

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-339754
(P2005-339754A)

(43) 公開日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int.CI.⁷**G 11 B 20/10****G 11 B 20/14****G 11 B 20/18**

F 1

G 11 B 20/10

G 11 B 20/14

G 11 B 20/18

G 11 B 20/18

G 11 B 20/18

G 11 B 20/18

テーマコード(参考)

5 D 0 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2004-161312 (P2004-161312)

(22) 出願日

平成16年5月31日 (2004.5.31)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100065385

弁理士 山下 橋平

(74) 代理人 100122921

弁理士 志村 博

(72) 発明者 宮岡 康之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内F ターム(参考) 5D044 AB05 BC06 CC06 DE49 DE68
FG02 FG05 FG18 GK12 GL32
GM12 GM16 GM17

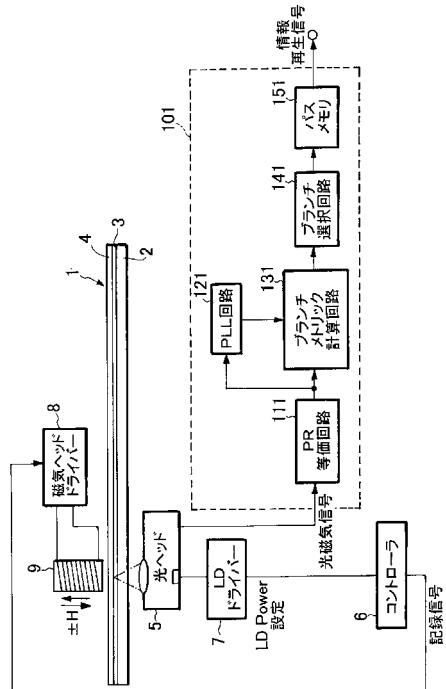
(54) 【発明の名称】情報再生方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 再生信号のデューティずれの影響を軽減し、回路規模も簡単な情報再生方法及び装置を提供する。

【解決手段】 再生信号の立ち上がり及び立ち下がりの各情報に対して個別にPLLを掛け、第1のPLLクロック、第2のPLLクロックを生成し、再生波形を第1、第2のPLLクロックにてサンプリングを行い、第1のサンプリング列、第2のサンプリング列を生成する。そして、各データ識別点において第1のPLLクロックにてサンプリングされた第1のサンプリング値、第2のPLLクロックにてサンプリングされた第2のサンプリング値を選択的に使用して最尤復号を行う。これにより、再生信号のデューティずれを検出することなく、デューティずれの影響を軽減した情報再生が可能となる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

最尤復号を適用する情報再生方法に於いて、再生信号の立ち上がり及び立ち下がりの各情報に対して個別にPLLを掛けて、第1のPLLクロック、第2のPLLクロックを生成し、再生波形を前記第1、第2のPLLクロックにてサンプリングを行い、第1のサンプリング列、第2のサンプリング列を生成し、各データ識別点において前記第1のPLLクロックにてサンプリングされた第1のサンプリング値、前記第2のPLLクロックにてサンプリングされた第2のサンプリング値を選択的に使用して最尤復号を行うことを特徴とする情報再生方法。

【請求項 2】

前記最尤復号を行う処理は、最尤復号における状態遷移の記録ビット変化に対応する再生信号情報に掛けられたPLLクロックでのサンプリング値を選択的に採用し、また、記録ビット変化を伴わない状態遷移のサンプリング値の選択は、その状態遷移の前後の状態遷移における記録ビット変化、或いは後に現れる状態遷移の記録ビット変化に対応する再生信号情報に掛けられたPLLクロックでのサンプリング値を選択的に採用し、メトリック値の計算を行うことで最尤復号処理を行うことを特徴とする請求項1に記載の情報再生方法。

【請求項 3】

前記最尤復号を行う処理に於いて、記録ビット変化を伴わない状態遷移であり、且つ、前記状態遷移の前後において記録ビット変化を伴う状態遷移の可能性がある場合には、枝メトリックの計算において、枝メトリックの期待値との差が小さくなる方のサンプリング値を選択的に採用して、メトリック値の計算を行うことを特徴とする請求項2に記載の情報再生方法。

