

(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9月19日(19.09.2013)



(10) 国際公開番号

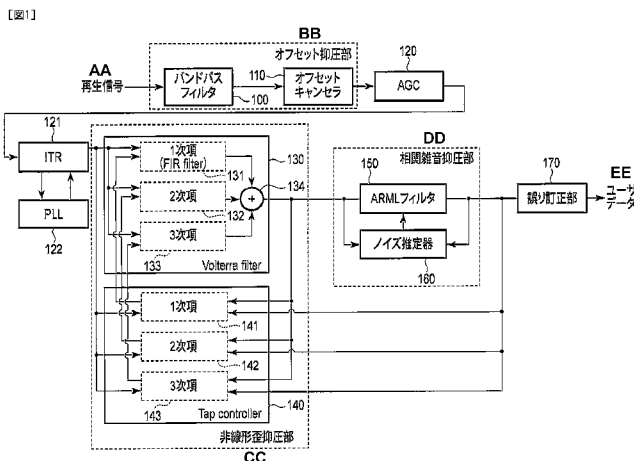
WO 2013/136519 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 20/10 (2006.01) *G11B 20/18* (2006.01)
G11B 20/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056918
- (22) 国際出願日: 2012年3月16日(16.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1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): 小川 昭人 (OGAWA, Akihito) [JP/JP]. 土井 一右 (DOI, Kazuaki) [JP/JP].
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目1番2号 9号 鈴栄特許総合事務所内 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, 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, 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, MD, 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).

[続葉有]

(54) Title: SIGNAL PROCESSING APPARATUS AND INFORMATION REPRODUCING APPARATUS

(54) 発明の名称: 信号処理装置及び情報再生装置



- 100 BANDPASS FILTER
110 OFFSET CANCELLER
130 VOLTERRA FILTER
131, 141 FIRST TERM
132, 142 SECOND TERM
133, 143 THIRD TERM
140 TAP CONTROLLER
150 ARML FILTER
160 NOISE ESTIMATOR
170 ERROR CORRECTING UNIT
AA REPRODUCTION SIGNAL
BB OFFSET SUPPRESSING UNIT
CC NONLINEAR STRAIN SUPPRESSING UNIT
DD CORRELATION NOISE SUPPRESSING UNIT
EE USER DATA

(57) Abstract: According to the embodiment of the present invention, a signal processing apparatus is provided with a first signal processing unit, a second signal processing unit, and a third signal processing unit. The first signal processing unit suppresses offset components left in reproduction signals read out from an optical recording medium, and obtains first signals. The second signal processing unit suppresses nonlinear strain components left in the first signals, and obtains second signals. The third signal processing unit suppresses correlative noise components left in the second signals, and obtains third signals.

(57) 要約: 実施形態によれば、信号処理装置は、第1の信号処理部と、第2の信号処理部と、第3の信号処理部とを備える。第1の信号処理部は、光記録媒体から読み出された再生信号に残留するオフセット成分を抑圧し、第1の信号を得る。第2の信号処理部は、第1の信号に残留する非線形歪成分を抑圧し、第2の信号を得る。第3の信号処理部は、第2の信号に残留する相関雑音成分を抑圧し、第3の信号を得る。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 信号処理装置及び情報再生装置

技術分野

[0001] 実施形態は、光記録媒体の再生信号に対する信号処理に関する。

背景技術

[0002] 光記録媒体は、一般に、高密度化及び多層化されるほど大容量のデータを記録できる。他方、記録条件の最適化処理において精度を確保することが困難となる。故に、光記録媒体からの再生信号に残留する非線形雑音成分（例えば、上下非対称成分など）は増大する。再生信号に残留する非線形雑音成分は、ビットエラーを引き起こし、ユーザデータの再生を妨げるおそれがある。典型的には、光記録媒体の再生装置は、再生信号に残留する雑音成分を抑圧するために例えばFIR（Finite Impulse Response）フィルタを利用する。しかしながら、FIRフィルタは線形等化処理を実現するものであり、非線形雑音成分を十分に抑圧することが困難である。

[0003] 従って、再生信号に残留する非線形雑音成分を抑圧するために、再生信号に対する非線形等化処理が求められる。非線形等化処理を実現するために、種々のフィルタが提案されている。例えば、ニューラルネットワークフィルタ、ボルテラフィルタ、ARML（Auto Regressive Maximum Likelihood）フィルタ、判定帰還型MLフィルタなどは、非線形等化処理を実現できる。

[0004] しかしながら、高密度化及び多層化された光記録媒体からの再生信号には、複数の種別の非線形雑音成分が混入している。故に、上記フィルタのいずれかを単独で用いたとしても、非線形雑音成分を十分に抑圧することが困難であると共にフィルタの適応制御を安定的に実施することが困難である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4419908号公報

特許文献2：特許第4191393号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：International Symposium on Optical Memory 2009 proceedings, “New Signal Quality Evaluation Method for 33.4GB/Layer BDs”

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 実施形態は、光記録媒体からの再生信号に残留する非線形雑音成分を効果的に抑圧することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 実施形態によれば、情報再生装置は、第1の信号処理部と、第2の信号処理部と、第3の信号処理部とを備える。第1の信号処理部は、光記録媒体から読み出された再生信号に残留するオフセット成分を抑圧し、第1の信号を得る。第2の信号処理部は、第1の信号に残留する非線形歪成分を抑圧し、第2の信号を得る。第3の信号処理部は、第2の信号に残留する相関雑音成分を抑圧し、第3の信号を得る。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態に係る情報記録再生装置のうち再生信号処理部を例示するブロック図。

[図2]図1のオフセット抑圧部を例示する図。

[図3]図1のARMLフィルタの動作を説明するためのトレリス線図。

[図4]図1のノイズ推定器によって用いられる雑音モデルを例示する図。

[図5]図1のノイズ推定器を例示するブロック図。

[図6A]第1の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体の仕様を例示する図。

[図6B]第1の実施形態に係る情報記録再生装置の仕様を例示する図。

[図7]第1の比較方式に係る情報記録再生装置のうち再生信号処理部を示すブロック図。

[図8A]第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式を適用した場合のタンジェンシャルチルトに対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図8B]第1の比較方式及び提案方式を適用した場合のタンジェンシャルチルトに対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図9A]第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式を適用した場合の記録パルス幅のずれに対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図9B]第1の比較方式及び提案方式を適用した場合の記録パルス幅のずれに対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図10A]第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式を適用した場合の記録パワー誤差に対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図10B]第1の比較方式及び提案方式を適用した場合の記録パワー誤差に対するチャンネルビットエラー率特性を示すグラフ。

[図11]第1の比較方式、第2の比較方式、第3の比較方式及び提案方式を適用した場合のタンジェンシャルチルト、記録パルス幅及び記録パワーに関するシステムマージンを示すテーブル。

[図12A]第2の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体を例示する図。

[図12B]図12AのA-A'断面図。

[図13]第2の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体のサーボ層及び情報記録層を例示する図。

[図14]第2の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体のサーボ層に形成されるトラックを例示する図。

[図15]ウォブル変調の説明図。

[図16]第2の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体

のサーボ層に記録されるディスク情報を例示する図。

[図17]第2の実施形態に係る情報記録再生装置を例示するブロック図。

[図18]第2の実施形態に係る情報処理装置によって用いられる記録波形を例示する図。

[図19A]第2の実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な光記録媒体の仕様を例示する図。

[図19B]第2の実施形態に係る情報記録再生装置の仕様を例示する図。

[図20A]オフセット抑圧部の制御帯域の性能評価を例示するグラフ。

[図20B]ボルテラフィルタの制御帯域の性能評価を例示するグラフ。

[図20C]ARMLフィルタの入力信号に残留する雑音成分の周波数特性を例示するグラフ。

[図21A]ボルテラフィルタによる線形フィルタ演算において使用されるタップ数の性能評価を例示するグラフ。

[図21B]ボルテラフィルタによる2次フィルタ演算において使用されるタップ数の性能評価を例示するグラフ。

[図21C]ボルテラフィルタによる3次フィルタ演算において使用されるタップ数の性能評価を例示するグラフ。

[図22]ARMLフィルタにおいて使用される雑音相関長の性能評価を例示するグラフ。

[図23A]第2の実施形態に係る情報記録再生装置によって行われるデータ記録処理を例示するフローチャート。

[図23B]第2の実施形態に係る情報記録再生装置によって行われるデータ再生処理を例示するフローチャート。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら実施形態の説明が述べられる。尚、以降、説明済みの要素と同一または類似の要素には同一または類似の符号が付され、重複する説明は基本的に省略される。

[0011] (第1の実施形態)

第1の実施形態に係る情報記録再生装置は、光記録媒体から読み取った再生信号を処理できる。本実施形態に係る情報記録再生装置は、再生信号を処理するために図1に示される再生信号処理部を備えることができる。

[0012] 図1の再生信号処理部は、光記録媒体からの再生信号に残留する非線形雑音成分を効果的に抑圧する。具体的には、再生信号処理部は、オフセット成分の抑圧処理と、非線形歪成分の抑圧処理と、相関雑音成分の抑圧処理とを順番に実施する。

[0013] 再生信号処理部は、図1に示されるように、バンドパスフィルタ100と、オフセットキャンセラ110と、AGC (Auto Gain Controller) 120と、ITR (Interpolated Timing Recovery) 121と、PLL (Phase Locked Loop) 122と、ボルテラフィルタ130と、タップコントローラ140と、ARMLフィルタ150と、ノイズ推定器160と、誤り訂正部170とを備える。

[0014] バンドパスフィルタ100及びオフセットキャンセラ110はオフセット抑圧部として機能する。ボルテラフィルタ130及びタップコントローラ140は、非線形歪抑圧部として機能する。ARMLフィルタ150及びノイズ推定器160は、相関雑音抑圧部として機能する。また、ITR121及びPLL122は、同期処理部として機能する。

[0015] オフセット抑圧部は、入力信号の中心レベルを零に近付ける信号処理を行うことによって、当該入力信号に残留するオフセット成分を抑圧する。

バンドパスフィルタ100は、図示しない光記録媒体から読み取られた再生信号を入力する。バンドパスフィルタ100は、入力した再生信号のうち所望の帯域内の信号成分を通過させ、当該帯域外の信号成分を抑圧する。バンドパスフィルタ100は、フィルタ処理された信号をオフセットキャンセラ110へと出力する。バンドパスフィルタ100は、IIR (Infinite Impulse Response) フィルタまたはFIRフィルタを用いて実装可能である。また、バンドパスフィルタ100は、ハイパス

フィルタに置き換えられてもよい。

- [0016] オフセットキャンセラ 110 は、バンドパスフィルタ 100 から信号を入力する。オフセットキャンセラ 110 は、入力信号に残留するオフセット成分を抑圧し、オフセット抑圧された信号を AGC 120 へと出力する。具体的には、オフセットキャンセラ 110 は、入力信号から当該入力信号の DC 成分を減算することによって、当該入力信号のオフセット成分を抑圧することができる。
- [0017] オフセットキャンセラ 110 は、例えば図 2 に示されるように、減算器 111 と、加算器 112 と、遅延器 113 と、増幅器 114 及び 115 とを備える。図 2 のオフセットキャンセラ 110 の制御帯域は、増幅器 114 及び 115 のゲインを介して調整することができる。
- [0018] 減算器 111 は、増幅器 115 からフィードバックされた信号を入力信号から減算することによって出力信号を得る。加算器 112 は、減算器 111 からの出力信号と、増幅器 114 からフィードバックされた信号とを加算し、遅延器 113 へと出力する。
- [0019] 遅延器 113 は、加算器 112 から信号を入力し、遅延を与える。遅延器 113 は、遅延された信号を増幅器 114 及び 115 へと出力する。増幅器 114 は、遅延器 113 から遅延された信号を入力し、ゲインに応じて振幅を調整してから加算器 112 へとフィードバックする。増幅器 115 は、遅延器 113 から遅延された信号を入力し、ゲインに応じて振幅を調整してから減算器 111 へとフィードバックする。
- [0020] AGC 120 は、オフセット抑圧部からオフセット抑圧された信号を入力する。AGC 120 は、入力信号の振幅が所望の値に近づくように、その振幅を自動的に調整する。AGC 120 は、振幅調整された信号を同期処理部へと出力する。
- [0021] 同期処理部は、AGC 120 から振幅調整された信号を入力する。同期処理部は、入力信号における周波数の時間的な変動を調整する。同期処理部は、同期処理された信号を非線形歪抑圧部へと出力する。

[0022] 非線形歪抑圧部のうちボルテラフィルタ 130 は、入力信号に残留する非線形歪成分（例えば、波形の上下非対称性など）を抑圧する。更に、非線形歪抑圧部のうちタップコントローラ 140 は、ボルテラフィルタ 130 のタップ係数を動的に更新する。故に、入力信号に残留する非線形歪成分が時間的に変動しても、非線形歪抑圧部は安定的に非線形歪成分を抑圧することができる。前述の通り、非線形歪抑圧部はオフセット抑圧された信号を入力する。故に、オフセット成分に起因する波形のずれが上下非対称成分として誤って抑圧される事態を防止できる。また、非線形歪抑圧部のボルテラフィルタ 130 の制御帯域をオフセット抑圧部の制御帯域を低く設定することにより、ボルテラフィルタ 130 を安定的に適応制御することが可能となる。

[0023] ボルテラフィルタ 130 は、同期処理部から同期処理された信号を入力する。ボルテラフィルタ 130 は、入力信号に対してボルテラフィルタ処理を行い、フィルタ処理された信号をタップコントローラ 140 及び相関雑音抑圧部へと出力する。ボルテラフィルタ 130 は、例えば図 1 に示されるように、1 次項のためのフィルタ演算器 131 と、2 次項のためのフィルタ演算器 132 と、3 次項のためのフィルタ演算器 133 とを備えることができる。即ち、図 1 のボルテラフィルタ 130 は、3 次のフィルタ処理を行うことができる。具体的には、ボルテラフィルタ 130 は、下記数式（1）に示されるフィルタ処理を行うことができる。

[数1]

$$\begin{aligned}
 y(t) = & \sum_i^{I-1} h_1(t, i) \cdot x(t-i) \\
 & + \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} h_2(t', j, k) \cdot x(t'-j) \cdot x(t'-k) \\
 & + \sum_{f=0}^{F-1} \sum_{g=0}^{G-1} \sum_{h=0}^{H-1} h_3(t'', f, g, h) \cdot x(t''-f) \cdot x(t''-g) \cdot x(t''-h)
 \end{aligned} \tag{1}$$

[0024] 数式（1）において、右辺第 1 項は 1 次フィルタ演算（即ち、線形フィル

タ演算)を表し、右辺第2項は2次フィルタ演算を表し、右辺第3項は3次フィルタ演算を表す。尚、数式(1)によれば、線形フィルタ演算は、通常のFIRフィルタ処理に相当する。数式(1)のフィルタ処理によれば、2次歪成分(例えば、波形の上下非対称性)に加えてより高次の歪成分を抑圧することができる。

[0025] 数式(1)において、 $x(t)$ はボルテラフィルタ130の入力信号を表し、 $y(t)$ はボルテラフィルタ130の出力信号を表す。また、 h_1 は線形フィルタ演算のためのタップ係数を表し、 h_2 は2次フィルタ演算のためのタップ係数を表し、 h_3 は3次フィルタ演算のためのタップ係数を表す。 t は、サンプルタイミングを表す。 t' 及び t'' は、2次フィルタ演算及び3次フィルタ演算に関する遅延が補償されたサンプルタイミングを表す。 i は線形フィルタ演算においてタップ番号を特定する変数であり、 l は線形フィルタ演算におけるタップ長を表す。 j 、 k は2次フィルタ演算においてタップ番号を特定する変数であり、 J 、 K は2次フィルタ演算におけるタップ長を表す。尚、 J 、 K は、同一の値であってもよいし、相異なる値であってもよい。 f 、 g 、 h は3次フィルタ演算においてタップ番号を特定する変数であり、 F 、 G 、 H は3次フィルタ演算においてタップ長を表す。 F 、 G 、 H は、同一の値であってもよいし、相異なる値であってもよい。尚、ボルテラフィルタ130が使用するタップ係数($=h_1, h_2, h_3$)は、タップコントローラ140によって動的に更新される。

[0026] タップコントローラ140は、ボルテラフィルタ130が使用するタップ係数を更新する。タップコントローラ140は、更新されたタップ係数をボルテラフィルタ130へと逐次出力する。タップコントローラ140は、例えば図1に示されるように、線形フィルタ演算のためのタップ係数算出器141と、2次フィルタ演算のためのタップ係数算出器142と、3次フィルタ演算のためのタップ係数算出器143とを備えることができる。タップコントローラ140は、具体的には、下記数式(2)に従ってタップ係数を更新する。

[数2]

$$\begin{aligned}
 h_1(t+1, i) &= h_1(t, i) + \mu_1 \cdot e(t) \cdot x(t-i) \\
 h_2(t'+1, j, k) &= h_2(t', j, k) + \mu_2 \cdot e(t') \cdot x(t'-j) \cdot x(t'-k) \\
 h_3(t''+1, f, g, h) &= h_3(t'', f, g, h) + \mu_3 \cdot e(t'') \cdot x(t''-f) \cdot x(t''-g) \cdot x(t''-h)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

[0027] 数式(2)において、 μ_1 は線形フィルタ演算のためのステップサイズパラメータを表し、 μ_2 は2次フィルタ演算のためのステップサイズパラメータを表し、 μ_3 は3次フィルタ演算のためのステップサイズパラメータを表す。尚、ボルテラフィルタ130の制御帯域は、ステップサイズパラメータを介して調整できる。

[0028] また、数式(2)において、 $e(t) = d(t) - y(t)$ であり、 $d(t)$ は復号結果とPR(Partial Response)クラスとに基づいて算出される理想信号レベルを表す。数式(2)はLMS(Least Mean Square)法に基づいている。但し、タップコントローラ140は、LMS以外の技法に基づいてタップ係数を更新してもよい。

[0029] 相関雑音抑圧部のうちノイズ推定器160は、AR(Auto-Regressive)モデルに基づいて、入力信号に残留する相関雑音成分を推定する。相関雑音抑圧部のうちARMLフィルタ150は、入力信号に残留する相関雑音成分を抑圧する。

[0030] 後述されるように、ノイズ推定器160は、過去に入力信号に混入した白色雑音が相関雑音成分に変換されて入力信号に加算されるという仮定に基づいている。故に、入力信号において有色雑音としての非線形歪成分が十分に抑圧されていなければ、ノイズ推定器160による相関雑音成分の推定精度が劣化し、結果的にARMLフィルタ150が有効に機能しないおそれがある。しかしながら、相関雑音抑圧部は非線形歪が抑圧された信号を入力する。故に、相関雑音成分の推定において非線形歪成分が悪影響を及ぼす事態を防止できる。

- [0031] また、相関雑音抑圧部のARMLフィルタ150の制御帯域を非線形歪抑圧部のボルテラフィルタ130の制御帯域に比べて低く設定することにより、ARMLフィルタ150を安定的に適応制御することができる。
- [0032] ARMLフィルタ150は、ARモデルで表現された相関雑音を効果的に抑圧できるMLフィルタである。ARモデルにおいて、雑音の自己相関が仮定される。具体的には、ARMLフィルタ150は、線形な白色雑音ではなく、入力信号のパターン毎に強度が異なり、かつ、時間的な相関性を持つ有色雑音を対象に等化を行う。故に、入力信号にパターン依存性のある雑音成分や時間的な相関性を持つ雑音成分が残留していたとしても、ARMLフィルタ150は係る雑音成分を効果的に抑圧できる。
- [0033] MLフィルタは、ビタビアルゴリズム、BCJR (Bahler-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズム、MLM (Max-Log-Map) アルゴリズムまたはSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) などに基づいて実現される。例えば、MLフィルタの後段において硬判定結果（即ち、1または0の2値データ）に対する誤り訂正処理（例えば、リードソロモン符号の復号処理）が行われる場合には、MLフィルタは硬判定結果を出力するアルゴリズム（例えば、ビタビ等化アルゴリズム）に基づいて構成される。他方、MLフィルタの後段において軟判定結果に対する誤り訂正処理（例えば、LDPC (Low Density Parity Check) 符号の復号処理）が行われる場合には、MLフィルタは軟判定結果を出力するアルゴリズム（例えば、BCJRアルゴリズム、MLMアルゴリズムまたはSOVAアルゴリズム）に基づいて構成される。
- [0034] ARMLフィルタ150は、ブランチ毎にメトリックと呼ばれる尤度指標を計算し、当該メトリックに基づいて最も確からしいパスを判定することによって、再生信号の硬判定結果または軟判定結果を得る。ARMLフィルタ150は、再生信号の硬判定結果または軟判定結果をノイズ推定器160及び誤り訂正部170へと出力する。

