 803c, 803d, 803e 記録マーク
- 206 エッジ部
- 207, 208, 209, 210 符号間干渉
- 211 熱干渉
- 301 ピークパワー P_p
- 302 ボトムパワー P_b
- 303 クーリングパワー P_c
- 304 スペースパワー P_s
- 305 消光レベル
- 501 孤立マーク
- 503, 504, 802 スペース
- 506, 601, 702 再生信号
- 602, 703 期待値信号

請求の範囲

[請求項1] 情報記録媒体に記録された情報であるアナログ信号からデジタル信号を生成する再生部と、

前記デジタル信号から2値化信号を復号し、前記2値化信号に基づいて期待値信号を生成し、前記デジタル信号と前記期待値信号の信号差を検出し、前記信号差に基づいて前記情報記録媒体に情報を記録するための記録条件を調整する記録補償部と、

前記記録条件に基づいて、前記情報記録媒体に情報を記録する記録部と、を備え、

前記記録条件の調整は、

第1の記録マークの前後のスペースの長さ、および第2の記録マークの前後のスペースの長さが符号間干渉しない長さである第1の記録データを用いて記録条件の調整を行う第1の記録補償を実行し、

前記第1の記録補償を実行した前記第1の記録マークの前方あるいは後方に、前記第1の記録補償を実行した第2の記録マークを配置し、前記第1の記録マーク及び前記第2の記録マークにはさまれたスペースの長さを一定とし、前記第2の記録マークの長さを変化させる第2の記録データを用いて、前記第1の記録マークに対する記録条件の調整を行う第2の記録補償を実行する、
情報記録再生装置。

[請求項2] 前記第2の記録データにおいて、前記第2の記録マークとは逆側で前記第1の記録マークに隣接するスペースの長さ、及び前記第1の記録マークとは逆側で前記第2の記録マークに隣接するスペースの長さは、符号間干渉しない長さである、請求項1に記載の情報記録再生装置。

[請求項3] 情報記録媒体に記録された情報であるアナログ信号からデジタル信号を生成する再生ステップと、

前記デジタル信号から2値化信号を復号し、前記2値化信号に基づ

いて期待値信号を生成し、前記デジタル信号と前記期待値信号の信号差を検出し、前記信号差に基づいて前記情報記録媒体に前記情報を記録するための記録条件を調整する記録補償ステップと、

前記記録条件に基づいて、前記情報記録媒体に前記情報を記録する記録ステップと、を備え

前記記録条件の調整は、

第1の記録マークの前後のスペースの長さ、および第2の記録マークの前後のスペースの長さが符号間干渉しない長さである第1の記録データを用いて記録条件の調整を行う第1の記録補償を実行し、

前記第1の記録補償を実行した前記第1の記録マークの前方あるいは後方に、前記第1の記録補償を実行した第2の記録マークを配置し、前記第1の記録マーク及び前記第2の記録マークにはさまれたスペースの長さを一定とし、前記第2の記録マークの長さを変化させる第2の記録データを用いて、前記第1の記録マークに対する記録条件の調整を行う第2の記録補償を実行する、
情報記録再生方法。

[請求項4]

情報記録媒体に記録された情報であるアナログ信号からデジタル信号を生成する再生部と、

前記デジタル信号から2値化信号を復号し、前記2値化信号に基づいて期待値信号を生成し、前記デジタル信号と前記期待値信号の信号差を検出し、前記信号差に基づいて前記情報記録媒体に前記情報を記録するための記録条件を調整する記録補償部と、

前記記録条件に基づいて、前記情報記録媒体に前記情報を記録する記録部と、を備え、

前記記録条件の調整は、前記信号差から検出パターンごとにエッジのずれであるエッジシフトを検出して記録補償を実行することであり、

第1の再生信号と期待値信号との信号差を検出パターンごとに算

出して行列化した第1の行列を検出し、

前記検出パターンに対するエッジを所定量変化させたときの第2の再生信号を取得し、

前記第2の再生信号と期待値信号との信号差を検出パターンごとに算出して行列化した第2の行列を検出し、

前記第1の行列と前記第2の行列の差分を前記所定量で除算して、前記エッジに対する変換係数の行列を演算し、

前記第1の行列、及び前記変換係数の逆行列からエッジシフトを演算する、情報記録再生装置。

[請求項5] 前記変換係数の行列は、前記検出パターンの総数に対する正方行列であることを特徴とする請求項4に記載の情報記録再生装置。

[請求項6] 情報記録媒体に記録された情報であるアナログ信号からデジタル信号を生成する再生ステップと、

前記デジタル信号から2値化信号を復号し、前記2値化信号に基づいて期待値信号を生成し、前記デジタル信号と前記期待値信号の信号差を検出し、前記信号差に基づいて前記情報記録媒体に前記情報を記録するための記録条件を調整する記録補償ステップと、