【請求項 4】

前記最尤復号を行う処理に於いて、記録ビット変化を伴わない状態遷移であり、且つ、前記状態遷移の前後において記録ビット変化を伴う状態遷移の可能性がある場合には、枝メトリックの計算において、前記第1のサンプリング列、第2のサンプリング列の平均値を採用して、メトリック値の計算を行うことを特徴とする請求項2に記載の情報再生方法。

【請求項 5】

最尤復号を適用する情報再生装置に於いて、再生信号の立ち上がり及び立ち下がりの各情報に対して個別にPLLを掛けて、第1のPLLクロック、第2のPLLクロックを生成する手段と、再生波形をそれぞれのPLLクロックにてサンプリングを行い、第1のサンプリング列、第2のサンプリング列を生成する手段と、各データ識別点において前記第1のPLLクロックにてサンプリングされた第1のサンプリング値、前記第2のPLLクロックにてサンプリングされた第2のサンプリング値を選択的に使用して、最尤復号を行う手段とを備えたことを特徴とする情報再生装置。

【請求項 6】

前記最尤復号を行う手段は、最尤復号における状態遷移の記録ビット変化に対応する再生信号情報に掛けられたPLLクロックでのサンプリング値を選択的に採用し、また、記録ビット変化を伴わない状態遷移のサンプリング値の選択は、その状態遷移の前後の状態遷移における記録ビット変化、或いは後に現れる状態遷移の記録ビット変化に対応する再生信号情報に掛けられたPLLクロックでのサンプリング値を選択的に採用し、メトリック値の計算を行うことにより最尤復号処理を行うことを特徴とする請求項5に記載の情報再生装置。

【請求項 7】

前記最尤復号を行う手段は、記録ビット変化を伴わない状態遷移であり、且つ、状態遷移の前後において記録ビット変化を伴う状態遷移の可能性がある場合には、枝メトリックの計算において、枝メトリックの期待値との差が小さくなる方のサンプリング値を選択的に採用し、メトリック値の計算を行うことを特徴とする請求項6に記載の情報再生装置。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記最尤復号を行う手段は、記録ビット変化を伴わない状態遷移であり、且つ、状態遷移の前後において記録ビット変化を伴う状態遷移の可能性がある場合には、枝メトリックの計算において、前記第1のサンプリング列、第2のサンプリング列の平均値を採用して、メトリック値の計算を行うことを特徴とする請求項6に記載の情報再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パーシャルレスポンス+ビタビ復号等の最尤復号を採用した情報再生方法及び装置に関するものである。 10

【背景技術】

【0002】

従来、書き換え可能な高密度記録方式として、半導体レーザーの熱エネルギーを用いて、磁性薄膜に磁区を書き込んで情報を記録し、光磁気効果を用いてこの情報を読み出す光磁気記録媒体がある。また、近年この光磁気記録媒体の記録密度を更に高めて大容量の記録媒体とする要求が高まっている。光磁気記録媒体等の光ディスクの線記録密度は、再生光学系のレーザー波長及び対物レンズの開口数に大きく依存する。

【0003】

即ち、再生光学系のレーザー波長と対物レンズの開口数NAが決まるとビームウエストの径が決まるため、記録マーク再生時の空間周波数は $2\text{NA}/\lambda$ 程度が検出可能な限界となってしまう。従って、従来の光ディスクで高密度化を実現するためには、再生光学系のレーザー波長を短くし、対物レンズのNAを大きくする必要がある。しかしながら、レーザー波長や対物レンズの開口数の改善にも限度がある。このため、記録媒体の構成や読み取り方法を工夫し、記録密度を改善する技術が開発されている。 20