[0035] ここで、ブランチとは所与の時刻のステートから次の時刻のステートへの遷移を指しており、ブランチ毎に理想信号を導出することができる。パスとは所与の時刻のステートに至るまでに通過した1以上のブランチを連結したものである。ステートは、例えば図3に示されるように、所与の時刻とその1つ前の時刻とにおいて発生可能なデータパターン毎に定義される。例えば、ステート＝(0, 0)に注目すると、ステート＝(0, 0)へのブランチM1と、ステート＝(0, 1)へのブランチM2とが存在する。同様に、ステート(1, 1)に注目すると、ステート(1, 0)へのブランチM7とステート(1, 1)へのブランチM8とが存在する。例えばビタビアルゴリズムによれば、パスを構成するブランチのメトリックが積算され、メトリック積算値の最も小さいパスが最も確からしいと評価される。

[0036] MLフィルタにおけるメトリックは、例えば下記数式(3)に従って計算できる。

[数3]

$$M\omega = \log(PD_{\text{Norm}\omega}) = \ln \sigma^2 + \frac{(s_\omega + m_\omega - y_k)^2}{\sigma^2} \quad (3)$$

[0037] 数式(3)において ω は、ブランチを特定する変数を表す。即ち、 $M\omega$ はブランチ＝ ω のメトリックである。数式(3)によれば、メトリックは、ブランチに対応する確率密度関数＝ $PD_{\text{Norm}\omega}$ を対数化したものである。そして、この確率密度関数は、白色雑音の標準偏差＝ σ と、ブランチ＝ ω に対応する理想信号＝ s_ω と、理想信号からのオフセット誤差＝ m_ω と、入力信号＝ y とに基づいて計算することができる。

[0038] 他方、ARMLフィルタ150は、メトリックを下記数式(4)に従って計算できる。

[数4]

$$M[AR]_{\omega} = \ln \sigma_{\omega}^2 + \frac{\left\{ (s_{\omega,k} + m_{\omega} - y_k) - \sum_{l=1}^L w_{l\omega} (s_{\omega,k-1} + m_{\omega,k-1} - y_{k-1}) \right\}^2}{\sigma_{\omega}^2} \quad (4)$$

- [0039] 数式(4)において、 $M[AR]_{\omega}$ はブランチ= ω のメトリックを表す。 L は雑音相関長を表し、 w_{ω} はブランチ= ω に対応する雑音の相関係数セットを表す。数式(4)によれば、ARMLフィルタ150は、ブランチ= ω に対応する白色雑音の標準偏差= σ_{ω} と、ブランチ= ω に対応する理想信号 s_{ω} と、理想信号からのオフセット誤差= m_{ω} と、入力信号= y と、雑音の相関係数セット= w_{ω} とに基づいてメトリックを計算できる。尚、オフセット誤差、白色雑音の標準偏差及び雑音の相関係数セットは、ノイズ推定器160によって推定される。
- [0040] ノイズ推定器160は、図4に例示される雑音モデルに基づいて、ブランチ= ω 毎に、オフセット誤差 m_{ω} と、白色雑音の標準偏差 σ_{ω} と、雑音の相関係数セット w_{ω} とを推定する。具体的には、ノイズ推定器160は、入力信号= d_k に対して図4の雑音モデルに従って発生した雑音が混入して再生信号= y_k が得られたという仮定に基づいて、オフセット誤差と、白色雑音の標準偏差と、雑音の相関係数セットとを推定する。図4の雑音モデルによれば、ブランチ= ω に対応する理想信号= s_{ω} 毎に異なるオフセット誤差 m_{ω} が加算される。また、図4の雑音モデルによれば、白色雑音を起源として、サンプル間で相関性のある雑音が発生している。即ち、過去に混入した白色雑音が、ブランチ= ω 毎に異なる雑音の相関係数セット= w_{ω} によって相関雑音に変換されて入力信号に加算される。
- [0041] 図4の雑音モデルによれば、再生信号= y_k 及び理想信号= s_{ω} に基づいて、オフセット誤差 m_{ω} 、白色雑音の標準偏差 σ_{ω} 及び雑音の相関係数セット w_{ω} を数学的に算出することが可能となる。ノイズ推定器160は、非線形歪抑

圧部からの出力信号（即ち、ボルテラフィルタ 130 によってフィルタ処理された信号）を上記再生信号 $= y_k$ として入力し、ARML フィルタ 150 からの出力信号を PR チャンネル等化することによって得られる信号を上記理想信号 $= s_\omega$ として利用する。

[0042] 例えば、ノイズ推定器 160 は、図 5 に示されるように、2 値化器 161 と、PR チャンネルフィルタ 162 と、減算器 163 と、セクタ 164 と、ブランチ $= \omega$ 毎の算出器セットとを備える。

2 値化器 161 は、ARML フィルタ 150 からの出力信号を 2 値化し、PR チャンネルフィルタ 162 へと出力する。尚、ARML フィルタ 150 が 2 値信号（即ち、硬判定結果）を出力する場合には、2 値化器 161 は不要である。

[0043] PR チャンネルフィルタ 162 は、2 値化器 161（或いは ARML フィルタ 150）から 2 値信号を入力する。PR チャンネルフィルタ 162 は、2 値信号に対して PR クラスに応じたフィルタ処理を行い、理想信号を生成する。例えば、信号処理において採用される PR クラスが 12221 であるならば、PR チャンネルフィルタ 162 はタップ係数 $[1, 2, 2, 2, 1]$ を用いる FIR フィルタによって実装できる。PR チャンネルフィルタ 162 は、理想信号を減算器 163 へと出力する。

[0044] 減算器 163 は、非線形雑音抑圧部の出力信号を再生信号として入力し、PR チャンネルフィルタ 162 から理想信号を入力する。減算器 163 は、再生信号から理想信号を減算し、差分信号（即ち、雑音成分）をセクタ 164 へと出力する。

[0045] セクタ 164 は、ARML フィルタ 150 によって判定されたブランチ $= \omega$ を参照し、減算器 163 からの差分信号を当該ブランチに対応する算出器セットへと出力する。差分信号が与えられた算出器セットは、図 4 の雑音モデルに基づいて、ブランチ $= \omega$ に対応する、オフセット誤差 m_ω 、白色雑音の標準偏差 σ_ω 及び雑音の相関係数セット w_ω を算出する。算出されたオフセット誤差 m_ω 、白色雑音の標準偏差 σ_ω 及び雑音の相関係数セット w_ω は、ロー

パスフィルタ（LPF）を經由してARMLフィルタ150内のメトリック算出部（図示されない）へと出力される。

[0046] 尚、ノイズ推定器160は、例えば、雑音パラメータ（即ち、算出されたオフセット誤差 m_w 、白色雑音の標準偏差 σ_w 及び雑音の相関係数セット w_w ）を算出するために参照される入力信号のサンプル数、LPFの帯域などを介して、ARMLフィルタ150の制御帯域を調整できる。また、ノイズ推定器160は、図5に例示されるように雑音パラメータを逐次更新してもよいし、これと異なるやり方で雑音パラメータを更新してもよい。具体的には、ノイズ推定器160は、入力信号の一部をトレーニング部分として利用して雑音パラメータの初期値を算出し、当該初期値を次の更新タイミングまで継続使用してもよい。この場合には、ノイズ推定器160は、更新タイミングの周期を介してARMLフィルタ150の制御帯域を調整できる。

[0047] 誤り訂正部170は、ARMLフィルタ150から再生信号の硬判定結果または軟判定結果を入力する。誤り訂正部170は、データ記録時に施されたインタリーブ処理に対応するデインタリーブ処理を行う。それから、誤り訂正部170は、データ記録時に施された誤り訂正符号化（例えば、リードソロモン符号化、LDPC符号化など）に対応する誤り訂正復号を行うことにより、再生データを得る。誤り訂正部170によって得られた再生データは外部に出力される。

[0048] 本実施形態に係る情報記録再生装置は、例えば図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体からデータを再生できる。図6Aの仕様によれば、情報記録層タイプは追記型であり、チャンネルビット長は55.87[nm]であり、トラックピッチは0.32[μm]である。各情報記録層におけるデータの記録容量は33.4GBであり、各情報記録層における反射率は2%程度であり、データは17変調方式によって変調された状態で記録される。

[0049] 他方、本実施形態に係る情報記録再生装置は、例えば図6Bに示される仕様を満足する。図6Bの仕様によれば、対物レンズのNAは0.85であり、データの記録再生に用いられるレーザの波長は405[nm]であり、再

生パワーは1.2[mW]である。信号処理において採用されるPRクラスは12221であり、チャネルビットレートは132Mbpsである。ボルトフィルタ130の次数は3であり、線形フィルタ演算のタップ数は13であり、2次フィルタ演算のタップ数は 13×13 であり、3次フィルタ演算のタップ数は $7 \times 7 \times 7$ である。ARMLフィルタ150において相関雑音長(=L)は2ビットに設定される。

[0050] 以降、実験の結果を参照しながら本実施形態に係る情報記録再生装置の効果が説明される。尚、本実験において用いられた光記録媒体は、図6Aに示される仕様を満たす。

本実験において本実施形態に対する比較方式(便宜的に第1の比較方式と称される)が用意された。第1の比較方式に係る情報記録再生装置は、図7に示される再生信号処理部を備える。図7の再生信号処理部は、バンドパスフィルタ201と、オフセットキャンセラ202と、AGC203と、ITR204と、PLL205と、FIRフィルタ206と、タップコントローラ207と、MLフィルタ208と、参照レベル検出器209と、誤り訂正部210とを備える。

[0051] 図7の再生信号処理部は、非線形雑音成分を抑圧するための機能部において図1の再生信号処理部と異なる。具体的には、図1の非線形歪抑圧部は、図7のFIRフィルタ206及びタップコントローラ207に置き換えられている。また、図1の相関雑音抑圧部は、図7のMLフィルタ208及び参照レベル算出器209に置き換えられている。他方、図7のバンドパスフィルタ201、オフセットキャンセラ202、AGC203、ITR204、PLL205及び誤り訂正部210は、図1のバンドパスフィルタ100、オフセットキャンセラ110、AGC120、ITR121、PLL122及び誤り訂正部170に相当する。

[0052] FIRフィルタ206は、タップコントローラ207から与えられるタップ係数を用いて入力信号に対してFIRフィルタ処理を行う。MLフィルタ208は、ARモデルに基づく雑音成分を考慮しない点でARMLフィルタ

150と異なる。参照レベル算出器209は、上記数式(3)に示されるブランチ $=\omega$ に対応する理想信号からのオフセット誤差 $=m_{\omega}$ を算出し、MLフィルタ208へと出力する。

[0053] 本実験では、更に、第1の比較方式においてMLフィルタ208及び参照レベル算出器209を図1の相関雑音抑圧部に置き換えたもの(便宜的に第2の比較方式と称される)と、第1の比較方式においてFIRフィルタ206及びタップコントローラ207を図1の非線形歪抑圧分に置き換えたもの(第3の比較方式と称される)とが用意された。

[0054] 図8A及び図8Bは、タンジェンシャルチルトに対するチャネルビットエラー率特性の実験結果を示す。図8Aには、第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式の実験結果が描かれている。ここで、タンジェンシャルチルトとは、光記録媒体の再生時における当該光記録媒体の接線方向の傾き[degree]を意味する。

[0055] 図8Aによれば、第2の比較方式及び第3の比較方式は、第1の比較方式に比べて必ずしも良好な特性を示さなかった。換言すれば、第1の比較方式に対して図1の非線形歪抑圧部及び相関雑音抑圧部の一方のみを導入したとしても、図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成することは困難である。

[0056] 他方、図8Bには、第1の比較方式の実験結果に加えて提案方式(即ち、本実施形態に係る情報記録再生装置)の実験結果が描かれている。図8Bによれば、提案方式は広範囲に亘って第1の比較方式よりも良好な特性を達成した。よって、少なくともタンジェンシャルチルトに関して、提案方式は図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成できる。

[0057] 図9A及び図9Bは、記録パルス幅のずれに対するチャネルビットエラー率特性の実験結果を示す。図9Aには、第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式の実験結果が描かれている。ここで、記録パルス幅のずれとは、光記録媒体への記録時における記録パルス幅の最適値からのずれ[T

」を意味する。一般に、記録パルス幅が最適値からずれると、光記録媒体に記録されるマークサイズが変化する。この変化は、再生信号において非線形雑音成分を発生させる要因となる。

[0058] 図9Aによれば、第2の比較方式及び第3の比較方式は、第1の比較方式に比べて必ずしも良好な特性を示さなかった。換言すれば、第1の比較方式に対して図1の非線形歪抑圧部及び相関雑音抑圧部の一方のみを導入したとしても、図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成することは困難である。

[0059] 他方、図9Bには、第1の比較方式の実験結果に加えて提案方式の実験結果が描かれている。図9Bによれば、提案方式は広範囲に亘って第1の比較方式よりも良好な特性を達成した。よって、少なくとも記録パルス幅に関して、提案方式は図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成できる。

[0060] 図10A及び図10Bは、記録パワー誤差に対するチャネルビットエラー率特性の実験結果を示す。図10Aには、第1の比較方式、第2の比較方式及び第3の比較方式の実験結果が描かれている。ここで、記録パワー誤差とは、光記録媒体への記録時における記録パワーの最適値に対する誤差[%]を意味する。一般に、記録パワーが最適値からずれると、光記録媒体に記録されるマークサイズが変化する。この変化は、再生信号において非線形雑音成分を発生させる要因となる。

[0061] 図10Aによれば、第2の比較方式及び第3の比較方式は、第1の比較方式に比べて必ずしも良好な特性を示さなかった。換言すれば、第1の比較方式に対して図1の非線形歪抑圧部及び相関雑音抑圧部の一方のみを導入したとしても、図6Aに示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成することは困難である。

[0062] 他方、図10Bには、第1の比較方式の実験結果に加えて提案方式の実験結果が描かれている。図10Bによれば、提案方式は広範囲に亘って第1の比較方式よりも良好な特性を達成した。よって、少なくとも記録パワーに関

して、提案方式は図 6 A に示される仕様を満足する光記録媒体に対して良好な特性を安定的に達成できる。

[0063] 図 8 A、図 8 B、図 9 A、図 9 B、図 10 A 及び図 10 B に示される実験結果から、各方式の各記録再生条件に関するシステムマージンが図 11 に示されるように評価できる。システムマージンは、各種記録条件について許容可能な誤差に相当する。即ち、各種記録条件についての誤差に応じて再生特性は劣化するが、当該誤差がシステムマージンに収まっていれば誤り訂正処理などによって正しい再生データを得ることが可能である。

[0064] 図 11 のシステムマージンを見積もるための閾値として、チャンネルビットエラー率 = 1.0×10^{-4} が用いられた。この閾値は、誤り訂正部 170 に適用されることが想定される誤り訂正符号方式の訂正能力を考慮すれば妥当な値である。図 11 によると、提案方式は、いずれの記録再生条件に関しても第 1 の比較方式、第 2 の比較方式及び第 3 の比較方式に比べて大きなシステムマージンを確保できる。

[0065] 特に、記録パワーに関して言及すると、第 1 の比較方式、第 2 の比較方式及び第 3 の比較方式のマージンはいずれも 25 ~ 26 % 程度であったのに対して提案方式のマージンは 8 ポイント以上高い 34 % であった。尚、光記録媒体における記録パワーのマージンは、一般的に 20 ~ 25 % 程度である。

[0066] 前述のように、本実施形態に係る情報記録再生装置において種々の信号処理パラメータが設定可能である。具体的には、雑音抑圧部の制御帯域、ボルテラフィルタ 130 において使用されるタップ数及びボルテラフィルタ 130 の制御帯域、ARML フィルタ 150 において使用される雑音相関長、ARML フィルタ 150 の制御帯域などが設定可能な信号処理パラメータとして用意される。以降、これらパラメータの設定例が言及される。

[0067] 図 20 A は、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるオフセット抑圧部の制御帯域を変化させた場合の i -MLSE の測定値が示されている。図 20 A において、横軸はオフセット抑圧部の制御帯域を表し、縦軸は i -MLSE を表している。 i -MLSE は、非特許文献 1 に開示される性能評価

指標である。i-MLSEが小さいほど、等化された信号に残留する雑音成分が小さく、データを安定的に再生可能であると評価することができる。図20Aによれば、オフセット抑圧部の制御帯域は概ね15kHzから25kHzの間の範囲で設定されることが好ましい。

[0068] 図20Bは、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるボルテラフィルタ130における処理サンプル数の増加に対するi-MLSEの変化を示す。図20Bでは比較のために、ステップサイズパラメータを段階的に小さく設定することにより条件1-7が用意された。即ち、条件1のステップサイズパラメータが最も大きく、条件7のステップサイズパラメータが最も小さい。

[0069] 一般に、タップコントローラ140がタップ係数を適応制御するので、処理サンプル数の増大に伴ってi-MLSEは良好な値へと次第に収束する。そして、収束するまでに必要とされる処理サンプル数（換言すれば、時間）は、制御帯域が高いほど（即ち、ステップサイズパラメータが大きいほど）小さい。

[0070] 条件3-7に関して言及すると、処理サンプル数の増大に伴ってi-MLSEは良好な値へと次第に収束している。また、ステップサイズパラメータが小さい条件ほど収束するまでに要する処理サンプル数が大きい。しかしながら、ステップサイズパラメータを過剰に大きくすることは必ずしも好ましくない。条件1-2に関して言及すると、処理サンプル数が増大してもi-MLSEは改善せずに寧ろ若干悪化している。

[0071] 以上の結果を考慮すると、条件3-7のうちステップサイズパラメータの大きいものを参考にして、ボルテラフィルタ130の制御帯域を設定することが好ましい。例えば、条件4の下では、処理サンプル数が概ね 2×10^6 に達した時に、i-MLSEが良好な値に収束している（換言すれば、タップ係数の適応制御が収束している）。チャンネルビットレート=132Mbpsとすると、 2×10^6 のサンプルは1.5msecの時間に相当する。即ち、条件4の下でのボルテラフィルタ130の制御帯域は0.7kHz程度とな

る。図20Bによれば、ボルテラフィルタ130の制御帯域は概ね0.7 kHz以下の範囲で設定されることが好ましい。

[0072] 図20Cは、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるノイズ推定器160において推定されたあるパターンの雑音成分の周波数特性を示している。この周波数特性によると100 Hzから低域側（概ね60 Hz付近）に大きな盛り上がりが出現している。また、200 Hzから高域側には断続的に複数の大きな盛り上がりが出現している。100 Hzから低域側の雑音成分は、ARMLフィルタ150の適応制御によって抑圧されるべきものである。他方、200 Hzから高域側の雑音成分はノイズ推定器160による推定のばらつきに起因する成分である。故に、ARMLフィルタ150の制御帯域は例えば300 Hzよりも低く設定されることが好ましい。