前記記録条件に基づいて、前記情報記録媒体に前記情報を記録する記録ステップと、を備え、

前記記録条件の調整は、前記信号差から検出パターンごとにエッジのずれであるエッジシフトを検出して記録補償を実行することであり、

第1の再生信号と期待値信号との信号差を検出パターンごとに算出して行列化した第1の行列を検出し、

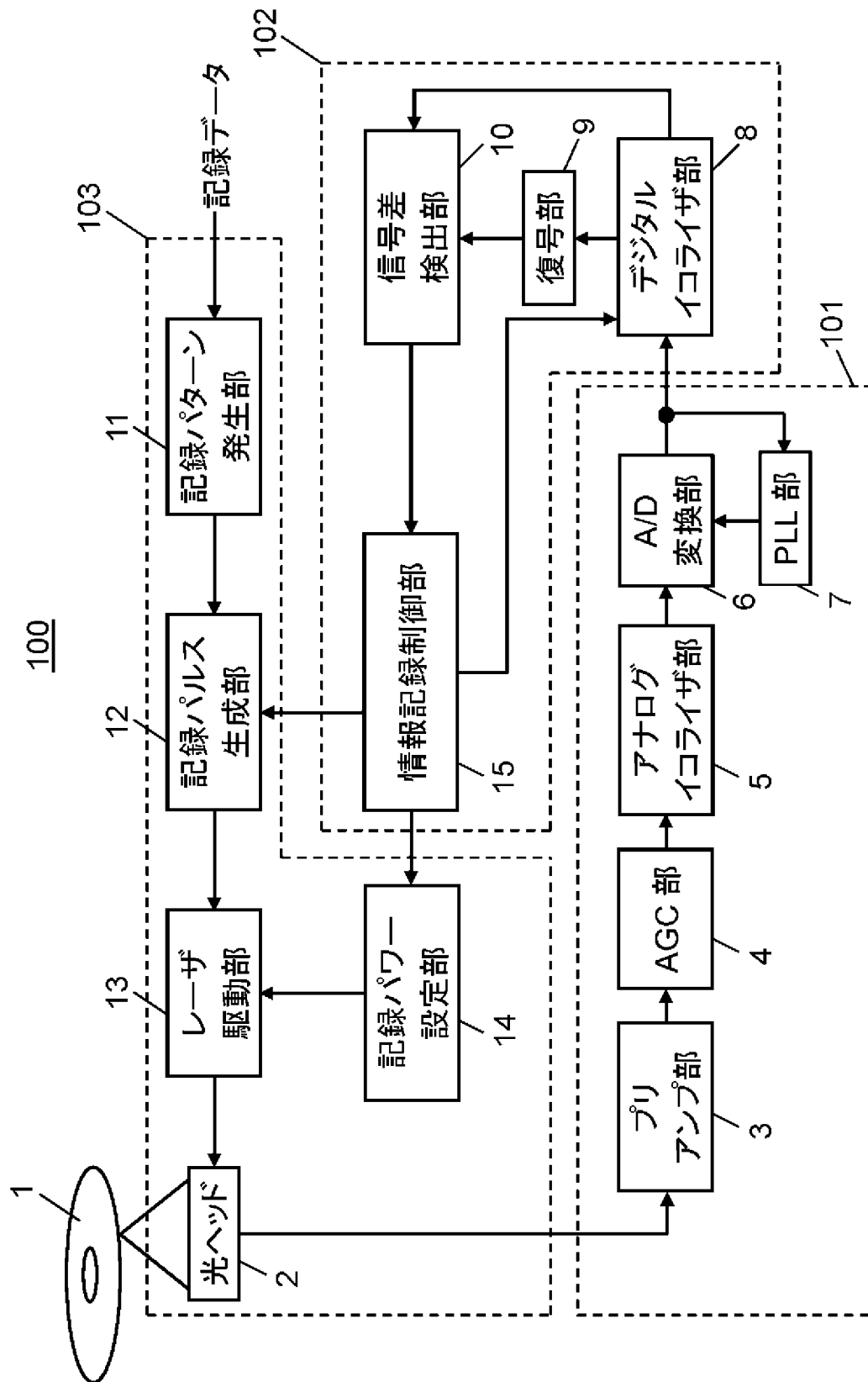
前記検出パターンに対するエッジを所定量変化させたときの第2の再生信号を取得し、

前記第2の再生信号と期待値信号との信号差を検出パターンごとに算出して行列化した第2の行列を検出し、

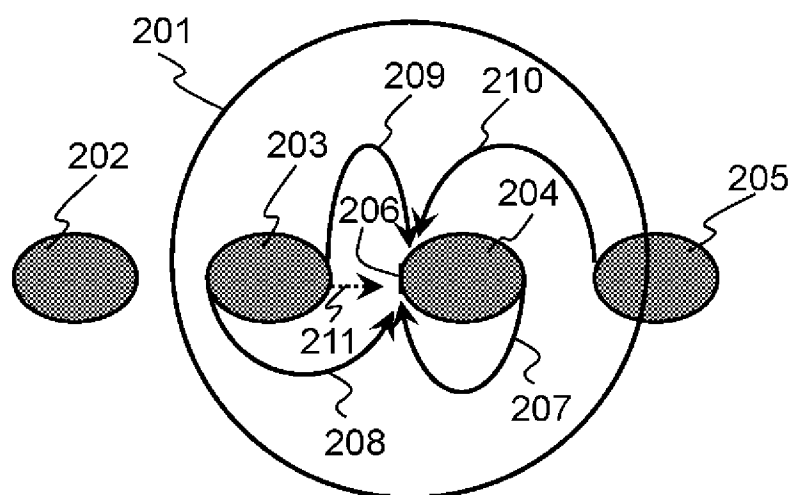
前記第 1 の行列と前記第 2 の行列の差分を前記所定量で除算して、前記エッジに対する変換係数の行列を演算し、