【0004】

例えば、特開平6-290496号公報には、磁気的に結合される再生層と記録層とを有する多層膜の、記録層に信号記録を行うと共に、加熱用光ビームの照射による温度勾配を利用して、記録層の記録データを変化させることなく再生層の記録マークの磁壁を移動させ、再生用光ビームスポットのほぼ全域が同一の磁化になるように再生層を磁化させて、再生用光ビーム反射光の偏向面の変化を検出することにより、光の回折限界以下の記録マークを再生する信号再生方法及び装置が提案されている（特許文献1）。この方法によれば、再生信号が矩形状になり、再生信号振幅を低下させることなく光学系の回折限界以下の記録マークが再生可能となり、記録密度並びに転送速度を大幅に向上させることが可能となる。 30

【0005】

更に、近年、情報再生方式として盛んに最尤復号であるパーシャルレスポンス+ビタビ復号を用いた方式が採用され、信号S/N比の改善により更なる高密度化が図られている。

【0006】

次に、光磁気記録における磁壁移動型の超解像媒体とパーシャルレスポンス+ビタビ復号とを採用した場合を例に取って従来例の説明を行う。 40

【0007】

図9は従来例の光磁気記録再生装置の構成を示すブロック図である。図中1はガラス或いはプラスチックを素材とした基板2に光ビームの照射による温度勾配を利用し、記録層の記録データを変化させることなく再生層の記録マークの磁壁を移動させて、再生スポット内の磁化を拡大し、光ビーム反射光の偏向面の変化を検出することにより、光学系の回折限界以下の記録マークを再生することが可能な光磁気記録層3を被着し、更に保護膜4を形成した光磁気ディスクである。

【0008】

この光磁気ディスク1はマグネットチャッキング等で図示しないスピンドルモータに支持され、回転軸に対して回転自在の構造となっている。5は光磁気ディスク1にレーザー 50

光を照射し、更に反射光から情報を得る光ヘッドであり、集光レンズ($\text{e} \times . \text{N} \text{A} : 0.60$)、集光レンズを駆動するアクチュエータ、半導体レーザー($\text{e} \times . \quad : 650 \text{ nm}$)、ビームスプリッタ、偏光ビームスプリッタ等から構成されている。

【 0 0 0 9 】

半導体レーザーから出射したレーザー光は光学部品群を介して光磁気ディスク1に照射される。この時、集光レンズはアクチュエータの制御によってフォーカシング方向及びトラッキング方向に移動してレーザー光が光磁気記録層3上に逐次焦点を結ぶように制御され、且つ、光磁気ディスク1上に刻まれた案内溝に沿ってトラッキングする構成になっている。光磁気ディスク1で反射されたレーザー光は光学部品群を介して光磁気記録層3の磁化の極性に応じた偏向方向の違いによって、それぞれのセンサに集光され、それらを差動増幅することで光磁気信号が得られる。10

【 0 0 1 0 】

コントローラ6は光磁気ディスク1の回転数及び記録半径・記録セクタ情報、更には環境温度等を入力情報として、記録パワー、記録信号等を出力し、LDドライバー7、磁気ヘッドドライバー8等を制御するものである。

【 0 0 1 1 】

9は記録動作時に光磁気ディスク1のレーザー照射部位に変調磁界を印加するための磁気ヘッドであり、光磁気ディスク1を挟み光ヘッド5と対向して配置されている。記録時には、光ヘッド5より記録レーザー光を照射し、これと同時に磁気ヘッド9は磁界ヘッドドライバー8の駆動により記録信号に対応して極性の異なる磁界を発生する。また、この磁気ヘッド9は光ヘッド5と連動して光磁気ディスク1の半径方向に移動し、記録時には逐次光磁気記録層3のレーザー照射部位に磁界を印加することで情報を記録する構成になっている。20

【 0 0 1 2 】

10はパーシャルレスポンス(以下、PR)+ビタビ復号を行う回路であり、11はPR等化回路、12はPLL回路、13はPLL回路の出力クロックで等化波形をサンプリングし、プランチメトリック値を計算する、プランチメトリック計算回路、14はプランチメトリック値からプランチを選択しメトリック値を計算する、プランチ選択回路、15はプランチ選択に結果に基づき状態遷移パスを記憶する、パスメモリ回路である。