[0073] 図21Aは、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるボルテラフィルタ130の線形フィルタ演算において使用されるタップ数を変化させた場合のi-MLSEの測定値を示す。図21Aによれば、概ね7以上11以下の範囲ではタップ数の増加に伴ってi-MLSEが改善するものの、11以上の範囲ではi-MLSEの改善幅が小さい。故に、ボルテラフィルタ130の線形フィルタ演算において使用されるタップ数は、11以上であることが好ましい。

[0074] 図21Bは、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるボルテラフィルタ130の2次フィルタ演算において使用されるタップ数を変化させた場合のi-MLSEの測定値を示す。図21Bによれば、概ね11²以下の範囲ではタップ数の増加に伴ってi-MLSEが改善するものの、11²以上の範囲ではi-MLSEの改善幅が小さい。故に、ボルテラフィルタ130の2次フィルタ演算において使用されるタップ数は、11²以上であることが好ましい。

[0075] 図21Cは、本実施形態に係る情報記録再生装置におけるボルテラフィルタ130の3次フィルタ演算において使用されるタップ数を変化させた場合のi-MLSEの測定値を示す。図21Cによれば、概ね5³以下の範囲では

i-MLSEの改善幅が小さい。故に、ボルテラフィルタの3次フィルタ演算において使用されるタップ数は、 5^3 以上であることが好ましい。

[0076] 図22は、光記録媒体のマークジッタの変化に対する本実施形態に係る情報記録再生装置におけるARMLフィルタ150の出力信号にチャンネルビットエラー率の変化を示している。図22では比較のために、ARMLフィルタ150において使用される雑音相関長を0ビット、1ビット、2ビット及び3ビットに設定した場合の結果が描かれている。図23によれば、雑音相関長が1ビットの場合には、雑音相関長が0ビットの場合（即ち、ARMLフィルタ150が通常のMLフィルタに相当する場合）に比べてチャンネルビットエラー率が劣化している。他方、雑音相関長を2ビットに増大させると、チャンネルビットエラー率が大きく改善している。尚、雑音相関長が2ビットの場合と3ビットの場合とではチャンネルビットエラー率に大きな差異は見られない。従って、ARMLフィルタ150において使用される雑音相関長は、2ビット以上であることが好ましい。

[0077] 図20A、図20B、図21C、図21A、図21B、図21C及び図22を考慮すると、種々の信号処理パラメータは以下に例示される値に設定されてよい。

オフセット抑圧部の制御帯域は20kHzに設定され、ボルテラフィルタ130の制御帯域は0.7kHzに設定され、ARMLフィルタ150の制御帯域は200kHz以下に設定される。尚、この設定によれば、オフセット抑圧部、ボルテラフィルタ130及びARMLフィルタ150の制御帯域が順番に低くなるので、ボルテラフィルタ130及びARMLフィルタ150を安定的に適応制御することができる。ボルテラフィルタ130の線形フィルタ演算において使用されるタップ数は13に設定され、2次フィルタ演算において使用されるタップ数は 13×13 に設定され、3次フィルタ演算において使用されるタップ数は $7 \times 7 \times 7$ に設定される。ARMLフィルタ150において使用される雑音相関長は2ビットに設定される。

[0078] 以上説明したように、第1の実施形態に係る情報記録再生装置は、再生信

号に対してオフセット抑圧と、非線形歪抑圧と、相関雑音抑圧とを順番に適用する。従って、この情報記録再生装置によれば、光記録媒体から読み出された再生信号に残留する非線形雑音成分が効果的に抑圧され、光記録媒体から安定的にデータを再生することができる。また、この情報記録再生装置によれば、種々の記録再生条件について大きなシステムマージンを確保することができる。

[0079] (第2の実施形態)

第2の実施形態に係る情報記録再生装置は、図17に示されるように、PUH(Pick Up Head)300と、サーボ処理回路320と、信号処理回路340とを備える。図17の情報記録再生装置は、サーボ層を備え、かつ、情報記録層が多層化された光記録媒体に対してデータを記録再生できる。尚、図17において、実線矢印は電気信号の流れを表しており、一点鎖線は青色レーザ(情報記録層用のレーザ)の流れを表しており、破線矢印は赤色レーザ(サーボ層用のレーザ)の流れを表している。

[0080] PUH300は、サーボ層用のレーザ及び情報記録層用のレーザを発生する。PUH300は、レーザの一部を光記録媒体に照射し、残部を電気信号の形式でサーボ処理回路320へと出力する。また、PUH300は、光記録媒体からの戻り光を電気信号の形式でサーボ処理回路320へと出力する。

[0081] PUH300は、赤色レーザダイオード(LD)301と、青色LD302と、光学系303と、赤色レーザ用フロントモニタ304と、青色レーザ用フロントモニタ305と、赤色レーザ用収差補正機構306と、青色レーザ用収差補正機構307と、対物レンズ308と、対物レンズ駆動機構309と、赤色レーザ用受光素子310と、青色レーザ用受光素子311と、赤色レーザ用駆動回路312と、青色レーザ用駆動回路313とを備える。

[0082] LD301は、サーボ層用の赤色レーザの光源である。赤色レーザの波長は650nm程度である。レーザ駆動回路312は、後述されるパワー制御回路321からの制御信号に従って、LD301が発生するレーザの強度を

制御する。LD302は、情報記録層用の青色レーザの光源である。青色レーザの波長は405nm程度である。レーザ駆動回路313は、後述されるパワー制御回路323及びパルス変調回路324からの制御信号に従って、LD302が発生するレーザの強度を制御する。尚、レーザ駆動回路312及び313は、LD301及び302を同時に点灯できる。

[0083] LD301が点灯中に発生する赤色レーザは、光学系303に入射する。光学系303は、赤色レーザをフロントモニタ用の光と媒体照射用の光とに分割する。フロントモニタ用の光はフロントモニタ304へと集光され、媒体照射用の光は収差補正機構306及び対物レンズ308を経由して光記録媒体のサーボ層へと集光される。そして、サーボ層からの戻り光は、対物レンズ308、収差補正機構306及び光学系303を経由して受光素子310へと導かれる。受光素子310は、受け取った光を電気信号に変換して後述されるフォーカス制御回路325、トラッキング制御回路326及びプリアンプ327へと出力する。

[0084] フロントモニタ304は、フロントモニタ用の光を電気信号に変換してパワー制御回路321へと出力する。収差補正機構306は、後述される収差制御回路333からの制御信号に基づいて、自己を通過するレーザ光（媒体照射用の光及びサーボ層からの戻り光）に種々の収差（例えば、球面、非点、コマ）を与えることによって、波面収差を制御する。また、収差補正機構306は、フォーカス制御回路325からのフォーカス誤差信号に基づいて、赤色レーザの集光スポットを所望のサーボ層にフォーカスする。

[0085] LD302が点灯中に発生する青色レーザは、光学系303に入射する。光学系303は、青色レーザをフロントモニタ用の光と媒体照射用の光とに分割する。フロントモニタ用の光はフロントモニタ305へと集光され、媒体照射用の光は収差補正機構307及び対物レンズ308を経由して光記録媒体の情報記録層へと集光される。そして、情報記録層からの戻り光は、対物レンズ308、収差補正機構307及び光学系303を経由して受光素子311へと導かれる。受光素子311は、受け取った光を電気信号に変換し

て後述されるフォーカス制御回路 329、トラッキング制御回路 330 及びプリアンプ 331 へと出力する。

[0086] フロントモニタ 305 は、フロントモニタ用の光を電気信号に変換してサンプル／ホールド回路 (S/H) 322 へと出力する。収差補正機構 307 は、後述される収差制御回路 334 からの制御信号に基づいて、自己を通過するレーザ光 (媒体照射用の光及びサーボ層からの戻り光) に種々の収差 (例えば、球面、非点、コマ) を与えることによって、波面収差を制御する。

[0087] 対物レンズ 308 は、対物レンズ駆動機構 309 によって、フォーカス方向またはトラッキング方向に駆動されたり、チルト状態が制御されたりする。

対物レンズ駆動機構 309 は、光記録媒体に対するデータ記録時に、トラッキング制御回路 326 からトラッキング誤差信号を入力する。対物レンズ駆動機構 309 は、トラッキング誤差信号に基づいて、赤色レーザの集光スポットを所望のトラックに追従させる。尚、青色レーザの集光スポットの半径位置は、赤色レーザの集光スポットの半径位置と共に制御される。

[0088] 対物レンズ駆動機構 309 は、フォーカス制御回路 329 からフォーカス誤差信号を入力する。対物レンズ駆動機構 309 は、フォーカス誤差信号に基づいて、青色レーザの集光スポットを所望の情報記録層にフォーカスさせる。

[0089] 対物レンズ駆動機構 309 は、光記録媒体に対するデータ再生時に、トラッキング制御回路 330 からのトラッキング誤差信号を入力する。対物レンズ駆動機構 309 は、トラッキング誤差信号に基づいて、青色レーザの集光スポットを所望のトラックに追従させる。対物レンズ駆動機構 309 は、後述されるチルト制御回路 335 からの制御信号に基づいて、対物レンズ 308 のチルト状態を制御する。

[0090] サーボ処理回路 320 は、PUH 300 及び信号処理回路 340 から種々の電気信号を入力し、これらに基づいて種々の制御信号を生成し、PUH 300 へと出力する。

サーボ層処理回路 320 は、赤色レーザ用パワー制御回路 321 と、サンプル／ホールド回路 322 と、青色レーザ用パワー制御回路 323 と、パルス変調回路 324 と、赤色レーザ用フォーカス制御回路 325 と、赤色レーザ用トラッキング制御回路 326 と、赤色レーザ用プリアンプ 327 と、アナログデジタル変換器（A/D） 328 と、青色レーザ用フォーカス制御回路 329 と、青色レーザ用トラッキング制御回路 330 と、青色レーザ用プリアンプ 331 と、A/D 332 と、赤色レーザ用収差制御回路 333 と、青色レーザ用収差制御回路 334 と、チルト制御回路 335 とを備える。

[0091] パワー制御回路 321 は、フロントモニタ 304 から電気信号を入力する。パワー制御回路 321 は、入力電気信号を所望値に近づけるための制御信号を生成し、レーザ駆動回路 312 へとフィードバックする。

[0092] サンプル／ホールド回路 322 は、パルス変調回路 324 から出力される制御信号によってタイミング制御される。サンプル／ホールド回路 322 は、フロントモニタ 305 からの電気信号をサンプル／ホールドし、パワー制御回路 322 へと出力する。

[0093] パワー制御回路 323 は、サンプル／ホールド回路 322 から電気信号を入力する。パワー制御回路 323 は、入力電気信号を所望値に近付けるための制御信号を生成し、レーザ駆動回路 313 へとフィードバックする。

[0094] パルス変調回路 324 は、データの記録時に、後述されるクロック生成部 341 から基準クロック信号を入力し、後述される信号処理部 343 から記録信号（例えば、後述される NRZI（Non Return to Zero Inversion）信号）を入力する。パルス変調回路 324 は、基準クロック信号及び記録信号に基づいて制御信号を生成し、レーザ駆動回路 313 及びサンプル／ホールド回路 322 へと出力する。この結果、LD 302 のレーザ強度がパルス状に変調される。例えば、記録データが「1」の部分において LD 302 のレーザ強度は高くなり、記録データが「0」の部分で LD 302 は消灯される。

[0095] フォーカス制御回路 325 は、受光素子 310 から電気信号を入力する。

フォーカス制御回路 325 は、例えばナイフエッジ法、非点収差法などに基づいて入力電気信号を演算し、フォーカス誤差信号を生成する。フォーカス制御回路 325 は、フォーカス誤差信号を収差補正機構 306 へと出力する。

[0096] トラッキング制御回路 326 は、光記録媒体に対するデータ記録時に、受光素子 310 から電気信号を入力する。トラッキング制御回路 325 は、例えばプッシュプル法、DPP (D i f f e r e n t i a l P u s h - P u l l) 法などに基づいて入力電気信号を演算し、トラッキング誤差信号を生成する。トラッキング制御回路 326 は、トラッキング誤差信号を対物レンズ駆動機構 309 及び図示されないPUH駆動機構へと出力する。

[0097] プリアンプ 327 は、受光素子 310 から電気信号を入力する。プリアンプ 327 は、入力電気信号の振幅をゲインに応じて調整し、A/D 328 へと出力する。A/D 328 は、プリアンプ 327 から信号を入力し、アナログ→デジタル変換して信号処理回路 340 へと出力する。

[0098] フォーカス制御回路 329 は、受光素子 311 から電気信号を入力する。フォーカス制御回路 329 は、例えばナイフエッジ法、非点収差法などに基づいて入力電気信号を演算し、フォーカス誤差信号を生成する。フォーカス制御回路 329 は、フォーカス誤差信号を対物レンズ駆動機構 309 へと出力する。

[0099] トラッキング制御回路 330 は、光記録媒体に対するデータ再生時に、受光素子 311 から電気信号を入力する。トラッキング制御回路 330 は、例えばDPD (D i f f e r e n t i a l P h a s e D e t e c t i o n) 法に基づいて入力電気信号を演算し、トラッキング誤差信号を生成する。トラッキング制御回路 330 は、トラッキング誤差信号を対物レンズ駆動機構 309 及び図示されないPUH駆動機構へと出力する。

[0100] プリアンプ 331 は、受光素子 311 から電気信号を入力する。プリアンプ 331 は、入力電気信号の振幅をゲインに応じて調整し、A/D 332 へと出力する。A/D 332 は、プリアンプ 331 から信号を入力し、アナロ

グーデジタル変換して信号処理回路 340 へと出力する。

[0101] 収差制御回路 333 は、後述される収差誤差計算部 344 から収差誤差データを入力し、当該収差誤差データに基づく制御信号を生成する。収差制御回路 333 は、制御信号を収差補正機構 306 へと出力する。

[0102] 収差制御回路 334 は、後述される収差誤差計算部 345 から収差誤差データを入力し、当該収差誤差データに基づく制御信号を生成する。収差制御回路 334 は、制御信号を収差補正機構 307 へと出力する。

[0103] チルト制御回路 335 は、後述されるチルト誤差計算部 346 または 347 からチルト誤差データを入力し、当該チルト誤差データに基づく制御信号を生成する。チルト制御回路 335 は、制御信号を対物レンズ駆動機構 309 へと出力する。

[0104] 信号処理回路 340 は、光記録媒体からの再生信号を処理したり、光記録媒体への記録信号を生成したりする。信号処理回路 340 は、クロック生成部 341 と、アドレス処理部 342 と、信号処理部 343 と、赤色レーザ用収差誤差計算部 344 と、青色レーザ用収差誤差計算部 345 と、赤色レーザ用チルト誤差計算部 346 と、青色レーザ用チルト誤差計算部 347 とを備える。

[0105] クロック生成部 341 は、基準クロック信号を生成し、パルス変調回路 324 へと供給する。アドレス処理部 342 は、アドレス情報の読み出しなどのアドレス情報に関する処理を行う。読み出されたアドレス情報は、コントローラへと送信される。

[0106] 信号処理部 343 は、図 1 に例示される再生信号処理部と、図示されない記録信号処理部とを含む。

記録信号処理部は、図示されないコントローラからユーザデータを入力し、当該ユーザデータを光記録媒体に記録可能なデータ列へと変換する。具体的には、記録信号処理部は、ユーザデータに対して、データパターンをランダム化するためにスクランブル処理を施したり、誤り訂正のために誤り訂正符号化（例えば、リードソロモン符号化、LDPC 符号化など）したり、連

続したエラーを回避するためのインタリーブ処理を施したりする。更に、記録信号処理部は、ユーザデータに対して、データの番地情報に相当するセクターアドレス番号を付加し、バーストエラーを検出するためのバースト検出サブコードを付加する。それから、記録信号処理部は、ランレングスを制約してユーザデータの最小反転長をコントロールするために 17PP (Parity Preserved) 変調または ETM (Eight to Twelve Modulation) を行い、NRZI 変換を施すことによって、光記録媒体に記録可能なデータ列を得る。

- [0107] 再生信号処理部は、A/D 328 及び A/D 332 から再生信号を入力し、図 1 を参照して説明された非線形雑音成分を抑圧するための適応フィルタ処理を施す。更に、再生信号処理部は、再生信号に対して、前述のランレングスを制約する変調方式に対応する復調処理を施したり、誤り訂正符号化方式に対応する誤り訂正復号を行ったりすることによって、ユーザデータを復元する。復元されたユーザデータは、コントローラへと送信される。
- [0108] 収差誤差計算部 344 は、A/D 328 からデジタル信号を入力し、これに基づいて収差誤差量を計算する。収差誤差計算部 344 は、収差誤差データを収差制御回路 333 へと出力する。
- [0109] 収差誤差計算部 345 は、A/D 332 からデジタル信号を入力し、これに基づいて収差誤差量を計算する。収差誤差計算部 345 は、収差誤差データを収差制御回路 334 へと出力する。
- [0110] チルト誤差計算部 346 は、A/D 328 からデジタル信号を入力し、これに基づいてチルト誤差量を計算する。チルト誤差計算部 346 は、チルト誤差データをチルト制御回路 335 へと出力する。
- [0111] チルト誤差計算部 347 は、A/D 332 からデジタル信号を入力し、これに基づいてチルト誤差量を計算する。チルト誤差計算部 347 は、チルト誤差データをチルト制御回路 335 へと出力する。
- [0112] 図 12A は、本実施形態に係る情報記録再生装置が読み取り可能な、サーボ層を備える光記録媒体を例示している。図 12B は、図 12A の A-A'

断面図である。光記録媒体の外形はディスク状であり、その中央にはクランプ用の孔が形成されている。光記録媒体は、2層のサーボ層及び複数層の情報記録層が形成された層構造を備えている。光入射方向から見て奥側にサーボ層が設けられ、手前側に情報記録層が設けられる。より具体的には、光入射方向から見て奥側から順に、ディスク基板、サーボ層0番（SL0）、サーボ層間中間層0番（SML0）、サーボ層1番（SL1）、中間層（ML）、情報記録層0番（DL0）、情報記録層間中間層0番（DML0）、情報記録層1番（DL1）、・・・が設けられる。尚、光入射方向から見て最も手前側にはカバー層が設けられる。

[0113] 図12Bに示されるように、光記録媒体の厚みは1.2mmであり、このうちディスク基板の厚みが約0.8mmである。サーボ層間中間層0番（SML0）の厚みは、サーボ層用のレーザの波長（例えば605nm）を考慮して決定されるが、例えば55 μ mに設計することができる。中間層（ML）の厚みは、126 μ mである。カバー層の厚みは、50 μ mである。

[0114] 多重反射の影響を軽減するために、情報記録層間中間層に対して複数の種類の厚みが設計されてよい。隣接する情報記録層間中間層同士の厚みを相異なるように適切に設計すれば、非再生層からの反射光が再生層に集光しない。例えば、第1の種類の層の厚みは比較的薄く（例えば12 μ mに）設計され、第2の種類の層の厚みは比較的厚く（例えば16 μ mに）設計される。この場合には、第1の種類の層の総数が第2の種類の層の総数以上となるように設計することにより、光記録媒体の厚みを薄くできる。図12A及び図12Bに示される光記録媒体であれば、偶数番の情報記録層間中間層（DML0, DML2, ...）を第1の種類の層として扱い、奇数番の情報記録層間中間層（DML1, DML3, ...）を第2の種類の層として扱うように設計することが好ましい。尚、光記録媒体の厚みが薄くなれば、奥側の層を再生する際に発生する収差を軽減することができる。

[0115] 各層の厚みは、情報記録層用のレーザの波長と、サーボ層用のレーザの波長とに基づいて設計することができる。例えば、サーボ層用のレーザの波長

は情報記録層用レーザの波長に比べて長いので、層間のクロストークの影響を低減するためにサーボ層間中間層の厚みは情報記録層間中間層の厚みに比べて厚く設計される。また、サーボ層と情報記録層との間では集光スポットの層間ジャンプ動作が生じない。故に、中間層（ML）の厚みはサーボ層間中間層の厚みよりも更に厚く設計され、クロストークの影響が低減される。