前記第 1 の行列、及び前記変換係数の逆行列からエッジシフトを演算する、情報記録再生方法。

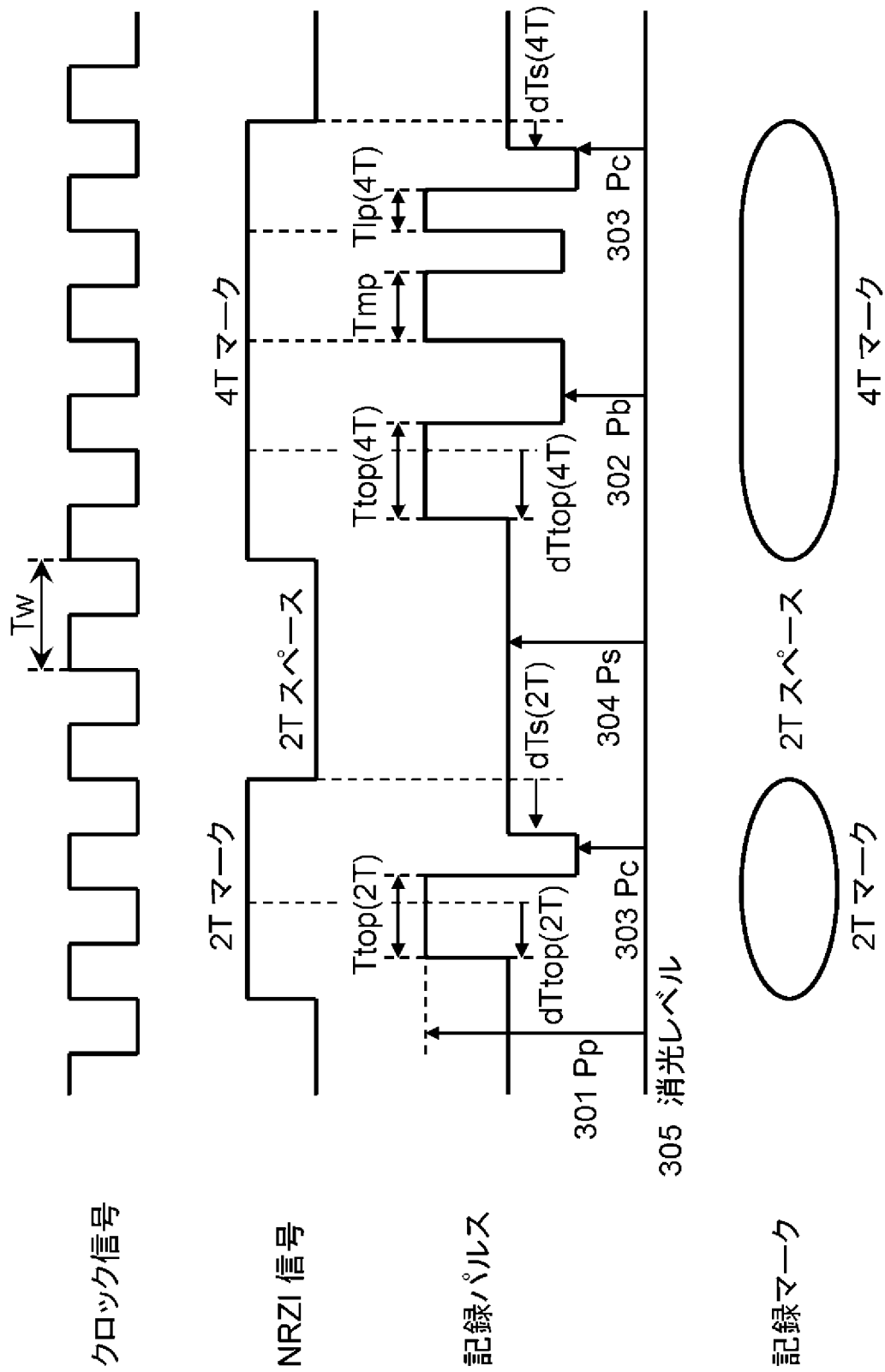
[図1]



[図2]



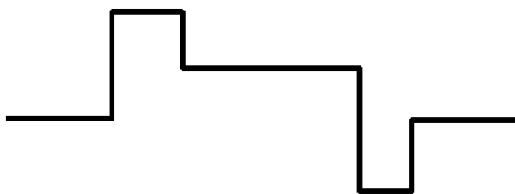
[図3]



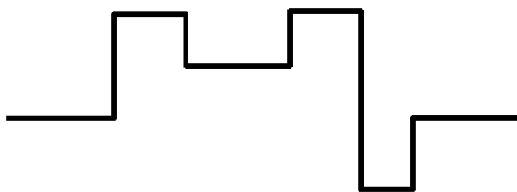
[図4A]



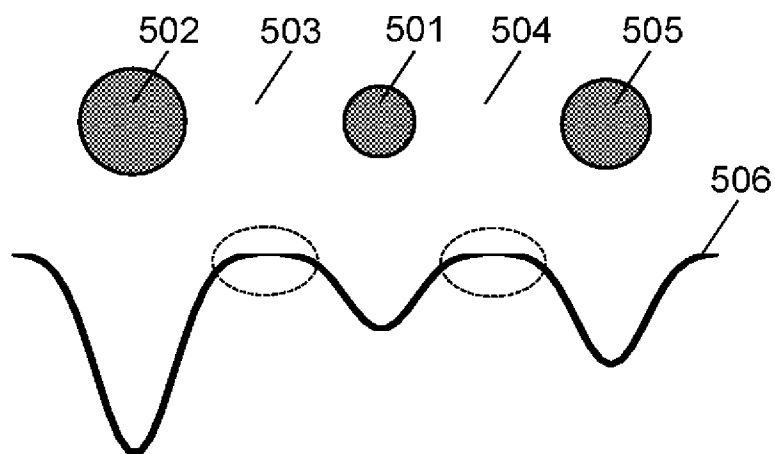
[図4B]