【 0 0 1 3 】

次に、図10を用いて記録動作に関して説明する。図10(a)は記録信号、図10(b)は記録パワー、図10(c)は変調磁界、図10(d)は記録マーク列、図10(e)は再生信号である。図10(a)に示すような記録信号を記録する場合、光ヘッド5から光磁気ディスク1に記録動作開始とともに図10(b)に示すように所定記録パワーの光ビームが照射され、更に、図10(c)に示すように磁気ヘッド9から図10(a)の記録信号に基づく変調磁界が印加される。30

【 0 0 1 4 】

ここでは、印加磁界を記録情報に応じて変調し、且つ、記録レーザー光を定常周期でパルス状に変調する所謂パルス磁界変調を採用している。これら動作により光磁気ディスク1の冷却過程において図10(d)に示すような記録マーク列が形成される。このような磁界変調記録方式を採用することで、光スポット径よりも十分小さな磁区長のマークを形成することが可能である。なお、図10(d)における白抜き部と斜線部は互いに逆の磁化の向きを持つ磁区を表している。また、図10(e)は図10(d)の記録マーク列を再生した場合の再生信号を示す。40

【 0 0 1 5 】

次に、再生動作に関して図11を用いて説明する。ここでは、記録マークの保存を司る記録保持層(記録層)、磁壁が移動し再生信号に直接寄与する磁壁移動層(再生層)、記録保持層と磁壁移動層の結合状態をスイッチするスイッチング層の3層構造の場合に関して説明する。

【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

図 11 (a) は磁区再生状態を示す模式図、図 11 (b) は記録膜の状態図、図 11 (c) は媒体の温度状態図、図 11 (d) は再生信号を示す。再生時には、図 11 (a) に示すように光ビーム照射により磁壁移動媒体（光磁気記録層 3）の再生層の磁壁が移動する T s 温度条件まで加熱される。図 11 (b) に示すスイッチング層は T s より低い温度領域では交換結合により、記録層、再生層と結合した状態となっている。

【 0 0 1 7 】

媒体が光ビームの照射により T s 温度以上に加熱されると、スイッチング層はキュリー点に達し、再生層と記録層との結合が切れた状態となる。このため、この T s 温度領域に記録マークの磁壁が到達すると同時に再生層の磁壁は再生層の温度勾配に対してエネルギー的に磁壁が安定して存在する位置、即ち、光ビーム照射による温度上昇の線密度方向の最高温度点にランドを横切るように磁壁が瞬時に移動する。10

【 0 0 1 8 】

これにより、再生光ビームに覆われる領域の大部分の磁化状態が同じになるため、通常の光ビーム再生原理においては再生不可能な微小な記録マークであっても、図 11 (d) 示すように矩形に近い状態の再生信号を得ることができる。従って、再生信号振幅をほとんど低下させることなく光学系回折限界以下の記録マークの再生が可能となり、記録密度並びに転送速度を大幅に向上できる。

【 0 0 1 9 】

次に、これら再生信号に対するパーシャルレスポンス + ビタビ復号の再生信号処理を図 12 を用いて説明する。本例の磁壁移動型光磁気再生においては PR (1, -1) を適用することが一般的に知られている。20

【 0 0 2 0 】

以下、PR (1, -1) + ビタビ復号を例にとって説明する。図 12 (a) は記録信号列、図 12 (b) は光磁気信号（再生信号）、図 12 (c) は PR (1, -1) 等化信号、図 12 (d) は PLL クロック、図 12 (e) は PLL クロックで PR (1, -1) 信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 z (k) である。図 12 (b) の再生信号は上述した磁壁移動型光磁気媒体の情報再生信号であり、光学系の分解能の影響を受けないために矩形状の 2 値の再生信号となる。

【 0 0 2 1 】

図 12 (c) の等化信号は図 12 (b) の再生信号に PR (1, -1) の等化処理を行った波形であり、微分回路或いはトランスバーサルフィルタ回路等からなる等化回路により所望の PR (1, -1) の等化波形を得ることができる。図 12 (d) の PLL クロックは、例えば、図 12 (b) の再生信号を 2 階微分し、ゼロクロス検出等により得られる 2 値化信号を基に PLL を掛け、これにより得られる PLL クロックを示している。図 12 (e) のサンプリング列はデータ識別点となる PLL クロック信号で図 12 (c) の PR (1, -1) 信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 z (k)、図 12 (f) は理想状態での出力値を示している。30