[0116] サーボ層間中間層、中間層（ML）及び情報記録層間中間層は、いずれも、サーボ層用のレーザ及び情報記録層用のレーザに対して100%に近い透過率を示すように設計される。また、サーボ層は、サブミクロンオーダの厚みの金属などを材料とする膜によって構成される。特に、サーボ層0番（SL0）は、サーボ層用のレーザの一部を反射し、一部を透過する半透過特性を示す膜によって構成される。サーボ層には、後述されるように、サーボ用のガイドとなるトラックが形成されている。情報記録層は、情報記録層用のレーザによる情報の記録再生及び消去が可能な記憶材料を含む多層膜によって構成される。この多層膜は、サーボ層用レーザを透過する特性を示す。更に、この多層膜は、情報記録層用のレーザの一部を透過し、一部を反射し、一部を吸収する特性を示す。

[0117] 図13には、サーボ層及び情報記録層の一例が描かれている。サーボ層には、スパイラル状のトラックが形成される。尚、サーボ層の総数が2である場合には、両サーボ層には互いに逆方向のスパイラル状にトラックが形成される。即ち、サーボ層0番（SL0）に時計回りのスパイラル状にトラックが形成されるならば、サーボ層1番（SL1）に反時計回りのスパイラル状にトラックが形成される。反対に、サーボ層0番（SL0）に反時計回りのスパイラル状にトラックが形成され、サーボ層1番（SL1）に時計回りのスパイラル状にトラックが形成されてもよい。

[0118] トラックは、連続的に形成されたグルーブ（溝）を備える。グルーブは、光記録媒体の半径方向に微小な振動（ウォブル）が与えられている。このウォブルの周波数または位相を変調したり、トラックの一部にプリピットなどの記録マークを配置したりすることによって、トラック番号及び周方向の位

置を示すアドレス情報、光記録媒体の特性を示すディスク情報などがサーボ層に記録される。

[0119] 他方、情報記録層にはトラックが形成されない。従って、情報記録層に対するユーザデータなどの記録再生はサーボ層に形成されたトラックに基づいて行われる。尚、情報記録層の内周及び外周には、プリフォーマット領域が形成される。内周プリフォーマット領域及び外周プリフォーマット領域には、記録波形最適化のための学習パターン、ディスクを管理するための管理情報などが記録される。

[0120] サーボ層には、例えば図 16 に示されるディスク情報がウォブル変調または記録マークを用いて記録される。具体的には、ディスク情報は、ディスクフォーマットの種類を示す情報、ディスクサイズ（例えば、光記録媒体の直径などの物理的なサイズ）を示す情報、最大転送速度を示す情報を含むことができる。ディスク情報は、サーボ層の層数を示す情報、情報記録層の層数を示す情報、情報記録層に適用可能なフォーマットの種類（例えば、一回記録、パケット記録など）を示す情報を含むことができる。ディスク情報は、記録密度（例えば、記録マーク列のトラックピッチ、線方向のマークピッチなど）を示す情報を含むことができる。ディスク情報は、光記録媒体内でアドレスが割り当てられた領域のうちユーザデータが記録される領域の配置と、ユーザデータ以外の情報（例えば、記録波形最適化のための学習パターン）が記録される管理情報記録領域の配置を示す情報領域配置情報を含むことができる。ディスク情報は、光記録媒体の再生に適した（例えば、最適な）ボルテラフィルタ 130 の次数と各次数のフィルタ演算に必要とされるタップ数を示す情報と、ARML フィルタ 150 において必要な雑音相関長を示す情報とを含むことができる。ディスク情報は、適応制御フィルタの制御帯域を示す情報（例えば、ボルテラフィルタ 130 のステップサイズパラメータ、ARML フィルタ 150 に与えられる雑音パラメータを算出する帯域（或いは、雑音パラメータの更新タイミングの周期）など）を含むことができる。ディスク情報は、光記録媒体が許容する再生パワーを示す情報と、光記

録媒体に適した（例えば、最適な）記録パワーを示す情報と、記録パルスの形状（例えば、幅、間隔など）を示す記録パルス情報とを含むことができる。更に、ディスク情報のために、光記録媒体には予備領域が設けられてもよい。

[0121] 前述のように、サーボ層にはスパイラル状のトラックが形成される。このトラックは、図14に示されるように、ランドと呼ばれる面にグルーブを彫ることによって形成される。グルーブは、光記録媒体の1周毎にグルーブピッチの半分だけ内周方向または外周方向にずれるように形成される。従って、トラックは、光記録媒体の1周毎にグルーブ及びランドが交互に切り替わるシングルスパイラル構造を備える。

[0122] 前述のように、グルーブは、アドレス情報などを含むアドレス管理データに基づいてウォブル変調が施されたり、グルーブの幅を変化させる幅変調が施されたりするので、蛇行して形成される。図15には、ウォブル位相変調が例示されている。図15の位相変調によれば、1ビットの情報がサイン波状の4波のウォブルの位相によって表現される。図15の位相変調は、スキャン方向に向かって最初に内周側に蛇行が進む位相を「0」に割り当て、スキャン方向に向かって最初に外側に蛇行が進む位相を「1」に割り当てる。

[0123] 本実施形態に係る情報記録再生装置によって用いられる記録波形の一例が図18に示されている。具体的には、図18において、記録波形は、1つのマークを記録するために複数のパルスが使用されるマルチパルスと呼ばれる種別の波形である。これら複数のパルスのうち、先頭の1つがファーストパルスと呼ばれ、最後の1つがラストパルスと呼ばれる。また、これら複数のパルスのうちファーストパルス及びラストパルス以外のパルスは、マルチパルスと称される。ラストパルスの後には、バイアスパワー1を出力するための期間（クーリングパルス）が用意されている。

[0124] 記録波形の形状は、レベルに関して、記録パワー、消去パワー、バイアスパワー1及びバイパスパワー2の4つのレベルを用いて規定される。また、記録波形の形状は、時間に関して、NRZI信号の立ち上がりエッジ及びク

ロック信号を基準に種々の時間パラメータを用いて規定される。具体的には、係る時間情報には、例えば、ファーストパルスの開始時間 F_1 、ファーストパルスの終了時間 F_3 、ファーストパルスの間隔 F_2 などが含まれる。また、例えば、ファーストパルスの開始時間 F_1 、ラストパルスの終了時間 L_3 などの記録マークの形成に影響を与え易い時間パラメータは、NRZ-I 信号に応じてデータ記録時に動的に変更されてよい。これらの記録波形の形状を決定する種々のパラメータは、記録波形の形状情報として情報記録再生装置のメモリにおいて管理されると共に、物理フォーマット情報及び管理情報として光記録媒体に記録される。

[0125] 尚、基準クロックは、情報記録再生装置におけるタイミング制御に利用される。 T は、基準クロックの周期を表す。基準クロックは、前述のクロック生成部 341 によって生成される。NRZ-I 信号は、記録データを NRZ-I 形式に変換することによって得られる。

[0126] 光記録媒体にデータを記録する場合において、前述のパルス変調回路 324 は、記録波形の形状情報と信号処理部 343 から出力される NRZ-I 信号とに基づいて、記録パルスを生成する。レーザ駆動回路 313 は、記録パルスに従って LD 302 を駆動する。この結果、光記録媒体に照射されるレーザのパワーは、図 18 に示される記録波形のように変調される。情報記録再生装置は、記録パワーのレベル、各パルスの幅などを介して記録マークの形状を制御する。例えば、記録パワーのレベルが高くなると、記録マークの幅は広くなる。また、ファーストパルスの開始時間を早くすると、記録マークの開始位置が早くなるので結果的に記録マーク長が長くなる。換言すれば、記録パワーのレベル、各パルスの幅などが最適値からずれると記録マークの形状もまた最適形状から変化するので、再生信号において非線形雑音成分が発生する。

[0127] 第 1 の実施形態において、実験結果に基づいてシステムマージンが評価された。光記録媒体及び情報記録再生装置の設計において、システムマージンは種々の誤差要素に対する許容値として細分化して割り当てられる。例えば

、記録パワーのマージンを25%とすると、情報記録再生装置の記録パワー誤差に対する許容値として12%程度が割り当てられ、光記録媒体の製造誤差に対する許容値として残りの13%程度が割り当てられる。

[0128] 情報記録再生装置における記録パワーの誤差は主に2種類の要素を備える。一方の要素は記録パワーを一定に維持するための自動パワー調整処理において生じる誤差であり、他方の要素は光記録媒体に最適な記録パワーを決定するための記録パワー最適化処理において生じる誤差である。そこで、これら2つの誤差要素に対する許容値として夫々6%が割り当てられる。光記録媒体の製造誤差もまた主に2種類の要素を備える。一方の要素は光記録媒体間の特性のばらつきであり、他方の要素は同一光記録媒体内の情報記録層間の特性のばらつきである。光記録媒体間の特性のばらつきに対する許容値として8%が割り当てられ、光記録媒体内の各情報記録層の特性のばらつきに対する許容値として5%が割り当てられる。割り当てられた許容誤差に基づいて、情報記録再生装置及び光記録媒体が設計されれば、情報記録再生装置は光記録媒体から安定的にデータを再生できる。

[0129] ここで、光記録媒体内の各情報記録層の特性のばらつきについて更に言及される。情報記録層の特性には、情報記録層の記録パワーに対する感度のばらつきだけでなく、情報記録層を通過する光量を決定する透過率のばらつきも含まれる。即ち、情報記録層が多層化されている場合には、所与の情報記録層の感度のばらつきに加えて当該情報記録層よりも手前側（レーザの入射面側）に形成された1以上の情報記録層の透過率のばらつきを考慮する必要がある。

[0130] 例えば、各情報記録層の感度のばらつきが3%程度であり、各情報記録層の透過率のばらつきが1%程度であると仮定することができる。この仮定の下では、最も手前側に形成された情報記録層の特性のばらつきは3%と見積もられる。2層目以降に形成された情報記録層の特性のばらつきは、当該情報記録層よりも手前側に形成された情報記録層の透過率のばらつきを加算して評価される。即ち、2層目の情報記録層の特性のばらつきは4%と見積も

られ、3層目に形成された情報記録層の特性のばらつきは5%と見積もられ、4層目に形成された情報記録層の特性のばらつきは6%と見積もられる。即ち、4層目の情報記録層の特性のばらつきは、前述の許容値（＝5%）を超える。

[0131] 故に、記録パワーのマージンが25%程度である場合に、4層以上の情報記録層を備える光記録媒体に対して安定的にデータを記録再生するためには、例えば情報記録層の膜の特性を改善するなどの措置を講じる必要がある。

[0132] しかしながら、前述のように、本実施形態に係る情報記録再生装置によれば記録パワーのマージンが34%まで拡大される。そこで、マージンの拡大分の一部を光記録媒体内の各情報記録層の特性ばらつきに対する許容値として振り分けることにより、当該許容値を例えば10%に拡大することができる。故に、本実施形態に係る情報記録再生装置によれば、情報記録層の膜の特性を改善することなく、情報記録層が4層以上に多層化された光記録媒体に対して安定的にデータを記録再生することができる。即ち、従来の情報記録層を多層化することによって、安定的にデータを記録再生可能な光記録媒体を低コストに製造することが可能となる。

[0133] 前述のように、サーボ層を備える光記録媒体において、情報記録層はガイド用の溝構造を備えていない。故に、光記録媒体の製造コストを削減することができる。また、上記溝構造による光の回折が生じないので、情報記録層の透過率を向上させることができる。即ち、情報記録層を多層化することによる光記録媒体の反射率の低下を抑制することができる。

[0134] 他方、サーボ層を備える光記録媒体に関して、前述のように、サーボ層用のレーザと情報記録層用のレーザとが異なる。情報記録層に対するデータを記録再生する場合に、情報記録層用のレーザの集光スポットは、サーボ層のガイドに従って位置決めされる。しかしながら、係る位置決めを行ったとしても、情報記録層用のレーザ及びサーボ層用のレーザの集光スポットの半径方向の位置は完全には一致せず、光記録媒体または対物レンズのチルトなどによって両者の間には位置ずれが生じる。故に、サーボ層を備える光記録媒

体は、通常の（即ち、情報記録層がガイド用の溝構造を備える）光記録媒体に比べて、情報記録層用のレーザの集光スポットの半径方向の位置決め精度において劣る。従って、サーボ層を備える光記録媒体によると、例えばデータの記録を中断した後に再開する追記処理における位置決めの手順が通常の光記録媒体に比べて複雑となる。

[0135] 一般に、情報記録再生装置は、光記録媒体にデータを記録する際に情報記録層内の例えばプリフォーマット領域において前述の記録パワー最適化処理を行う。具体的には、情報記録再生装置は、情報記録層内の特定の領域に記録パワーを変化させながら学習用のテストパターンを記録し、記録したテストパターンを再生することによって、当該情報記録層に対する最適なパワーを決定する。通常の光記録媒体によれば、この記録パワー最適化処理における誤差を6%程度に抑えることができる。他方、サーボ層を備える光記録媒体によると、前述の位置決め精度の劣化、位置決めの手順の複雑化などが影響するので、記録パワー最適化処理によって生じる誤差を6%程度に抑えることが困難である。そこで、本実施形態に係る情報記録再生装置は、前述のマージンの拡大分の一部を記録パワー最適化処理によって生じる誤差に対する許容値として振り分けることにより当該許容値を例えば9%に拡大し、サーボ層を備える光記録媒体に対してデータを安定的に記録再生できる。

[0136] 本実施形態に係る情報記録再生装置は、例えば図19Aに示される仕様を満足する光記録媒体を読み取ることができる。図19Aの仕様によれば、情報記録層タイプは追記型であり、サーボ層の層数は2であり、各サーボ層に形成されるガイド構造はランドグループであり、情報記録層の層数は5以上であり、チャンネルビット長は56.28[nm]である。また、トラックピッチは0.32[μm]であり、各情報記録層におけるデータの記録容量は32.0GBであり、各情報記録層の反射率は1%程度であり、データは17変調方式によって変調された状態で記録される。

[0137] 他方、本実施形態に係る情報記録再生装置は、例えば図19Bに示される仕様を満足する。図19Bの仕様によれば、サーボ層用の対物レンズのNA

は0.6であり、サーボ層用のレーザの波長は660[nm]であり、サーボ層用の再生パワーは2.0[mW]である。また、情報記録層用の対物レンズのNAは0.85であり、情報記録層用のレーザの波長は405[nm]であり、情報記録層用の再生パワーは1.2[mW]である。信号処理において採用されるPRクラスは12221であり、チャンネルビットレートは132Mbpsである。ボルテラフィルタ130の次数は3であり、線形フィルタ演算のタップ数は13であり、2次フィルタ演算のタップ数は13×13であり、3次フィルタ演算のタップ数は7×7×7である。ARMLフィルタ150において相関雑音長(=L)は2ビットに設定される。

[0138] 本実施形態に係る情報記録再生装置は、サーボ層を備える光記録媒体に対して例えば図23Aに示されるデータ記録処理を行う。

図23Aのデータ記録処理は、ステップST1-1から開始する。ステップST1-1において、情報記録再生装置は、サーボ層用のレーザ（例えば、660[nm]の波長を持つ赤色レーザ）を点灯し、当該レーザの集光スポットを光記録媒体における所望のサーボ層にフォーカスする。続いて、情報記録再生装置は、サーボ層用のレーザを用いて所望のサーボ層に形成されたガイドトラックからディスク情報を読み出す（ステップST1-2）。ステップST1-2において読み出されるディスク情報は、例えば図16に示されるものである。情報記録再生装置は、ディスク情報を参照することによって、光記録媒体における情報記録層の層数、情報記録層に適用可能なフォーマットの種類などを確認できる。

[0139] 情報記録再生装置は、ステップST1-2において読み出されたディスク情報に基づいて、情報記録層に対する処理を開始する。具体的には、情報記録再生装置は、情報記録層用のレーザ（例えば、405[nm]の波長を持つ青色レーザ）を点灯し、当該レーザの集光スポットを光記録媒体における所望の情報記録層にフォーカスする（ステップST1-3）。続いて、情報記録再生装置は、サーボ層に形成されたガイドトラックに基づいて、サーボ層用及び情報記録層用のレーザの集光スポットを情報記録層への記録条件を

最適化するための記録学習領域として設定された半径位置へと移動させる（ステップS T 1－4）。情報記録再生装置は、記録学習領域において記録学習を行い、記録パワー、パルス幅などを最適化する（ステップS T 1－5）。ステップS T 1－5が完了すると、処理はステップS T 1－6へと進む。

[0140] ステップS T 1－6において、情報記録再生装置は、サーボ層に形成されたガイドトラックに基づいて、サーボ層用及び情報記録層用のレーザの集光スポットを情報記録層における所望の半径位置へと移動させる。情報記録再生装置は、ステップS T 1－5において最適化された記録パワー、パルス幅などに基づいてユーザデータを記録する（ステップS T 1－7）。対象のユーザデータが全て記録されるまでステップS T 1－7が繰り返され（ステップS T 1－8）、データ記録処理は完了する。

[0141] 本実施形態に係る情報記録再生装置は、サーボ層を備える光記録媒体に対して例えば図2 3 Bに示されるデータ再生処理を行う。

図2 3 Bのデータ再生処理は、ステップS T 2－1から開始する。ステップS T 2－1において、情報記録再生装置は、サーボ層用のレーザ（例えば、660[nm]の波長を持つ赤色レーザ）を点灯し、当該レーザの集光スポットを光記録媒体における所望のサーボ層にフォーカスする。続いて、情報記録再生装置は、サーボ層用のレーザを用いて所望のサーボ層に形成されたガイドトラックからディスク情報を読み出す（ステップS T 2－2）。ステップS T 2－2において読み出されるディスク情報は、例えば図1 6に示されるものである。情報記録再生装置は、ディスク情報を参照することによって、光記録媒体における情報記録層の層数、情報記録層に適用可能なフォーマットの種類などを確認できる。また、情報記録再生装置は、光記録媒体の情報記録層からデータを再生するのに適した等化器タップ数（例えば、ボルテラフィルタ1 3 0のタップ数）及びARMLフィルタ1 5 0の雑音相関長を確認できる。更に、情報記録再生装置は、光記録媒体の情報記録層からデータを再生するのに適した適応制御フィルタの制御帯域情報（例えば、ボルテラフィルタ1 3 0のステップサイズパラメータ、ARMLフィルタ1 5

0に与えられる雑音パラメータを算出する帯域（或いは、雑音パラメータの更新タイミングの周期）など）を確認できる。

[0142] 情報記録再生装置は、ステップS T 2－2において読み出されたディスク情報に基づいて、種々の信号処理パラメータを設定する（ステップS T 2－3）。具体的には、情報記録再生装置は、ボルテラフィルタ130のタップ数を設定したり、ARMLフィルタ150の雑音相関長を設定したりする。更に、情報記録再生装置は、オフセット抑圧部、ボルテラフィルタ130及びARMLフィルタ150の制御帯域を設定する。ステップS T 2－3が完了すると、処理はステップS T 2－4へと進む。

[0143] ステップS T 2－4において、情報記録再生装置は、情報記録層用のレーザ（例えば、405[nm]の波長を持つ青色レーザ）を点灯し、当該レーザの集光スポットを光記録媒体における所望の情報記録層にフォーカスする。続いて、情報記録再生装置は、サーボ層に形成されたガイドトラックに基づいて、サーボ層用及び情報記録層用のレーザの集光スポットを情報記録層における所望の半径位置へと移動させる（ステップS T 2－5）。情報記録再生装置は、ユーザデータを読み出す（ステップS T 2－6）。対象のユーザデータが全て読み出されると、データ再生処理は完了する。尚、図23Bのデータ再生処理によれば、ステップS T 2－3において種々の信号処理パラメータが適切な値に設定される。故に、サーボ層を備え、かつ、情報記録層が多層化された光記録媒体から、安定的にデータを再生することができる。