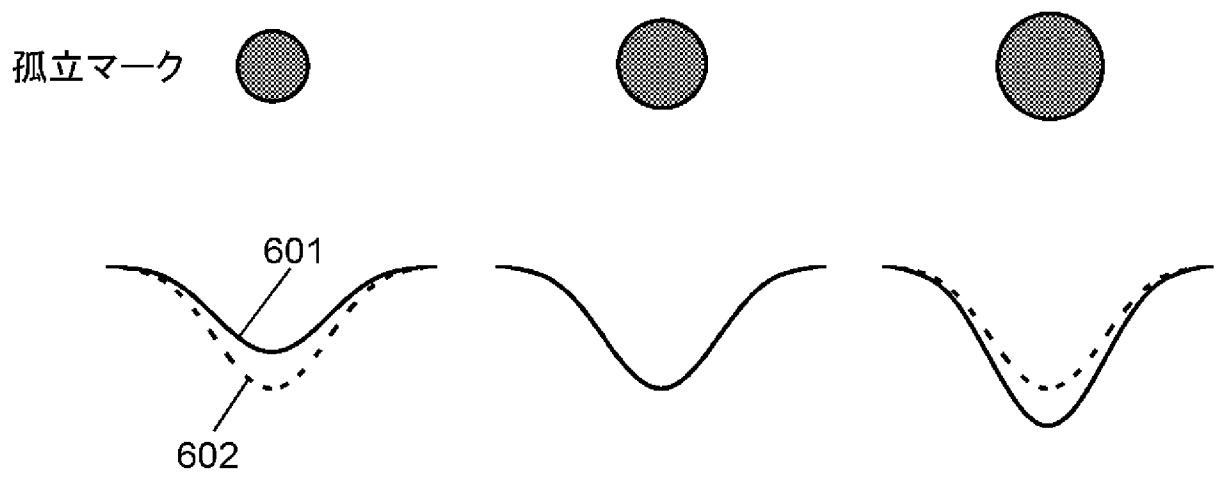
[図4C]



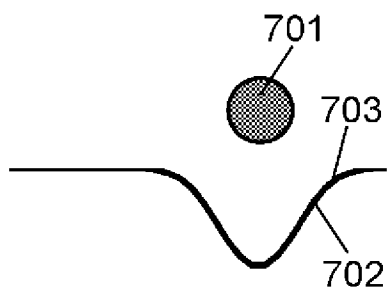
[図5]



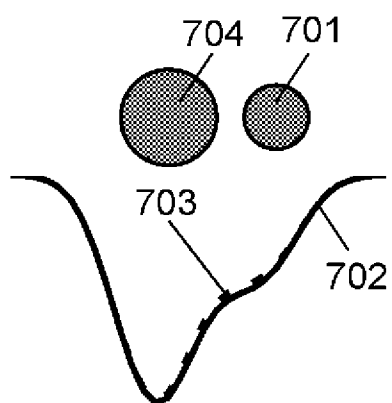
[図6]



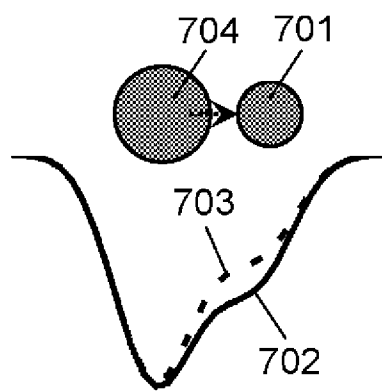
[図7A]



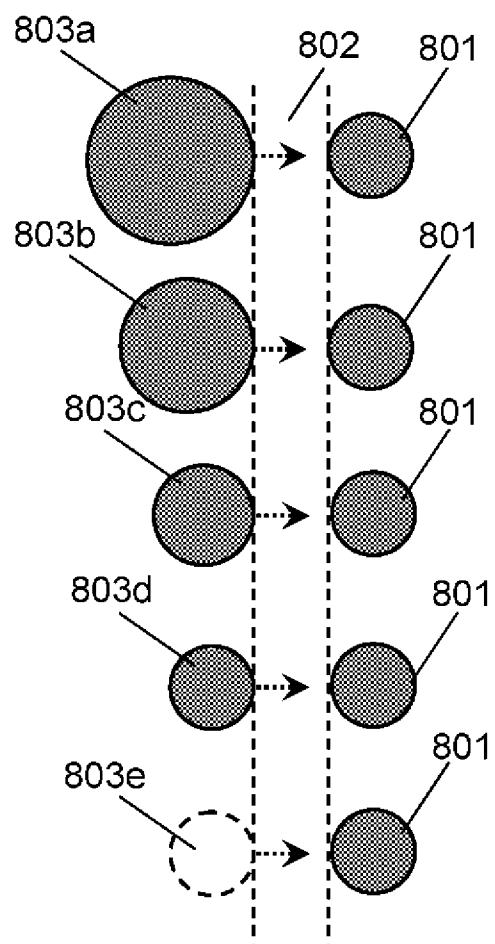
[図7B]



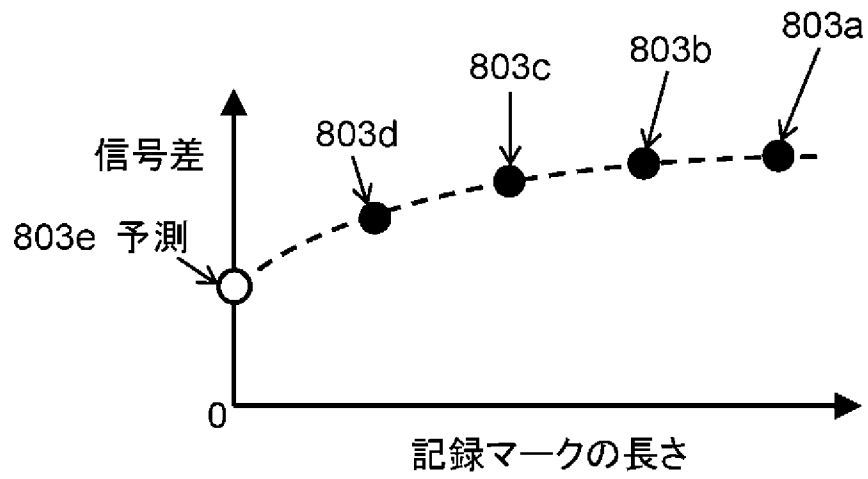
[図7C]