【 0 0 2 2 】

ここで、上記記録再生信号列が変調符号 (1, 7) RLL の NRZI の記録再生信号であるとし、更に (1, 7) RLL の特徴である NEZL 則における “ 0 ” の最小ランレンジスを 1 に制限した場合を例にビタビ復号に関して更に説明する。40

【 0 0 2 3 】

まず、時刻 k のサンプル時における記録ビット系列 [b (k - 1), b (k)] で決まる状態 S (k) が表 1 に示すように S0、S1、S2、S3 の 4 状態の場合について説明する。各状態は次の記録ビットの値によって次の状態に遷移する。記録ビットの変化と状態遷移、出力期待値 y (k)、プランチメトリック値を表 2 に示す。

【 0 0 2 4 】

【表1】

記録ビット[b(k-1),b(k)]	状態 S(k)
0 0	S0
0 1	S1
1 0	S2
1 1	S3

【0 0 2 5】

【表2】

10

記録ビット			状態遷移		出力(期待値)	プランチメトリック値
k-2	k-1	k	S _{k-1}	S _k	y _k	[z(k) - y(k)] ²
0	0	0	S0	S0	0	z(k) ²
0	0	1	S0	S1	1	[z(k) - 1] ²
0	1	1	S1	S3	0	z(k) ²
1	0	0	S2	S0	0	z(k) ²
1	1	0	S3	S2	-1	[z(k) + 1] ²
1	1	1	S3	S3	0	z(k) ²

この時の状態遷移を示すトレリス線図を図6に示す。図中の印が各時刻における状態を、矢印が記録ビットによる状態遷移を示し、この状態遷移をプランチと呼ぶ。各状態におけるメトリック値 $m S * (k)$ の変化及びプランチの選択は、実際の再生信号のサンプリング列を $z(k)$ 、プランチメトリック値 $[z(k) - y(k)]^2$ とすると、下記式(7)に示す条件式により選択される。なお、プランチメトリック値 $[z(k) - y(k)]^2$ は実際の再生信号サンプリング列 $z(k)$ と各プランチの出力期待値 $y(k)$ との差を表す量である。なお、ここでの出力期待値は表2に示すように“0”、“1”、“-1”としている。

20

【0 0 2 6】

式(7)

$$\begin{aligned}
 m S 0 (k) &= \min \{ m S 2 (k-1) + [z(k) - 0]^2, m S 0 (k-1) + [z(k) - 0]^2 \} \\
 m S 1 (k) &= m S 0 (k-1) + [z(k) - 1]^2 \\
 m S 2 (k) &= m S 3 (k-1) + [z(k) - (-1)]^2 \\
 m S 3 (k) &= \min \{ m S 1 (k-1) + [z(k) - 0]^2, m S 3 (k-1) + [z(k) - 0]^2 \}
 \end{aligned}$$

なお、上述した状態変化、トレリス線図には、(1, 7) RLL + NRZI 上存在しない { · · 0, 1, 0 · · } 及び { · · 1, 0, 1 · · } に相当するプランチが除かれている(“0”的最小ランレンジスを1に制限)。

【0 0 2 7】

30

ビタビ復号においては、上述したプランチメトリック値に基づき、状態 S0、S3 では合流プランチを選択していき、状態 S1、S2 では選択なしにプランチが残る。これらの結果、途切れることなく残ったひと続きのパスに相当する記録系列を実際に記録された系列として検出するものである。

【0 0 2 8】

40

図9中のプランチメトリック計算回路13で等化波形のサンプリング及びプランチメトリック値の計算を行い、プランチ選択回路14で上記選択式に示すプランチ選択及びメトリック値の計算を行い、バスメモリ15でバスの選択により選ばれた記録系列、即ち、再生信号列を保存・確定し、これらビタビ復号による情報再生を行う。図12(g)には生き残りのバス、図12(h)には図12(g)の生き残りのバスから確定した記録系列、即ち、再生信号列を示している。図12(h)の再生信号列は図12(a)の記録信号の