[0144] 以上説明したように、第2の実施形態に係る情報記録再生装置は、サーボ層を備え、かつ、情報記録層が多層化された光記録媒体に対してデータを記録再生する。具体的には、この情報記録再生装置は、第1の実施形態と同一または類似の再生信号処理を行うので、再生信号における非線形雑音成分を効果的に抑制できる。従って、この情報記録再生装置によれば、大きなシステムマージンが確保されるので、上記光記録媒体に対しても安定的にデータを記録再生することができる。

[0145] 上記各実施形態の処理は、汎用のコンピュータを基本ハードウェアとして用いることで実現可能である。上記各実施形態の処理を実現するプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記憶媒体に格納して提供されてもよい。プログラムは、インストール可能な形式のファイルまたは実行可能な形式のファイルとして記憶媒体に記憶される。記憶媒体としては、磁気ディスク、光ディスク（CD-ROM、CD-R、DVD等）、光磁気ディスク（MO等）、半導体メモリなどである。記憶媒体は、プログラムを記憶でき、かつ、コンピュータが読み取り可能であれば、何れであってもよい。また、上記各実施形態の処理を実現するプログラムを、インターネットなどのネットワークに接続されたコンピュータ（サーバ）上に格納し、ネットワーク経由でコンピュータ（クライアント）にダウンロードさせてもよい。

[0146] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

符号の説明

- [0147] 100, 201・・・バンドパスフィルタ
110, 202・・・オフセットキャンセラ
111・・・減算器
112・・・加算器
113・・・遅延器
114, 115・・・増幅器
120, 203・・・AGC
121, 204・・・ITR
122, 205・・・PLL
130・・・ボルテラフィルタ

1 3 1, 1 3 2, 1 3 3 . . . フィルタ演算器
1 4 0, 2 0 7 . . . タップコントローラ
1 4 1, 1 4 2, 1 4 3 . . . タップ係数算出器
1 5 0 . . . A R M L フィルタ
1 6 0 . . . ノイズ推定器
1 6 1 . . . 2 値化器
1 6 2 . . . P R チャネルフィルタ
1 6 3 . . . 減算器
1 6 4 . . . セレクタ
1 7 0, 2 1 0 . . . 誤り訂正部
2 0 6 . . . F I R フィルタ
2 0 8 . . . M L フィルタ
2 0 9 . . . 参照レベル算出器
3 0 0 . . . P U H
3 0 1, 3 0 2 . . . L D
3 0 3 . . . 光学系
3 0 4, 3 0 5 . . . フロントモニタ
3 0 6, 3 0 7 . . . 収差補正機構
3 0 8 . . . 対物レンズ
3 0 9 . . . 対物レンズ駆動機構
3 1 0, 3 1 1 . . . 受光素子
3 1 2, 3 1 3 . . . レーザ駆動回路
3 2 0 . . . サーボ処理回路
3 2 1, 3 2 3 . . . パワー制御回路
3 2 2 . . . S / H
3 2 4 . . . パルス変調回路
3 2 5, 3 2 9 . . . フォーカス制御回路
3 2 6, 3 3 0 . . . トラッキング制御回路

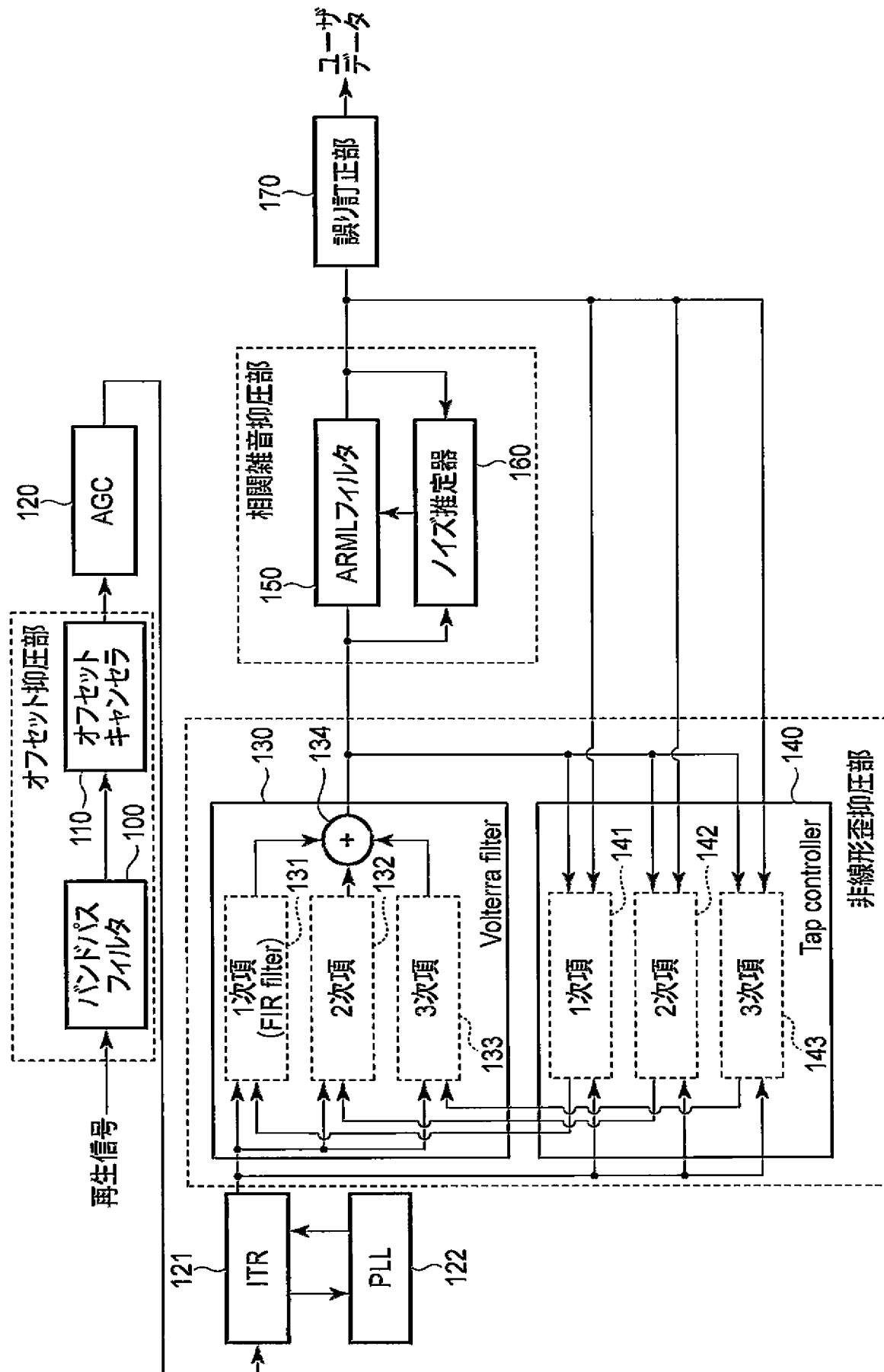
3 2 7, 3 3 1 . . . プリアンプ
3 2 8, 3 3 2 . . . アナログデジタル変換器
3 3 3, 3 3 4 . . . 収差制御回路
3 3 5 . . . チルト制御回路
3 4 0 . . . 信号処理回路
3 4 1 . . . クロック生成部
3 4 2 . . . アドレス処理部
3 4 3 . . . 信号処理部
3 4 4, 3 4 5 . . . 収差誤差計算部
3 4 6, 3 4 7 . . . チルト誤差計算部

請求の範囲

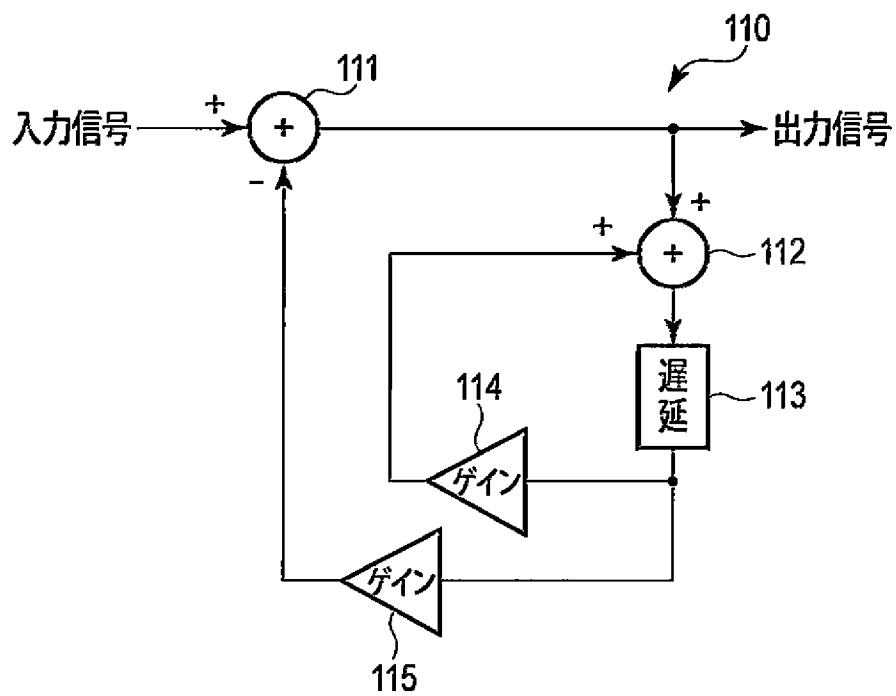
- [請求項1] 光記録媒体から読み出された再生信号に残留するオフセット成分を抑圧し、第1の信号を得る第1の信号処理部と、
前記第1の信号に残留する非線形歪成分を抑圧し、第2の信号を得る第2の信号処理部と、
前記第2の信号に残留する相関雑音成分を抑圧し、第3の信号を得る第3の信号処理部と
を具備する、信号処理装置。
- [請求項2] 前記第2の信号処理部は、ボルテラフィルタを備え、
前記第3の信号処理部は、ARMLフィルタを備える、
請求項1の信号処理装置。
- [請求項3] 前記第1の信号処理部、前記第2の信号処理部及び前記第3の信号処理部は、適応フィルタであり、
前記第1の信号処理部の制御帯域は、前記第2の信号処理部の制御帯域よりも高く、
前記第2の信号処理部の制御帯域は、前記第3の信号処理部の制御帯域よりも高い、
請求項1の信号処理装置。
- [請求項4] 光記録媒体から読み出された再生信号に残留するオフセット成分を抑圧し、第1の信号を得る第1の信号処理部と、
前記第1の信号に残留する非線形歪成分を抑圧し、第2の信号を得る第2の信号処理部と、
前記第2の信号に残留する相関雑音成分を抑圧し、第3の信号を得る第3の信号処理部と
を具備する、情報再生装置。
- [請求項5] 前記第2の信号処理部は、ボルテラフィルタを備え、
前記第3の信号処理部は、ARMLフィルタを備える、
請求項4の情報再生装置。

- [請求項6] 前記第1の信号処理部、前記第2の信号処理部及び前記第3の信号処理部は、適応フィルタであり、
- 前記第1の信号処理部の制御帯域は、前記第2の信号処理部の制御帯域よりも高く、
- 前記第2の信号処理部の制御帯域は、前記第3の信号処理部の制御帯域よりも高い、
- 請求項4の情報再生装置。
- [請求項7] 前記光記録媒体は、5以上の情報記録層を備える、請求項4の情報再生装置。
- [請求項8] 前記光記録媒体は、情報記録層と、ガイド構造が形成されたサーボ層とを備え、
- 前記情報記録層に記録されたユーザデータは、前記ガイド構造に基づいて第1のレーザを用いて再生され、
- 前記サーボ層に記録されたディスクデータは、前記第1のレーザと波長の異なる第2のレーザを用いて再生される、
- 請求項4の情報再生装置。

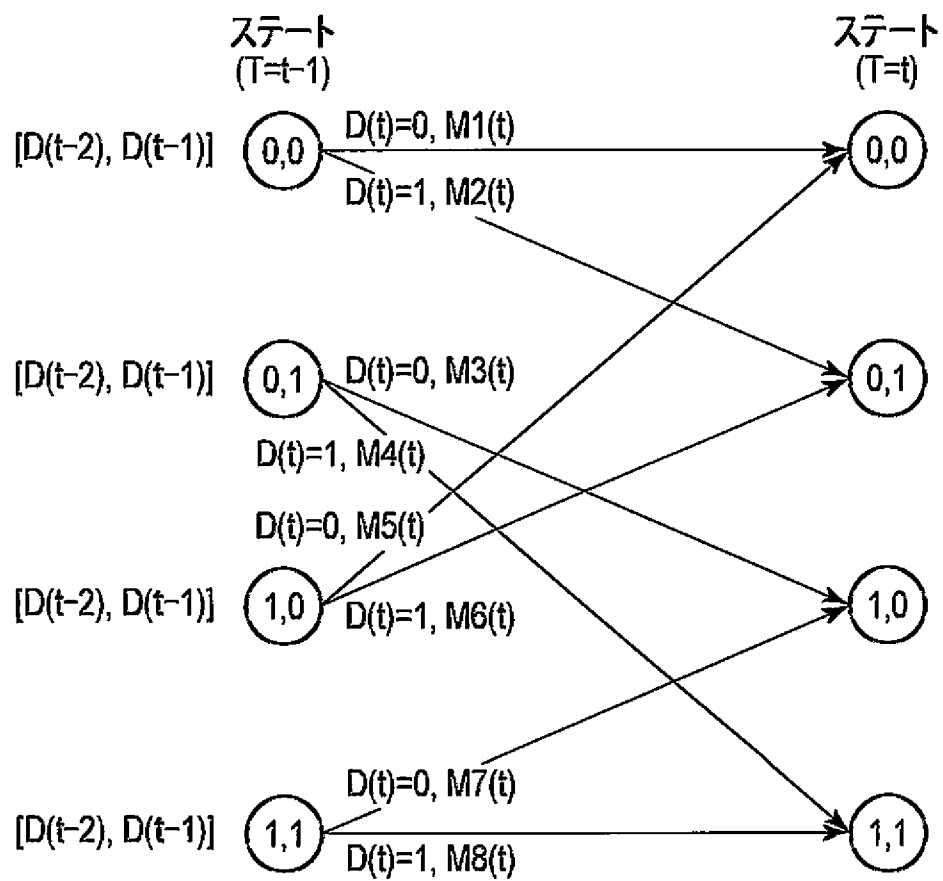
[図1]



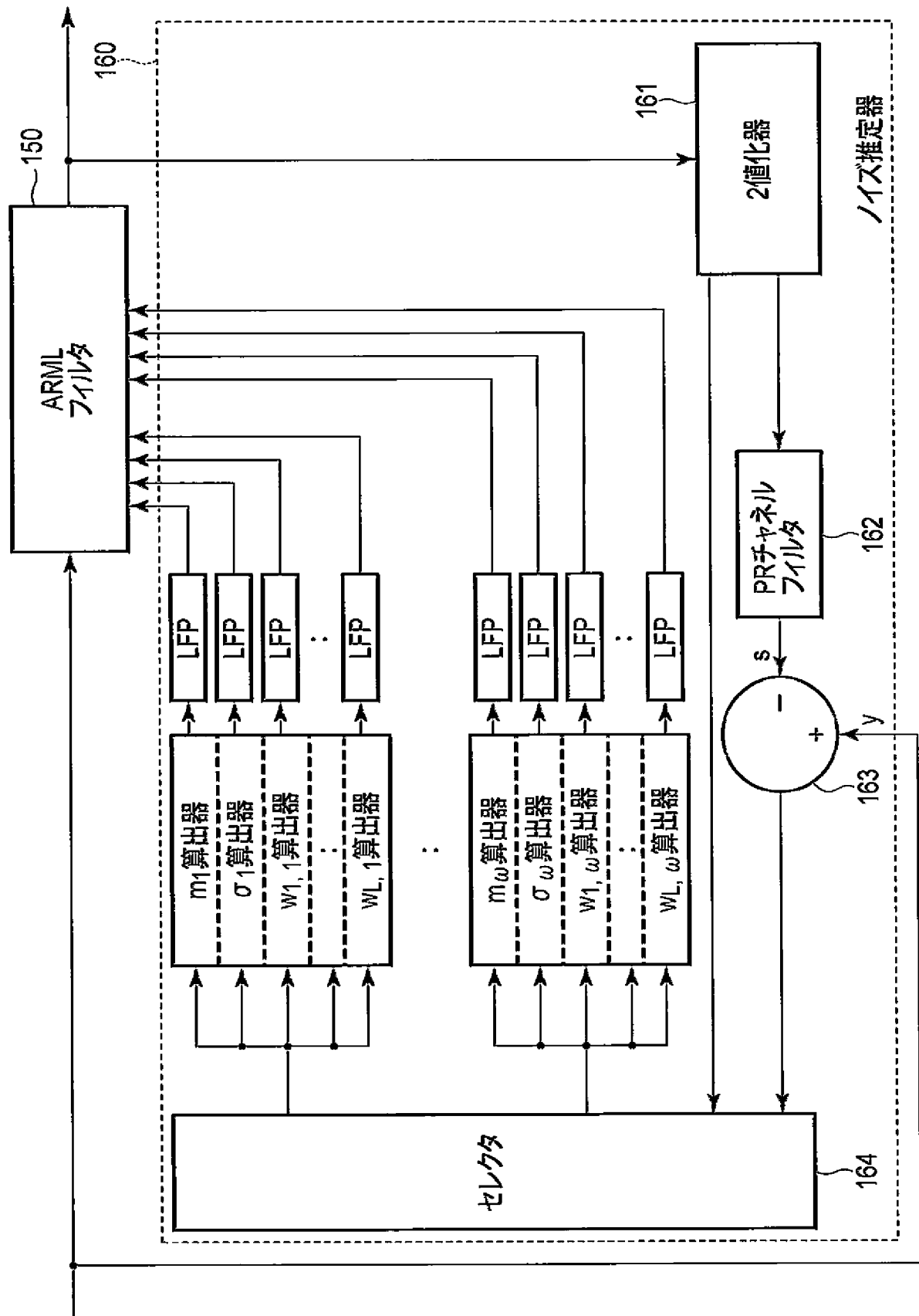
[図2]



[図3]



[図5]