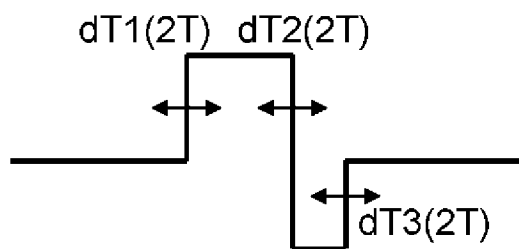
[図8]



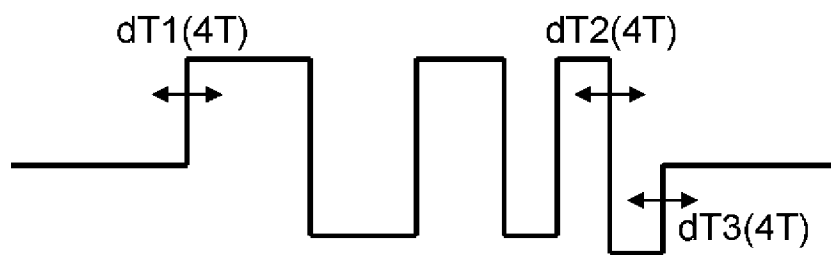
[図9]



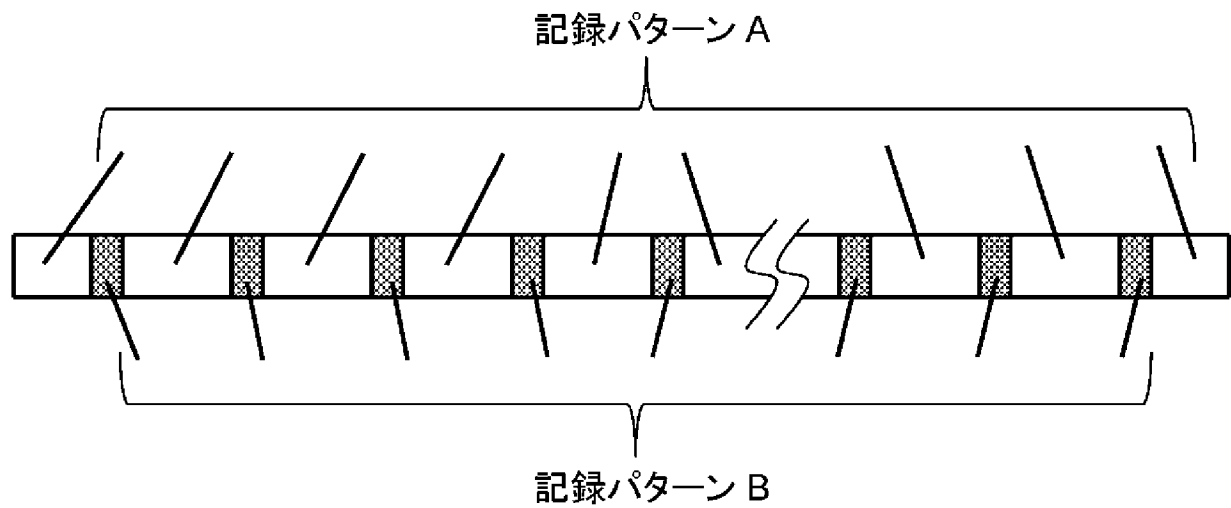
[図10A]



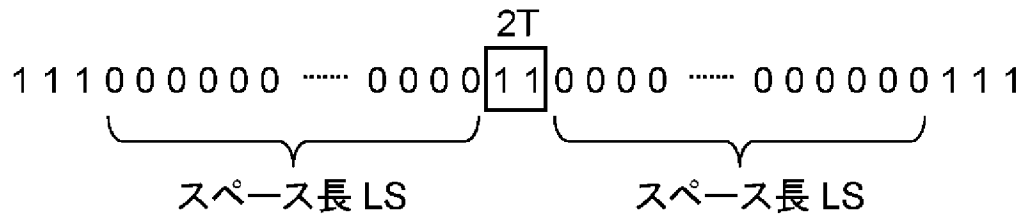
[図10B]



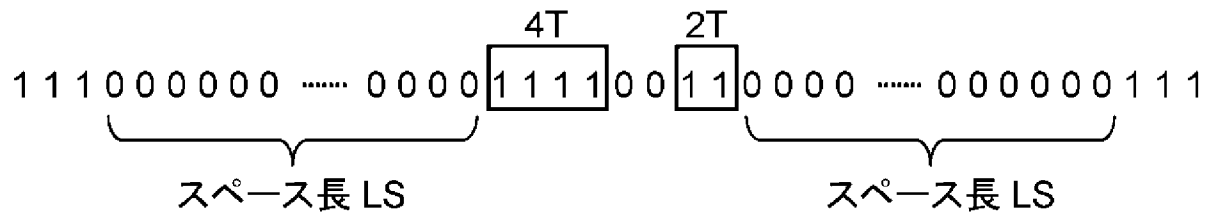
[図11]



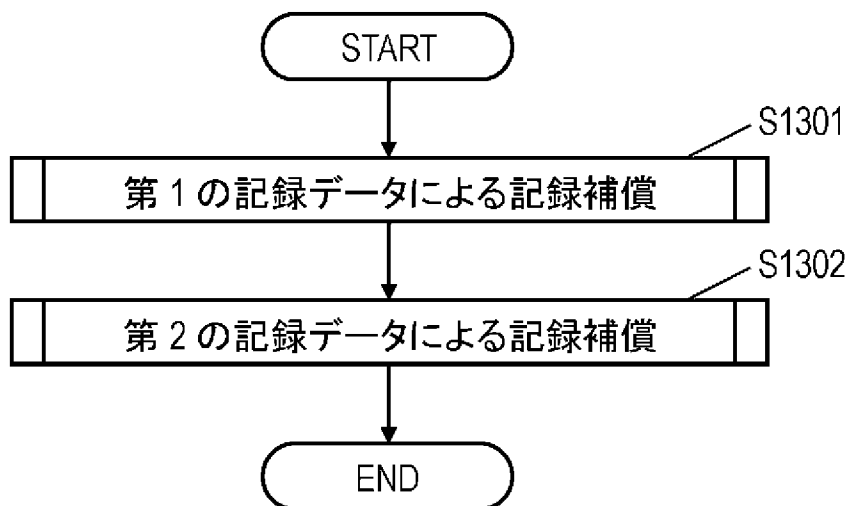
[図12A]