50

再生信号であり、記録信号が正確に再生されている。

【0029】

ところで、上記磁壁移動型の光磁気記録再生に最尤復号であるPR+ビタビ復号を適用した場合において、光磁気再生信号にデューティズレートが発生するとデータ識別点におけるサンプリングレベルに変動が生じ、その結果、エラーレートが悪化するという問題点がある。

【0030】

以下、再生信号のデューティズレートが発生した場合の問題点に関して図8を用いて説明する。図8(a)はデューティズレートが発生している再生信号、図8(b)はPR(1,-1)の等化波形、図8(c)はPLLクロック、図8(d)は図8(b)の等化波形を図8(c)のPLLクロック、即ち、データ識別点でサンプリングしたサンプリングデータ列である。

10

【0031】

ここで、図8(c)のPLLクロックは再生信号の立ち上がり情報に対してPLLを掛けた場合を示している。この場合、図8(d)のサンプリングデータ列に示すように再生波形の立ち上がりエッジ部におけるデータのサンプリングは所望のポイントでサンプリングが行われるが、再生波形の立ち下がりエッジ部のサンプリングポイントでは、再生信号のデューティズレートによりサンプリングポイントがずれてしまい、この時のサンプリングデータz(k)は所望の期待値から外れた値となる。この結果、ビタビ復号の限界を超えた場合には、再生信号の復号が出来なくなり復号誤りが発生し、エラーレートが悪化する。また、再生波形の立ち下がり情報に対してPLLを掛けた場合には、逆の極性である立ち上がりエッジ部でのサンプリングデータが所望の値からずれてしまい同様にエラーレートが悪化する結果になる。

20

【0032】

更に、再生信号の両極性のエッジ情報でPLLを掛けた場合には、各エッジ位置におけるサンプリングポイントのズレは緩和されるものの両エッジ部のサンプリングポイント共にズレが発生するため、両エッジ部のサンプリングデータ共にS/N比が悪化してしまい、結果的にエラーレートの改善には至らない。また、再生信号にデューティズレートがある時に両エッジ情報に対してPLLを掛けた場合には、PLLの位相誤差がデータエッジ毎に異なるためにPLL精度自体が悪化する問題も発生する。

30

【0033】

なお、再生信号のデューティズレートの発生原因は種々考えられるが、光磁気記録再生においては隣接トラック等記録媒体自体からの浮遊磁界、光スポットサークル用アクチュエータからの漏れ磁界等が挙げられる。更に、光磁気媒体に限らず、光変調型の記録媒体においては記録パワーの変動を要因として再生信号のデューティズレートが発生することが知られている。

【0034】

特開平9-120598号公報には、記録再生条件差、装置間差により再生信号波形にズレが発生するのに対して改善方法が開示されている(特許文献2)。同公報のものは、再生信号のズレの影響を軽減するため、立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジのそれぞれに個別のPLLを掛け、それにより生成した第1のクロック、第2のクロックにおいて再生信号をサンプリングし、第1のサンプリングデータ列、第2のサンプリングデータ列を得て、更に第1のサンプリングデータ列からビタビ復号により第1の復号列を求め、第2のサンプリングデータ列からビタビ復号により第2の復号列を求め、これら第1、第2の復号列から合成した復号列を生成し、最終的な復号列を求めるというものである。

40

【特許文献1】特開平6-290496号公報

【特許文献2】特開平9-120598号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0035】

50

特許文献 2 の方法では、上述したようにビタビ復号時のサンプリング値自体には、デューティずれ、振幅値変化等の波形変化がそのまま残されており、第 1、第 2 のビタビ復号列自体がエラーを多く含んでいるため、ビタビ復号を有効に利用した方法となっておらず、改善効果も低い。また、ビタビ復号系を 2 系統持つことになり回路規模も増大するという問題があった。

【0036】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたもので、その目的は、再生信号のデューティずれの影響を軽減し、回路規模も簡単な情報再生方法及び装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0037】