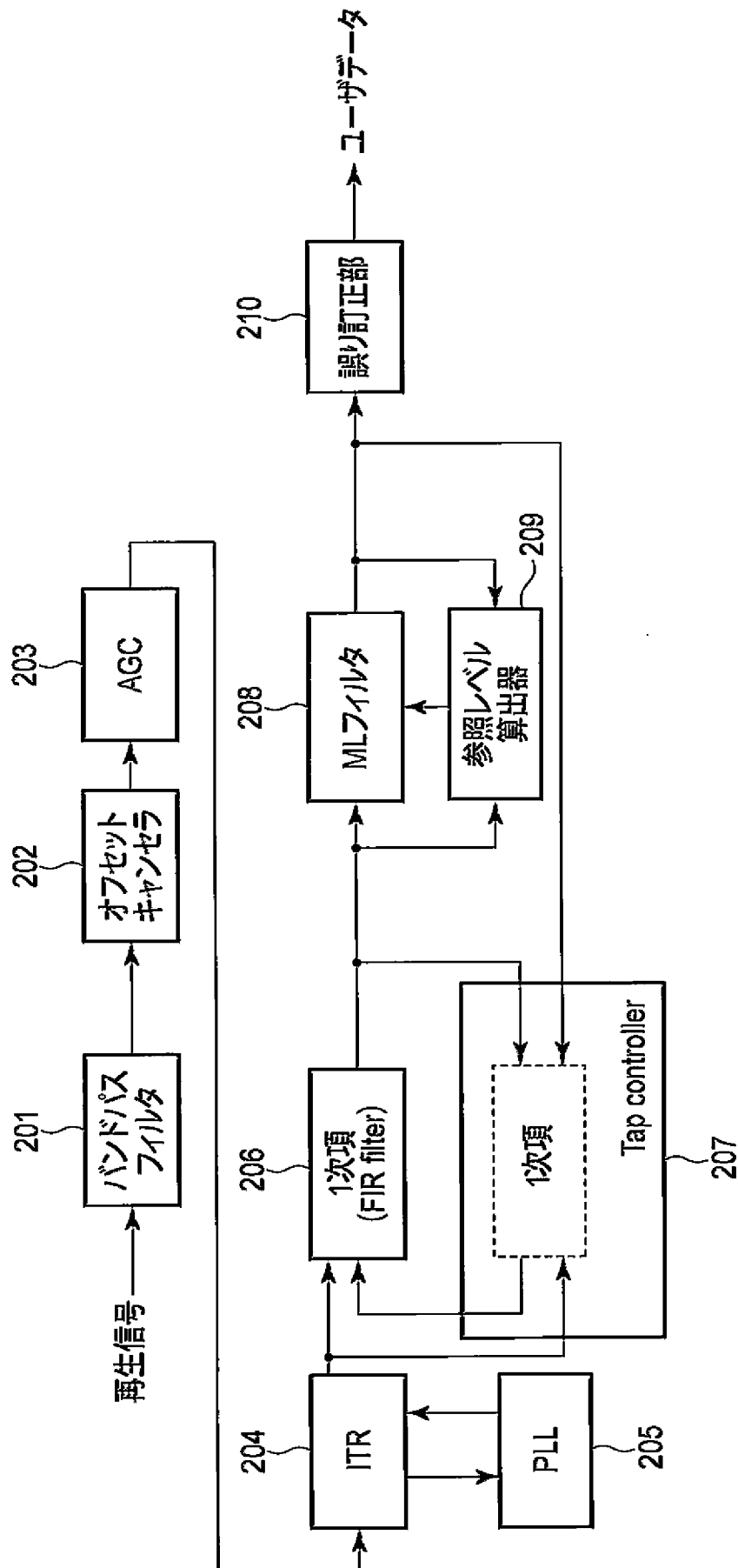
[図6A]

項目	条件
記録層タイプ	追記型媒体
チャンネルビット長	55.87[nm]
トラックピッチ	0.32[μm]
記録容量/層	33.4GB/層
反射率	2.1%
記録信号変調方式	17変調

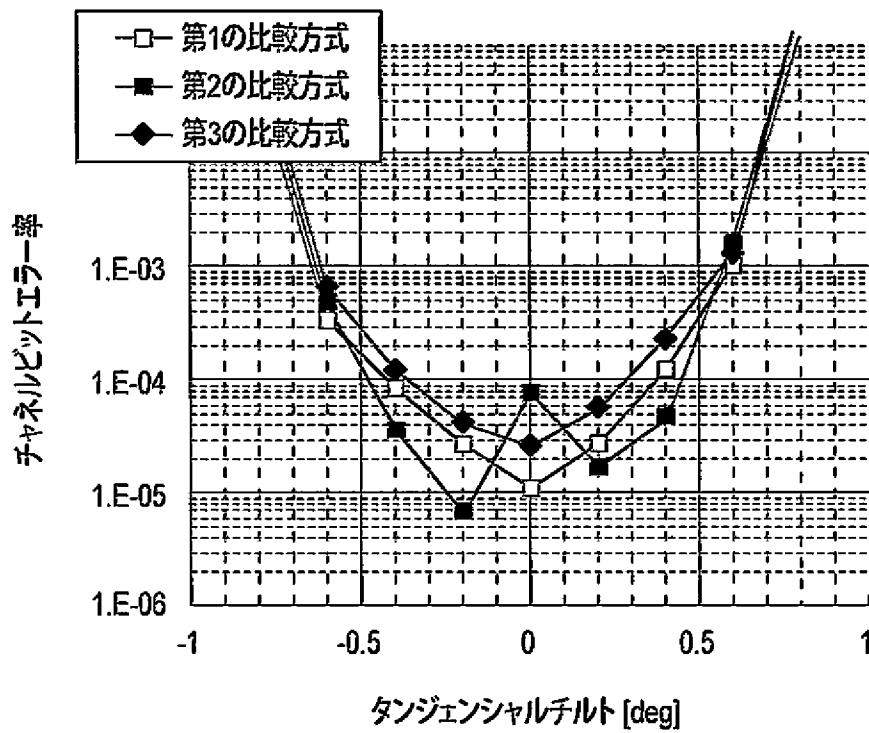
[図6B]

項目	条件
対物レンズNA	0.85
レーザ波長	405nm
再生パワー	1.2mW
PRクラス	12221
ボルテラフィルタタップ数(線形)	13
ボルテラフィルタタップ数(2次)	13 x 13
ボルテラフィルタタップ数(3次)	7 x 7 x 7
相関雑音長	2bit
チャンネルビットレート	132Mbps

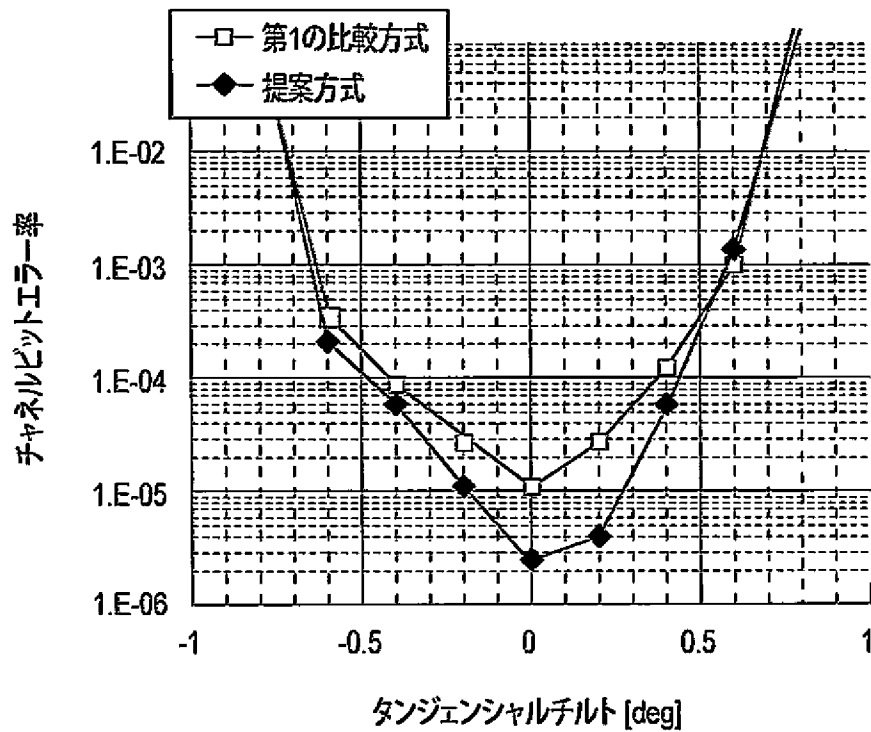
[図7]



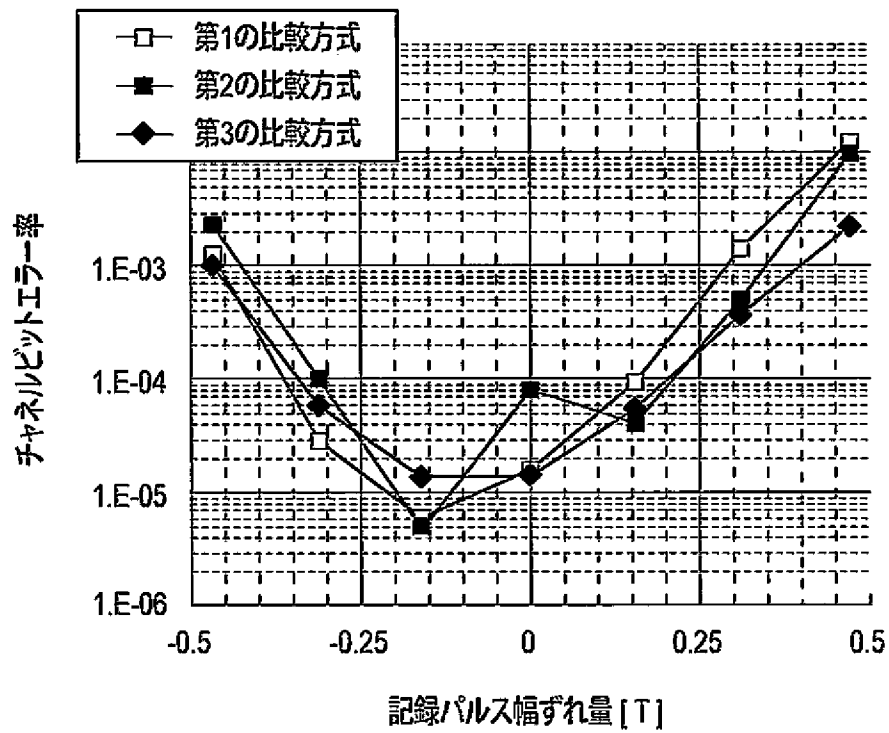
[図8A]



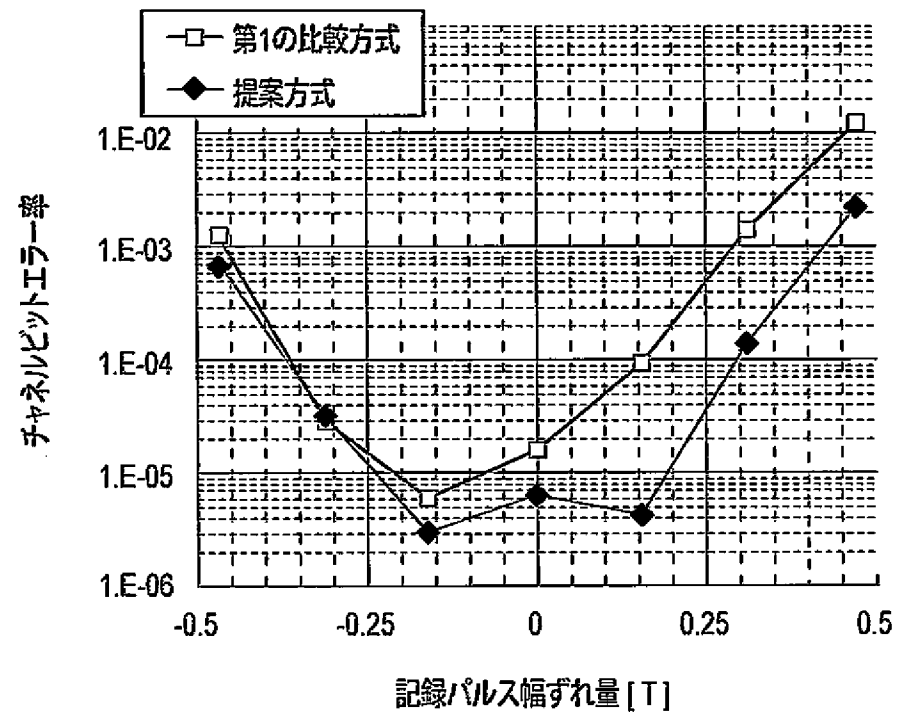
[図8B]



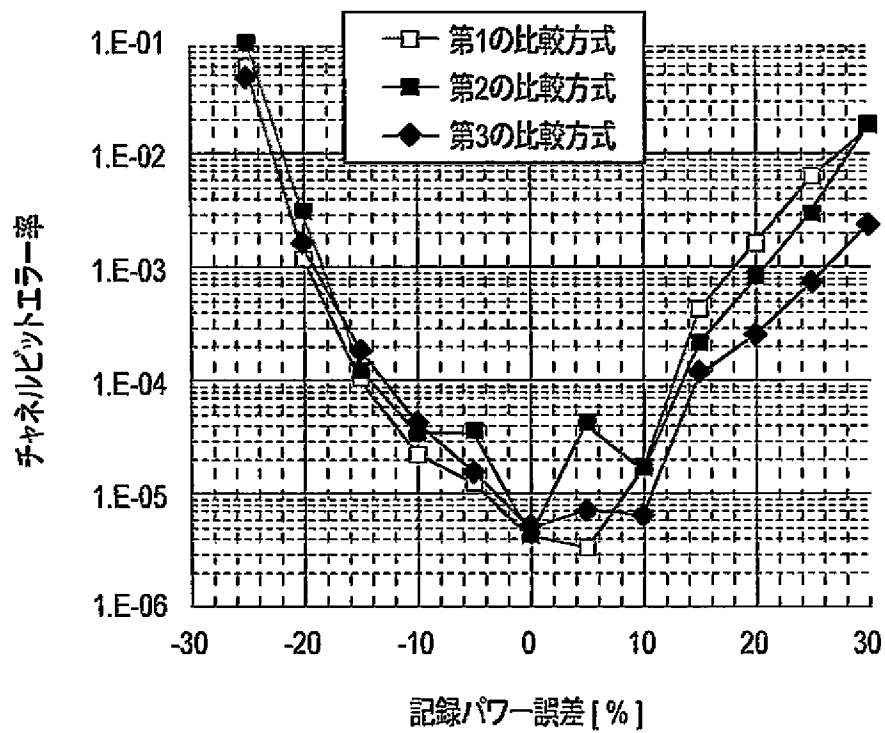
[図9A]



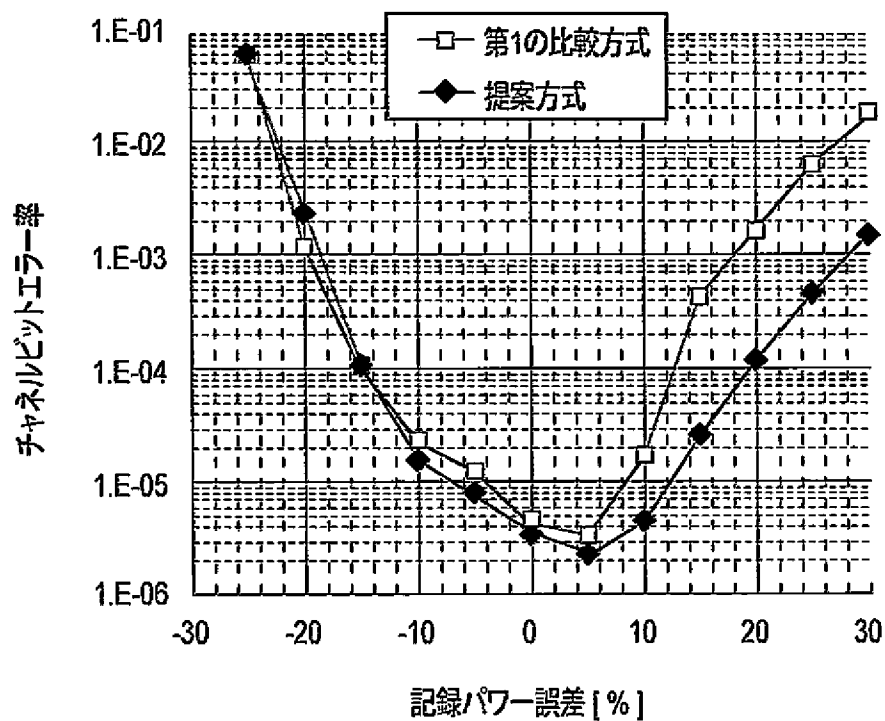
[図9B]



[図10A]



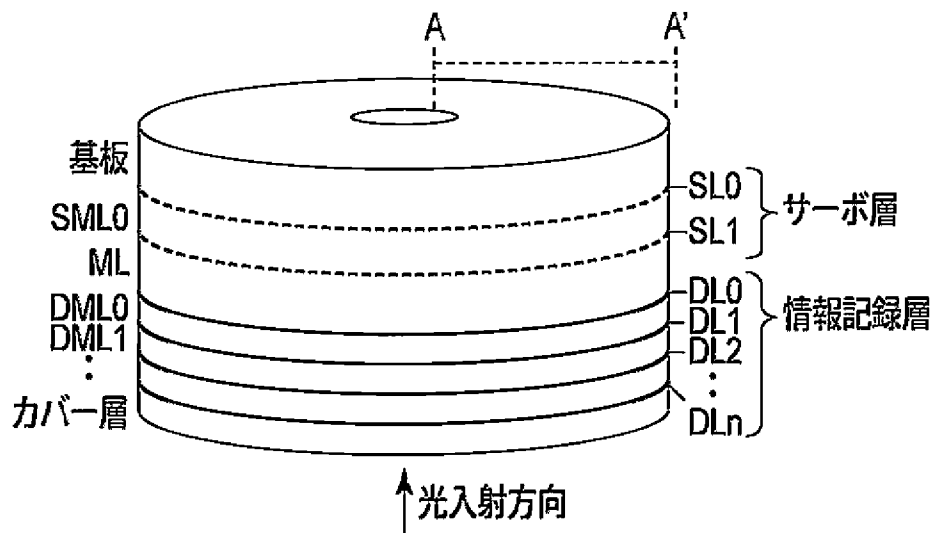
[図10B]



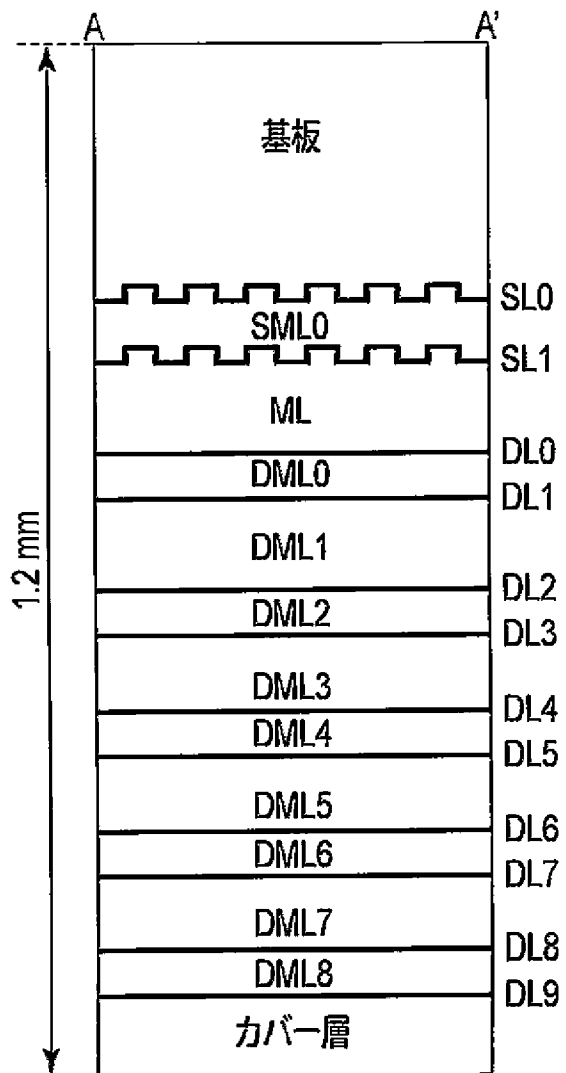
[図11]

	単位	第1の比較方式	第2の比較方式	第3の比較方式	提案方式
記録パワーマージン	%	26	26	25	34
記録パルス幅マージン	[T]	0.48	0.49	0.50	0.59
チルトマージン	[deg]	0.77	0.83	0.60	0.86