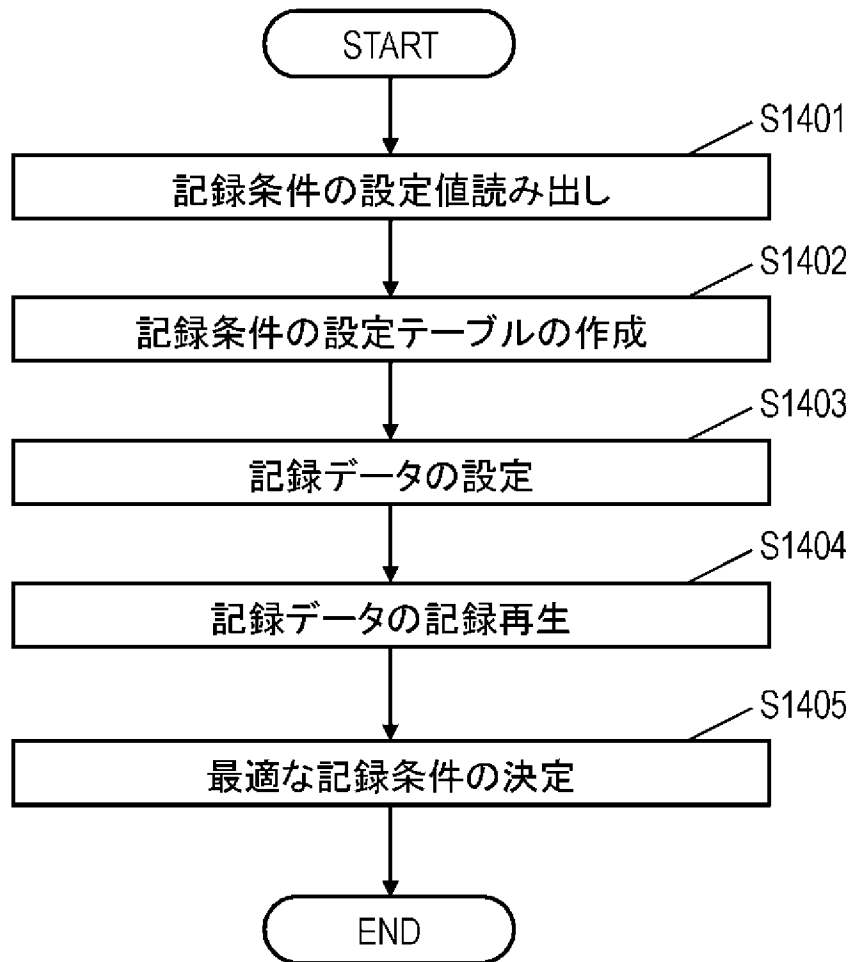
[図12B]



[図13]



[図14]



[illegible]

[図16A]

		記録マーク			
		2T	3T	4T	$\geq 5T$
前スペース	2T	X1	X5	X9	X13
	3T	X2	X6	X10	X14
	4T	X3	X7	X11	X15
	$\geq 5T$	X4	X8	X12	X16

[図16B]

		記録マーク			
		2T	3T	4T	$\geq 5T$
前スペース	2T	X17	X21	X25	X29
	3T	X18	X22	X26	X30
	4T	X19	X23	X27	X31
	$\geq 5T$	X20	X24	X28	X32

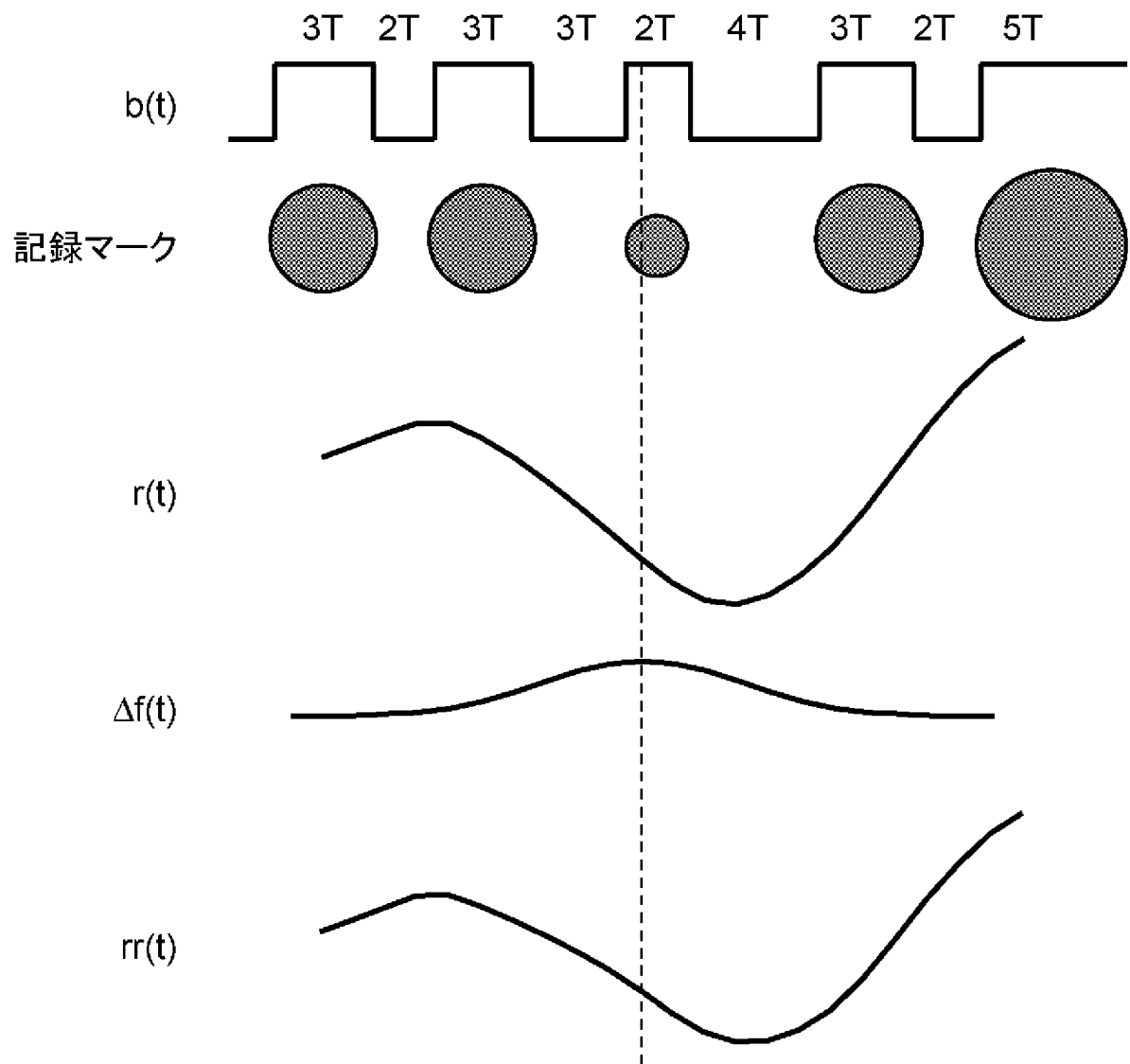
[図17A]