本発明は、上記目的を達成するため、最尤復号を適用する情報再生方法に於いて、再生信号の立ち上がり及び立ち下がりの各情報に対して個別に PLL を掛けて、第 1 の PLL クロック、第 2 の PLL クロックを生成し、再生波形を前記第 1、第 2 の PLL クロックにてサンプリングを行い、第 1 のサンプリング列、第 2 のサンプリング列を生成し、各データ識別点において前記第 1 の PLL クロックにてサンプリングされた第 1 のサンプリング値、前記第 2 の PLL クロックにてサンプリングされた第 2 のサンプリング値を選択的に使用して最尤復号を行うことを特徴とする。

【0038】

また、本発明は、最尤復号を適用する情報再生装置に於いて、再生信号の立ち上がり及び立ち下がりの各情報に対して個別に PLL を掛けて、第 1 の PLL クロック、第 2 の PLL クロックを生成する手段と、再生波形をそれぞれの PLL クロックにてサンプリングを行い、第 1 のサンプリング列、第 2 のサンプリング列を生成する手段と、各データ識別点において前記第 1 の PLL クロックにてサンプリングされた第 1 のサンプリング値、前記第 2 の PLL クロックにてサンプリングされた第 2 のサンプリング値を選択的に使用して、最尤復号を行う手段とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、パーシャルレスポンス + 最尤復号再生において、種々の要因から発生する再生信号のデューティずれに対して、デューティずれ量を検出することなくデューティずれの影響を最小限に抑えた情報の再生が可能となり、エラーレートを改善することができる。その結果、記録密度の向上、或いはより信頼性の高い情報再生装置を提供することが可能となる。また、情報再生の対環境性のマージン増加、情報記録媒体設計の自由度の増加、更には情報再生装置の設計の自由度を増すことも可能となる。更に、ビタビ復号系を 2 系統持つ必要がないため、回路規模の増加を押さえられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

次に、発明を実施するための最良の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0041】

(第 1 の実施形態)

図 1 は発明による光磁気記録再生装置の第 1 の実施形態の構成を示すブロック図である。なお、図 1 では図 9 の従来装置と同一部分は同一符号を付して説明を省略する。即ち、磁壁移動型の光磁気ディスク 1、基板 2、光磁気記録層 3、光磁気ディスク 1 にレーザー光を照射し、更に反射光から情報を得る光ヘッド 5 は図 9 のものと同様である。光ヘッド 5 は集光レンズ、集光レンズを駆動するアクチュエータ、記録再生用光源である半導体レーザビームスプリッタ、偏光ビームスプリッタ等から構成されている。

【0042】

半導体レーザーから出射したレーザー光は光学部品群を介して光磁気ディスク 1 に照射される。この時、集光レンズはアクチュエータの制御によってフォーカシング方向及びトラッキング方向に移動してレーザー光が光磁気記録層 3 上に逐次焦点を結ぶように制御され、且つ、光磁気ディスク 1 上に刻まれた案内溝に沿ってトラッキングする構成になって

いる。光磁気ディスク1で反射されたレーザー光は光学部品群を介して光磁気記録層の磁化の極性に応じた偏向方向の違いによってそれぞれのセンサに集光され、それらを差動増幅することで光磁気信号が得られる。

【0043】

また、コントローラ6は上述のように光磁気ディスク1の回転数、記録半径・記録セクタ情報、更には環境温度等を入力情報として、記録パワー、記録信号等を出力し、LDドライバー7、磁気ヘッドドライバー8等を制御する。更に、9は磁気ヘッドであり、光磁気ディスク1を挟み光ヘッド5と対向して配置されている。記録時には、光ヘッド5より光磁気ディスク1に記録レーザー光を照射し、これと同時に磁気ヘッド9は磁気ヘッドドライバー8の駆動により記録信号に対応して極性の異なる磁界を印加する。