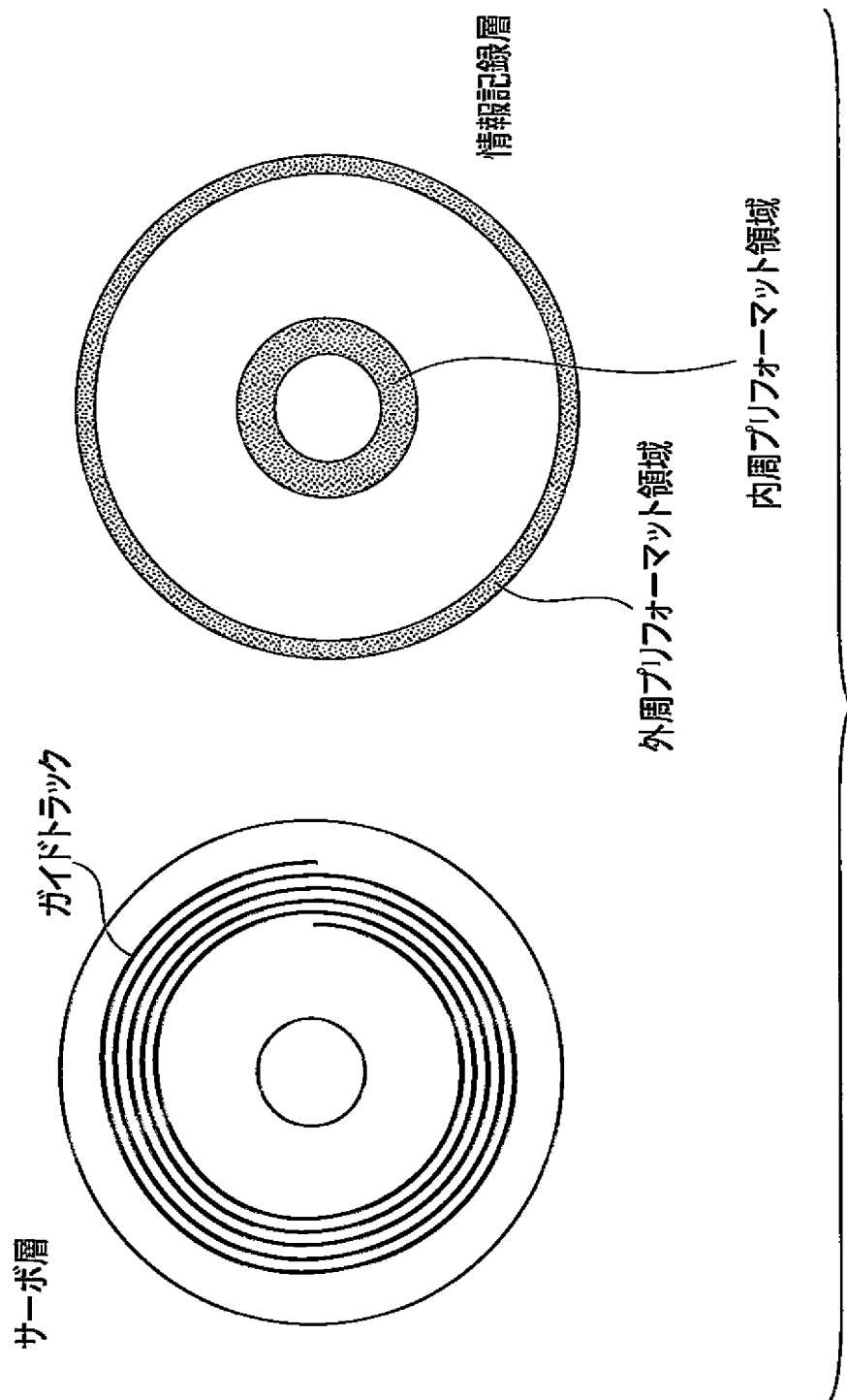
[図12A]



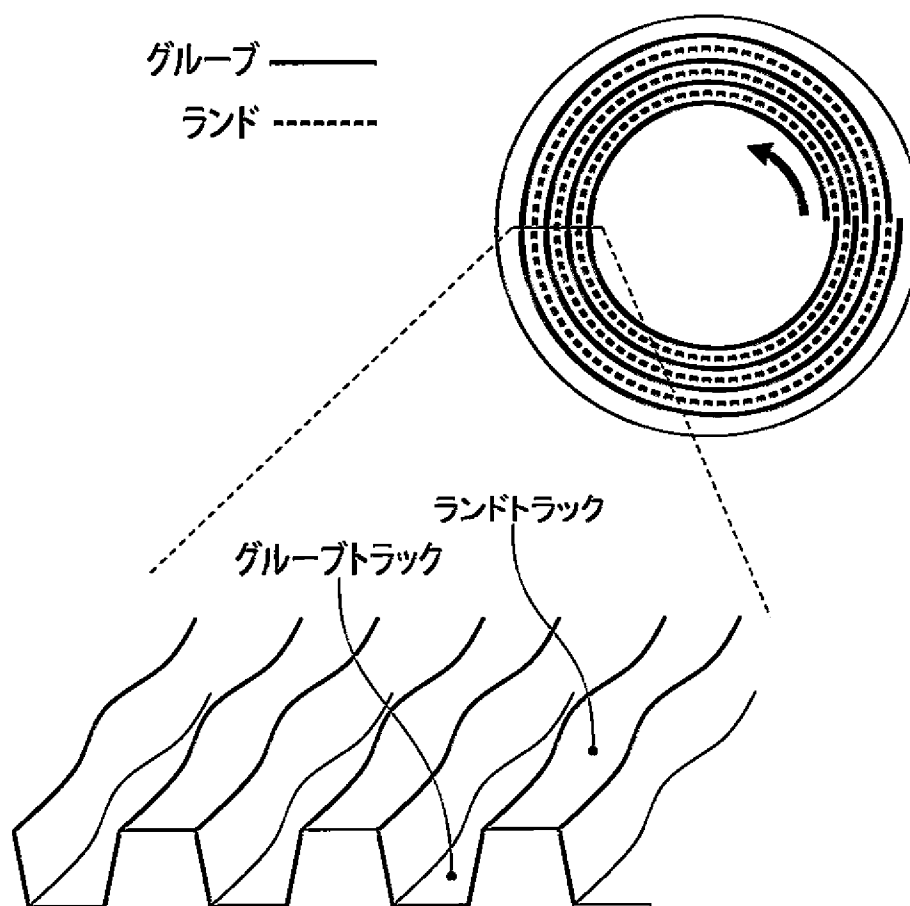
[図12B]



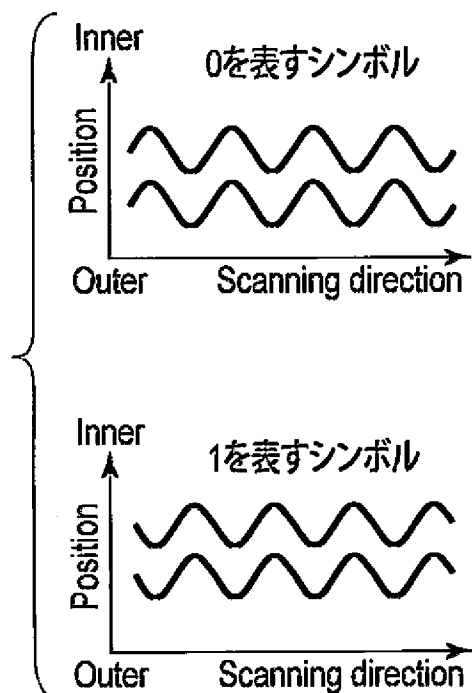
[図13]



[図14]



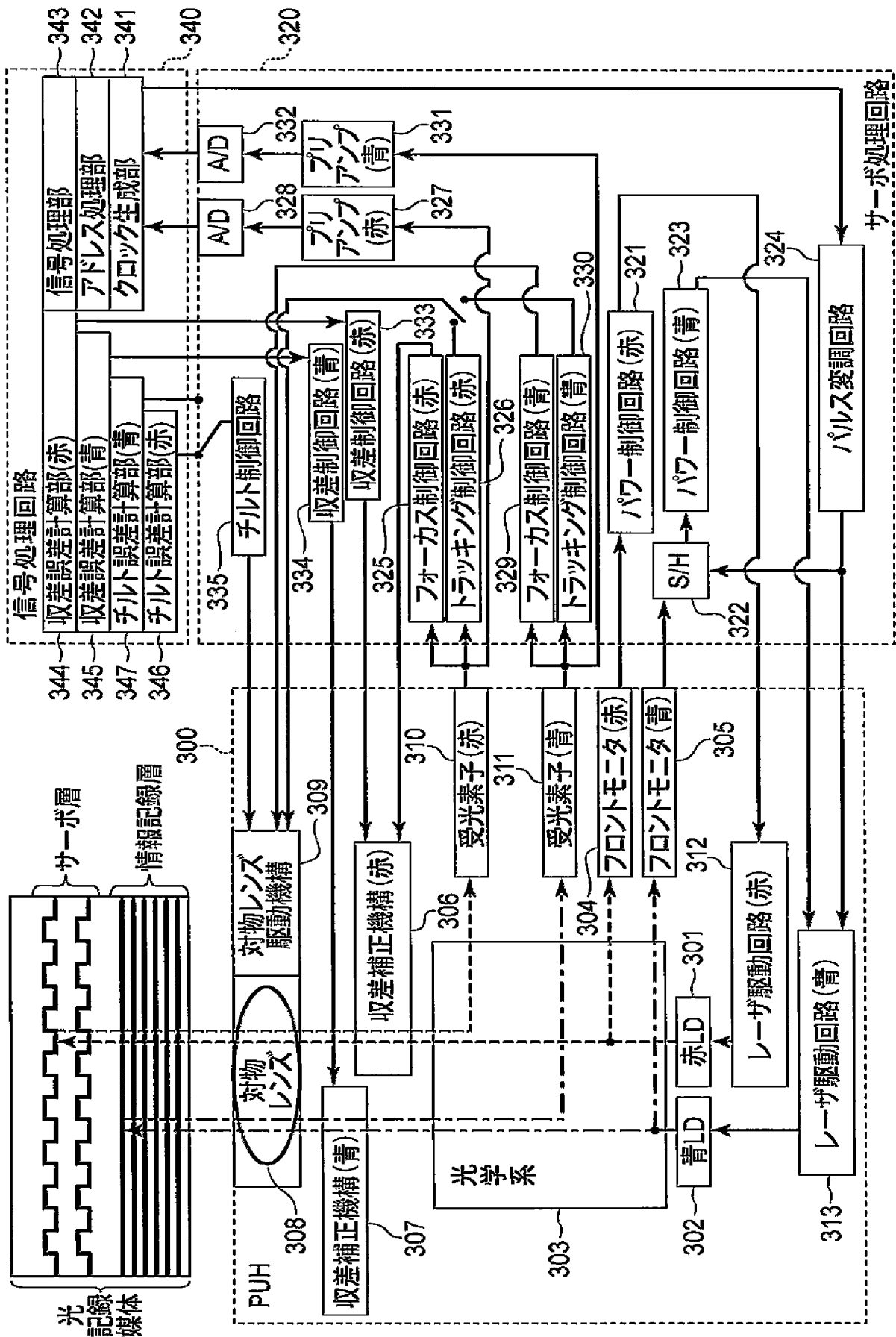
[図15]



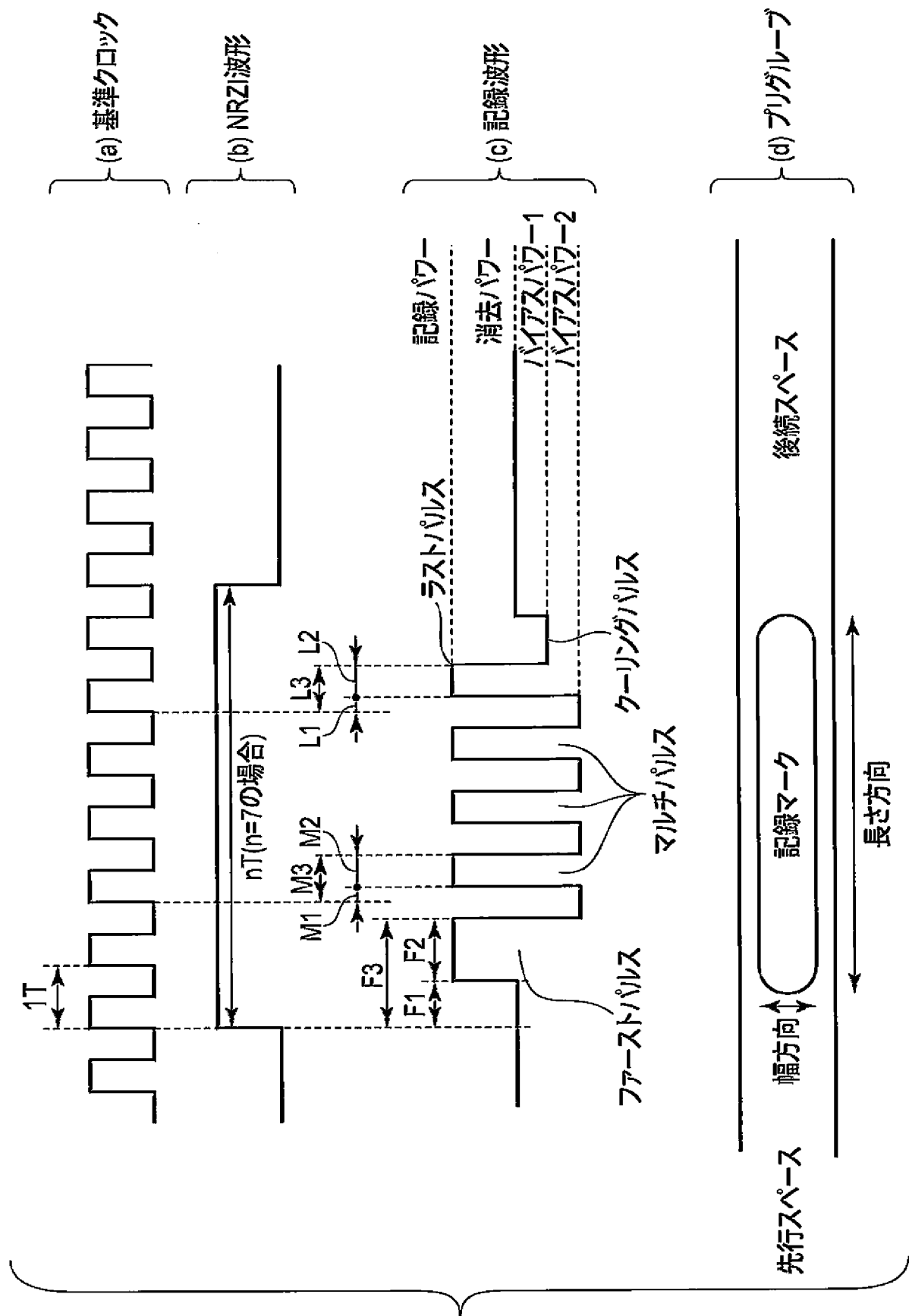
[図16]

	内容
ディスク情報	フォーマットの種類
	ディスクサイズ及び最大転送速度
	ディスク構造(サーボ層層数、情報記録層層数、フォーマット)
	記録密度
	情報領域配置情報
	等化器必要タップ数
	必要相関雑音長
	適応制御フィルタ帯域情報
	再生パワー情報、記録パワー情報、記録パルス情報
	予備領域

[図17]



[図18]



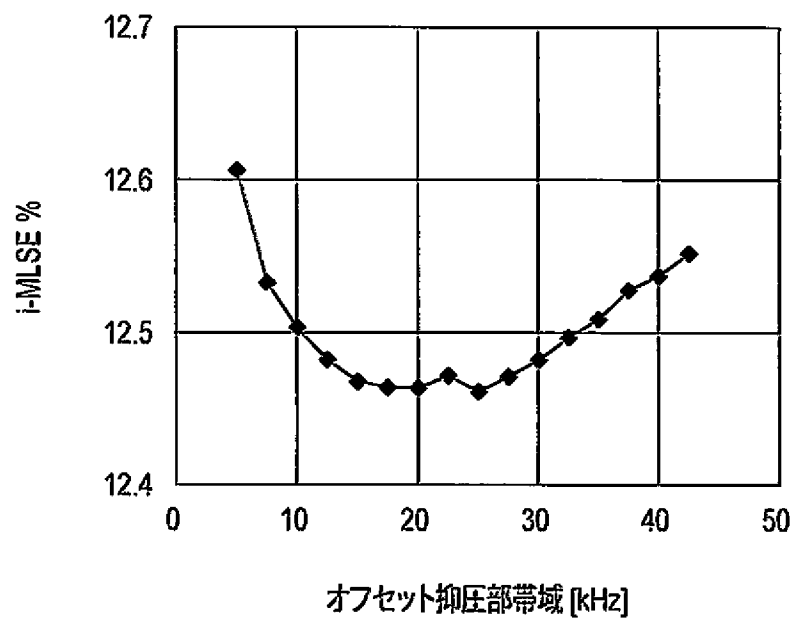
[図19A]

項目	条件
記録層タイプ	追記型媒体
サーボ層	2層
ガイド構造	ランド&グルーブ
記録層	5層以上
チャンネルビット長	56.28[nm]
トラックピッチ	0.32[μm]
記録容量/層	32GB/層
反射率	1.0%
記録信号変調方式	17変調

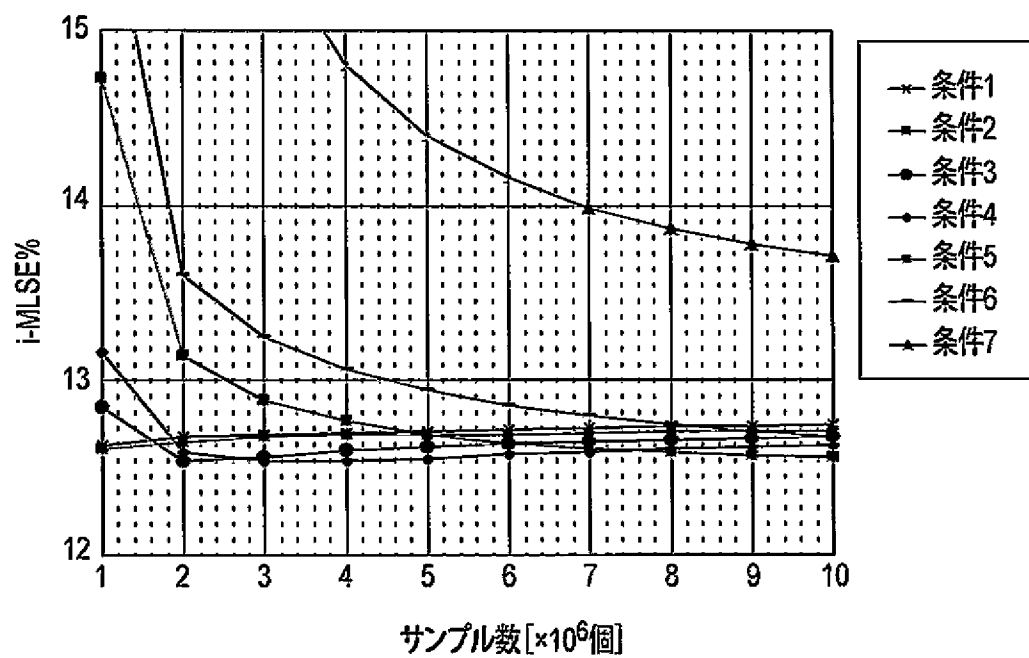
[図19B]

項目	条件
サーボ層用対物レンズNA	0.6
サーボ層用レーザ波長	660[nm]
サーボ層再生パワー	2.0[mW]
記録層用対物レンズNA	0.85
記録層用レーザ波長	405[nm]
記録層再生パワー	1.2[mW]
PRクラス	12221
ボルテラフィルタタップ数(線形)	13
ボルテラフィルタタップ数(2次)	13 x 13
ボルテラフィルタタップ数(3次)	7 x 7 x 7
相関雑音長	2bit
チャンネルビットレート	132Mbps