		記録マーク			
		2T	3T	4T	$\geq 5T$
前スペース	2T	Y1	Y5	Y9	Y13
	3T	Y2	Y6	Y10	Y14
	4T	Y3	Y7	Y11	Y15
	$\geq 5T$	Y4	Y8	Y12	Y16

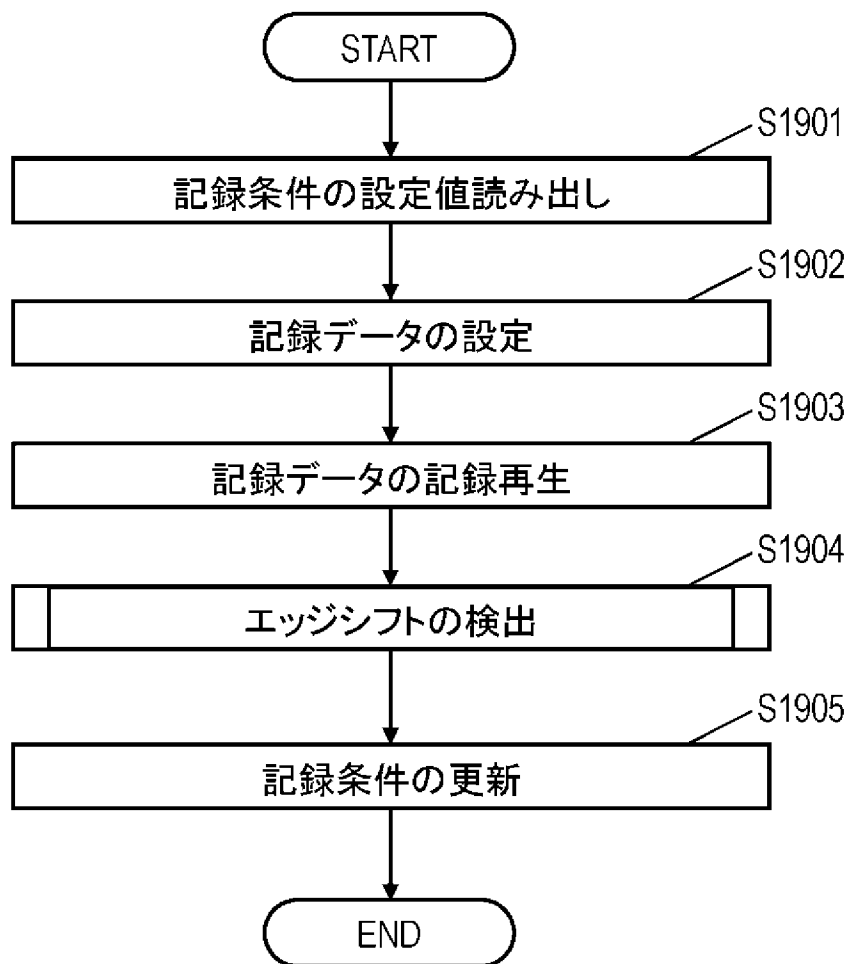
[図17B]

		記録マーク			
		2T	3T	4T	$\geq 5T$
前スペース	2T	Y17	Y21	Y25	Y29
	3T	Y18	Y22	Y26	Y30
	4T	Y19	Y23	Y27	Y31
	$\geq 5T$	Y20	Y24	Y28	Y32

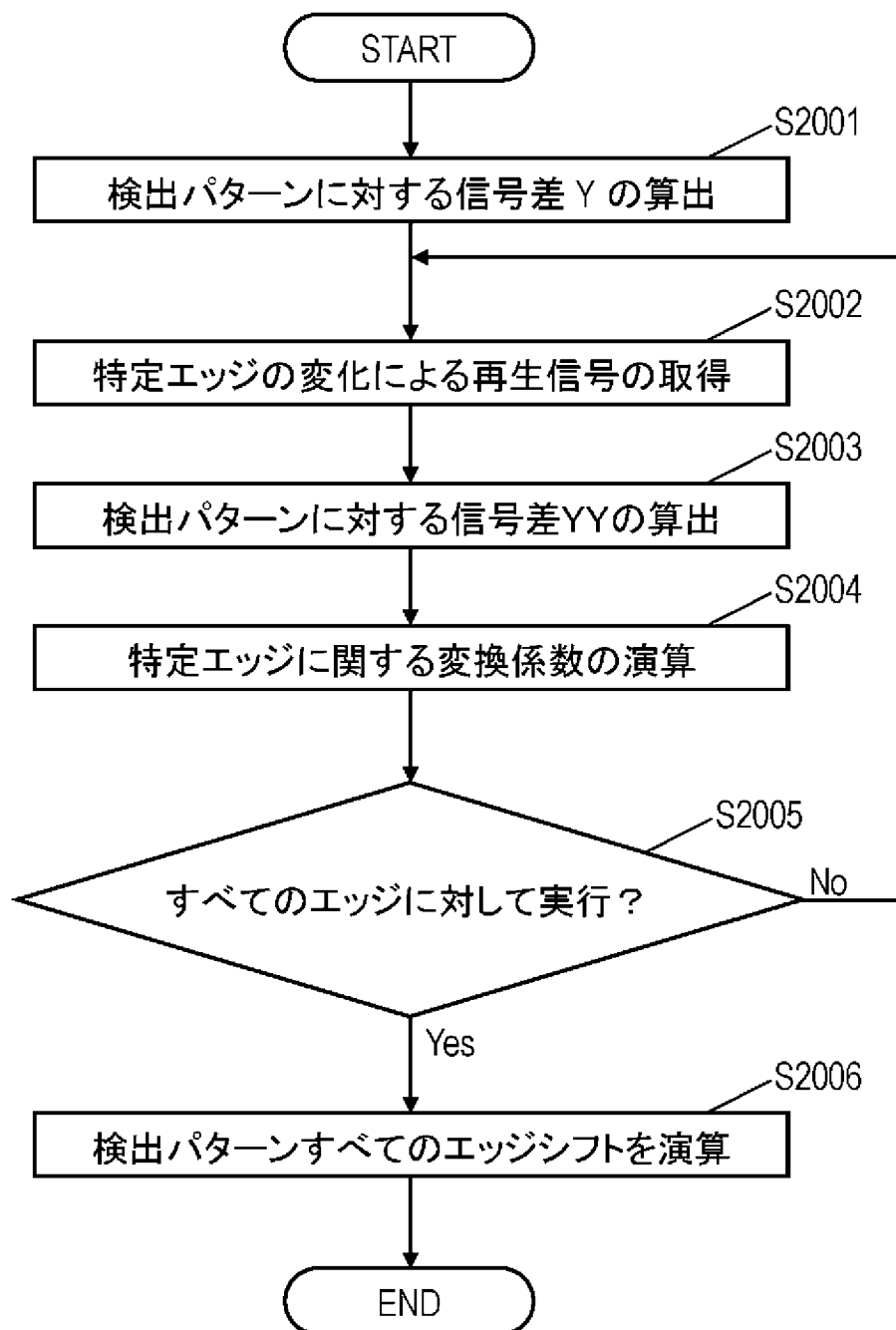
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/004543

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B7/0045(2006.01)i, G11B7/005(2006.01)i, G11B7/1263(2012.01)i,
G11B7/1267(2012.01)i, G11B20/18(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)

G11B7/0045, G11B7/005, G11B7/1263, G11B7/1267, G11B20/18

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-081901 A (Panasonic Corp.), 21 April 2011 (21.04.2011), entire text; all drawings & US 2010/0322057 A1 & WO 2010/041404 A1 & CN 102203857 A & KR 10-2011-0079791 A	1-3
Y	JP 2000-231719 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 August 2000 (22.08.2000), paragraph [0079] & US 6101159 A1 & EP 0984441 A1 & WO 2000/016322 A1 & CN 001318195 A & KR 10-2004-0091132 A	1-3

☒ 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
19 September, 2014 (19.09.14)

Date of mailing of the international search report
30 September, 2014 (30.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/004543

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-112509 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 15 May 2008 (15.05.2008), paragraphs [0022], [0027], [0037], [0046] (Family: none)	4-6
Y	JP 2007-213731 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 23 August 2007 (23.08.2007), paragraphs [0006], [0061] to [0064] & US 2007/0008850 A1	4-6
A	JP 2010-003328 A (Hitachi, Ltd.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0035] to [0037] & US 2009/0316561 A1 & CN 101609695 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B7/0045(2006.01)i, G11B7/005(2006.01)i, G11B7/1263(2012.01)i, G11B7/1267(2012.01)i, G11B20/18(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. G11B7/0045, G11B7/005, G11B7/1263, G11B7/1267, G11B20/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-081901 A（パナソニック株式会社）2011.04.21, 全文, 全図 & US 2010/0322057 A1 & WO 2010/041404 A1 & CN 102203857 A & KR 10-2011-0079791 A	1-3
Y	JP 2000-231719 A（松下電器産業株式会社）2000.08.22, 段落 0079 & US 6101159 A1 & EP 0984441 A1 & WO 2000/016322 A1 & CN 001318195 A & KR 10-2004-0091132 A	1-3

☒ 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

1 9 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

ゆずりは 広行

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

5 D

3 0 4 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-112509 A (三洋電機株式会社) 2008. 05. 15, 段落 0022, 0027, 0037, 0046 (ファミリーなし)	4-6
Y	JP 2007-213731 A (三星電子株式会社) 2007. 08. 23, 段落 0006, 0061-0064 & US 2007/0008850 A1	4-6
A	JP 2010-003328 A (株式会社日立製作所) 2010. 01. 07, 段落 0035-0037 & US 2009/0316561 A1 & CN 101609695 A	1-6