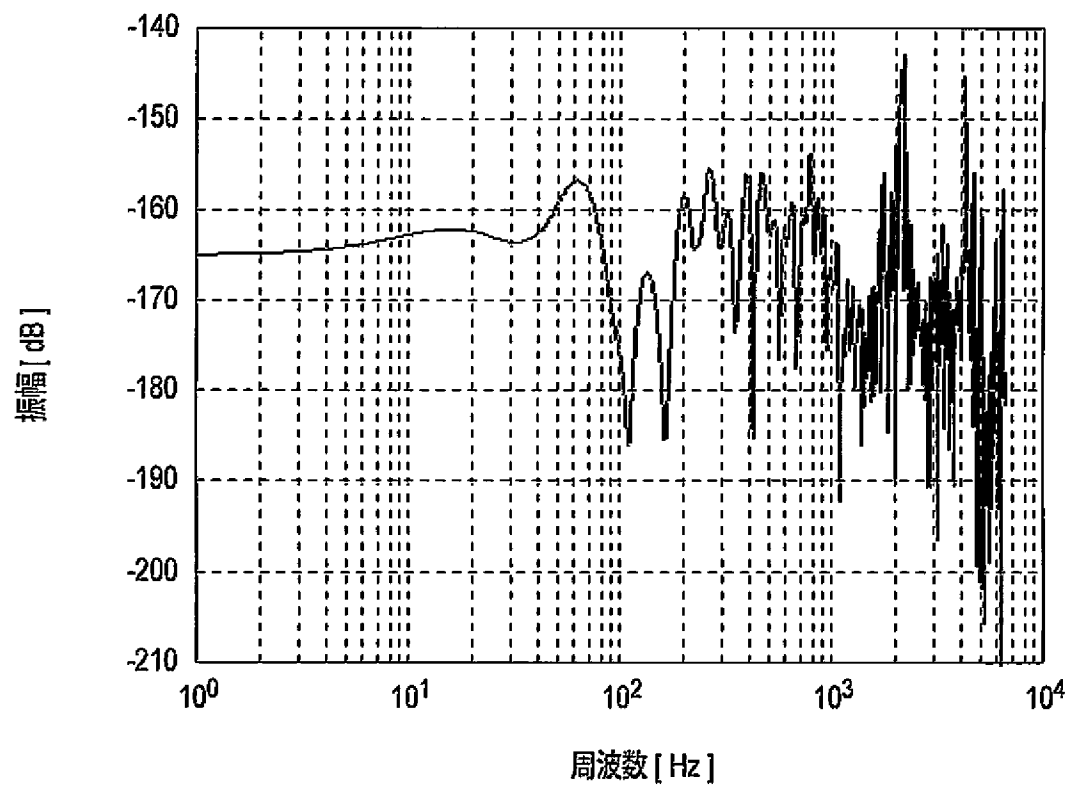
[図20A]



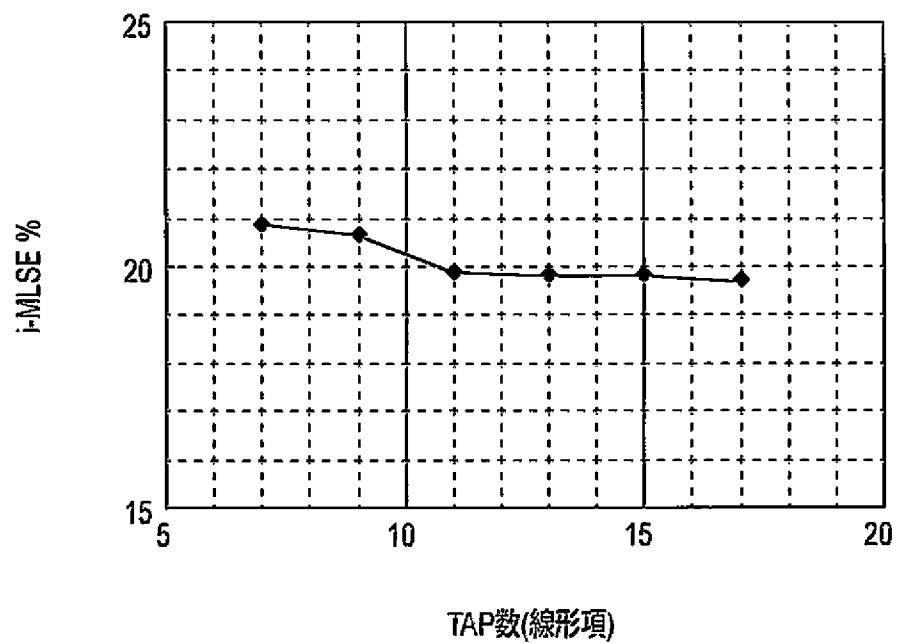
[図20B]



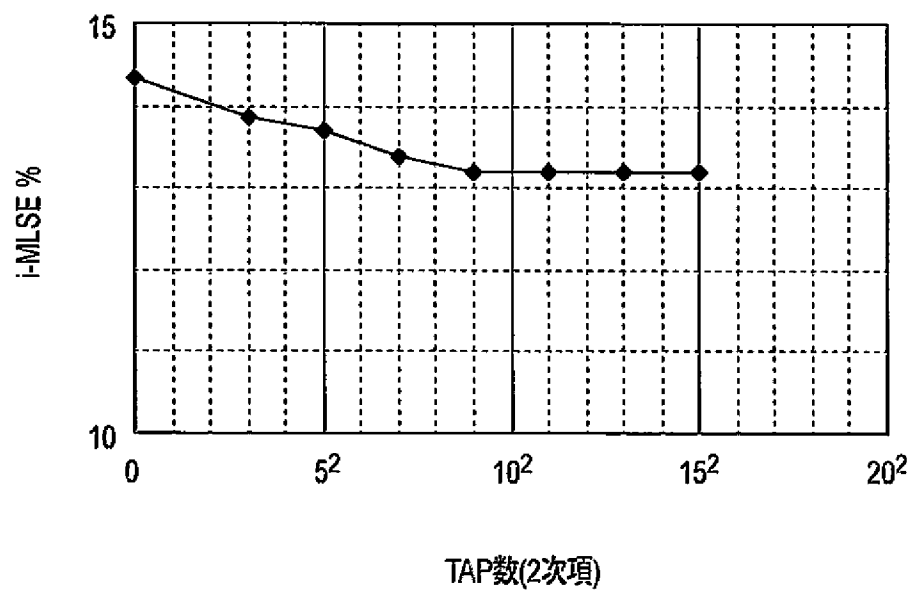
[図20C]



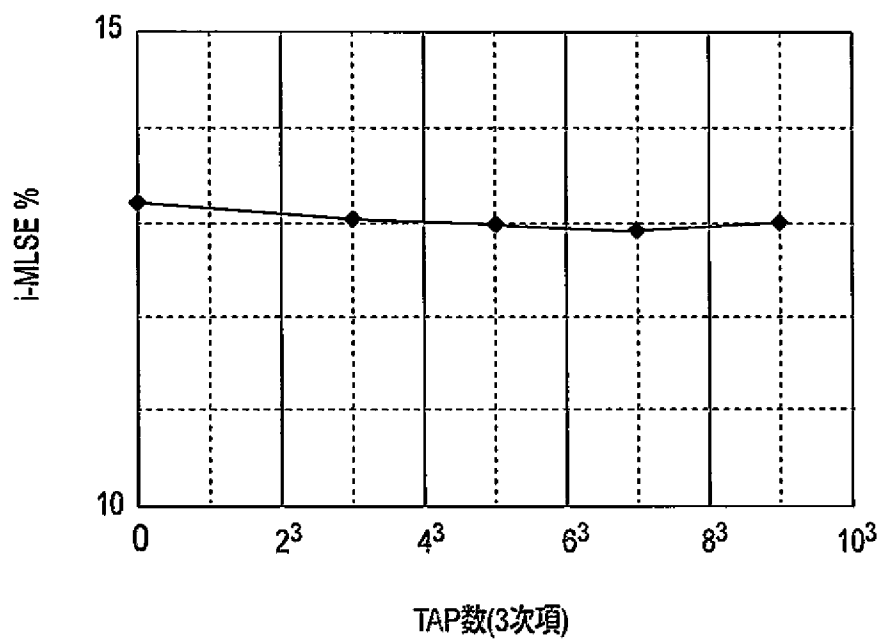
[図21A]



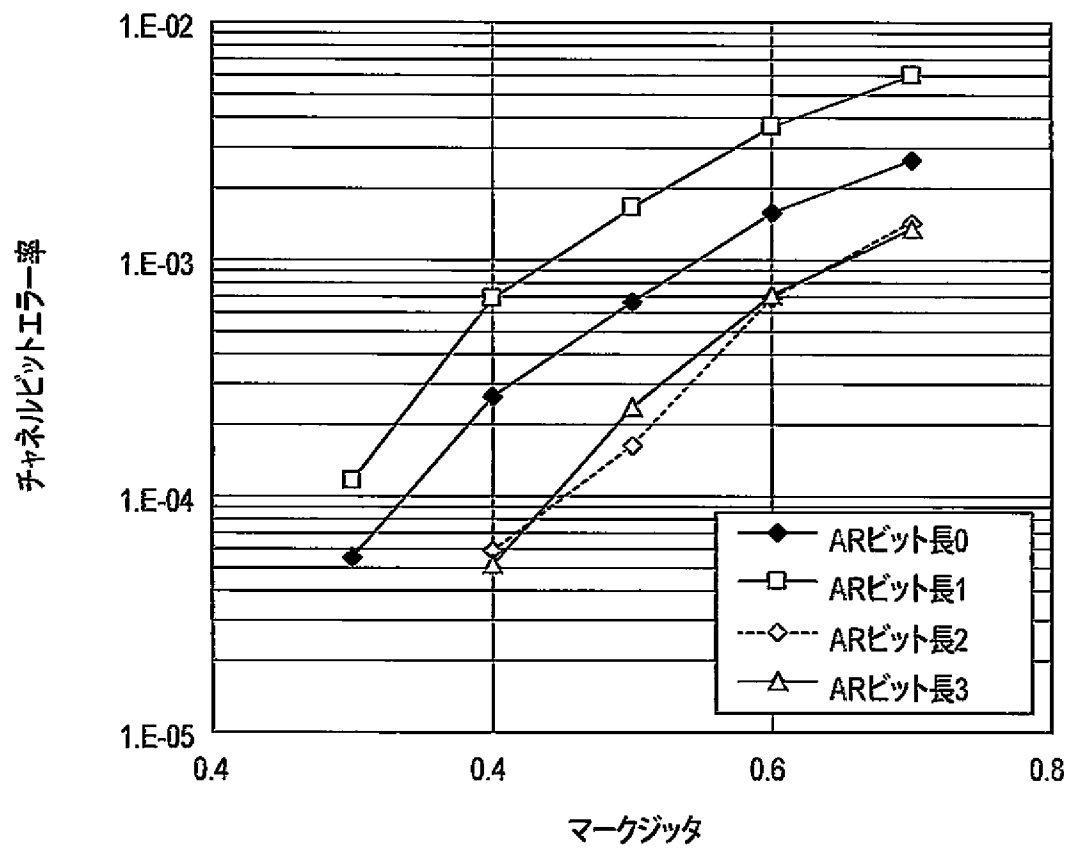
[図21B]



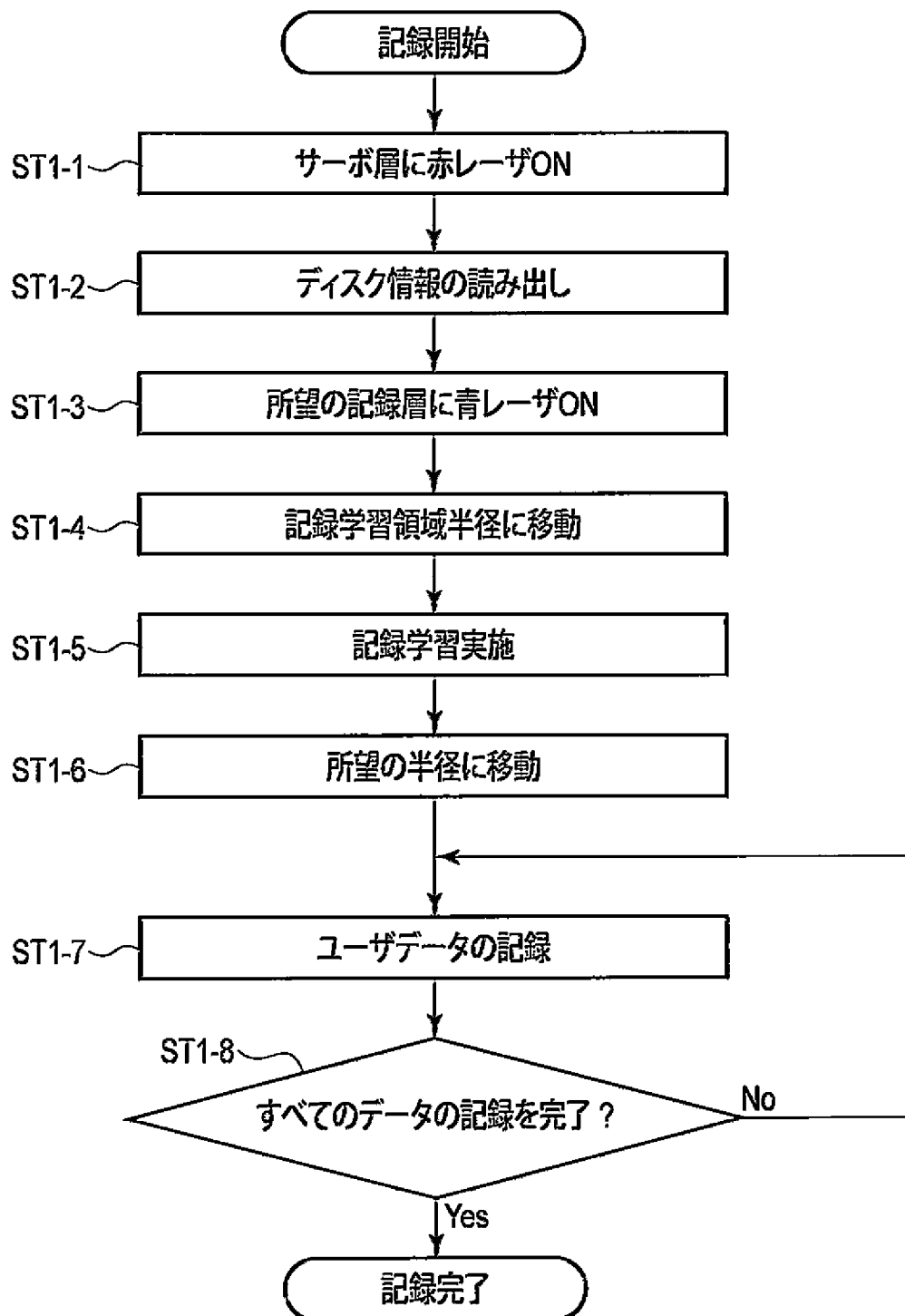
[図21C]



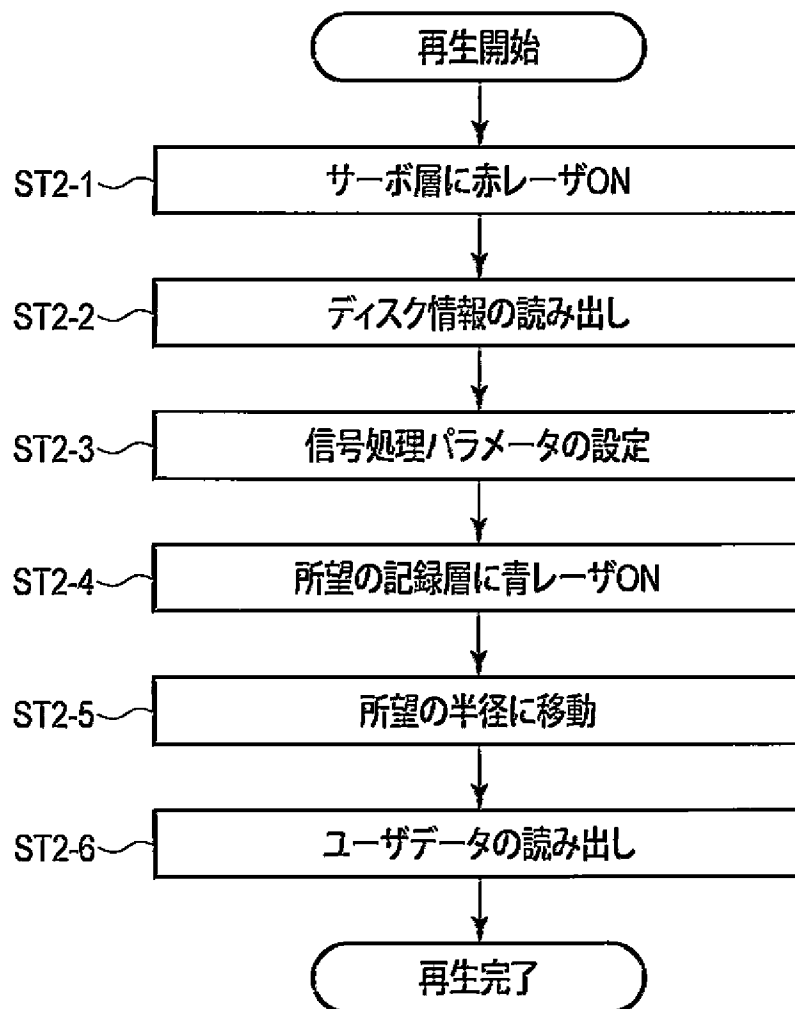
[図22]



[図23A]



[図23B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B20/10(2006.01)i, G11B20/14(2006.01)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)

G11B20/10, G11B20/14, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 A	Toshiyuki NAKAGAWA, Akira ITOH, Tomoyuki HIURA, Hiroyuki INO, Adaptive Third-Order Volterra Filter for High-Density Read-Only Blu-ray Disc, Japanese Journal of Applied Physics, 2006.02.24, Vol.45, No.2B, pages 1084 to 1087	1, 2, 4, 5, 7, 8 3, 6
Y	Seiichi MITA, Takushi NISHIYA, Hideki SAWAGUCHI, Hajime MATSUI, Jiki Disk no Shingo Shori Gijutsu -PRML Hoshiki no Kiso to Jissai-, Morikita Publishing Co. Ltd., 07 September 2010 (07.09.2010), pages 99 to 102	1, 2, 4, 5, 7, 8
Y	JP 2011-192377 A (TDK Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), paragraphs [0026] to [0044]; fig. 1 to 3 (Family: none)	7, 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
09 April, 2012 (09.04.12)

Date of mailing of the international search report
17 April, 2012 (17.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056918

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 2006-313592 A (Sony Corp.), 16 November 2006 (16.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2002-367291 A (Fujitsu Ltd.), 20 December 2002 (20.12.2002), entire text; all drawings & US 2003/0026028 A1 & EP 1267345 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G11B20/10(2006.01)i, G11B20/14(2006.01)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. G11B20/10, G11B20/14, 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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	Toshiyuki NAKAGAWA, Akira ITOH, Tomoyuki HIURA, Hiroyuki INO, Adaptive Third-Order Volterra Filter for High-Density Read-Only	1, 2, 4, 5, 7, 8
A	Blu-ray Disc, Japanese Journal of Applied Physics, 2006.02.24, Vol.45, No.2B, pages 1084 to 1087	3, 6
Y	三田誠一, 西谷卓史, 澤口秀樹, 松井一, 磁気ディスクの信号処理技術 - P R M L 方式の基礎と実際 -, 森北出版株式会社, 2010.09.07, 第 9 9 頁 - 第 1 0 2 頁	1, 2, 4, 5, 7, 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

0 9 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 4 . 2 0 1 2

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)

堀 洋介

5 D

3 9 9 6

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

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 2011-192377 A (TDK株式会社) 2011. 09. 29, 段落【0026】－【0044】, 図1－図3 (ファミリーなし)	7, 8
A	JP 2006-313592 A (ソニー株式会社) 2006. 11. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-367291 A (富士通株式会社) 2002. 12. 20, 全文, 全図 & US 2003/0026028 A1 & EP 1267345 A1	1-8