10

【0044】

101は本発明の原理に基づいて第1のPLLクロック及び第2のPLLクロックで再生信号をサンプリングした第1のサンプリング列、第2のサンプリング列を選択的に使用し、パーシャルレスポンス(以下、PR)+ビタビ復号を行う回路である。111はPR等化回路、121は再生信号の立ち上がり、立ち下がり情報のそれぞれにPLLを掛け、第1のPLLクロック及び第2のPLLクロックを得るPLL回路、131はPLL回路の出力クロックで等化波形をサンプリングし、プランチメトリック値を計算する、プランチメトリック計算回路、141は131のプランチメトリック値からプランチを選択しメトリック値を計算する、プランチ選択回路、151はプランチ選択に結果に基づき状態遷移パスを記憶する、バスメモリ回路である。

20

【0045】

記録動作は図10の説明と同様であり、図10(a)に示すような記録信号を記録する場合には、記録動作開始とともに光ヘッド5から図10(b)に示すように所定記録パワーの光ビームを光磁気ディスク1に照射する。同時に、磁気ヘッド9から図10(c)に示すように図10(a)の記録信号に基づく変調磁界を印加する。ここでは、印加磁界を記録情報に応じて変調し、且つ、記録LD光を定常周期でパルス状に変調させる所謂パルス磁界変調を採用している。これらの動作により記録媒体の冷却過程において図10(d)に示すような記録マーク列が形成される。このような磁界変調記録方式を採用することで、光スポット径よりも十分小さな磁区長のマークを形成することが可能である。

30

【0046】

また、磁壁移動型光磁気記録媒体の再生動作に関しては図11の説明と同様であり、再生時には、まず、図11(a)に示すように光ビームの照射により磁壁移動媒体の再生層の磁壁が移動するTs温度条件まで加熱される。図11(b)に示すスイッチング層はTsより低い温度領域では交換結合により、記録層、再生層と結合した状態となっている。媒体が光ビームの照射によりTs温度以上に加熱されると、スイッチング層はキュリー点に達し、再生層と記録層との結合が切れた状態となる。

40

【0047】

このため、このTs温度領域に記録マークの磁壁が到達すると同時に再生層の磁壁は再生層の温度勾配に対してエネルギー的に磁壁が安定して存在する位置、即ち、光ビーム照射による温度上昇の線密度方向の最高温度点にランドを横切るように磁壁が瞬時に移動する。これにより、再生光ビームに覆われる領域の大部分の磁化状態が同じになるため、通常の光ビーム再生原理においては再生不可能な微小な記録マークであっても、図11(d)示すように矩形に近い状態の再生信号を得ることができる。

40

【0048】

次に、本実施形態の再生信号に対するパーシャルレスポンス+ビタビ復号の再生信号処理に関して図2を用いて説明する。磁壁移動型光磁気再生においてはPR(1,-1)を適用することが一般的に知られている。これは、再生トラックであるメイントラックの磁壁移動再生による再生信号の周波数帯と、磁壁移動再生現象が起こらない隣接トラックからのクロストーク信号の周波数帯とが大きく異なり低周波数帯に存在することから、PR(1,-1)という低周波成分を減衰させるPR方式を適用することで、クロストークの

50

影響を排除することが可能になるためである。以下、 $\text{PR}(1, -1) + \text{ビタビ復号}$ を例に以下説明を行う。

【0049】

図2(a)は記録ビット列である記録信号、図2(b)は再生信号、図2(c)再生信号立ち上がり情報を用いて掛けた第1のPLLクロック、図2(d)は再生信号立ち下がり情報を用いて掛けた第2のPLLクロックである。また、図2(e)は再生信号に等化処理を行うことにより得られた再生等化信号である。図2(f)は第1のPLLクロックで $\text{PR}(1, -1)$ 信号をサンプリングした第1のサンプリングデータ列 $z_{(k)}$ 、図2(g)は第2のPLLクロックで $\text{PR}(1, -1)$ 信号をサンプリングした第2のサンプリングデータ列 $z_{(k)}$ である。プランチメトリック計算回路131は上述のような等化波形のサンプリングとプランチメトリック値計算を行う。10

【0050】

図2(b)の再生信号は上述した磁壁移動型光磁気媒体の情報再生信号であり、光学系の分解能の影響を受けないために矩形状の2値の再生信号となる。図2(e)の再生等化信号は図2(b)の再生信号に $\text{PR}(1, -1)$ の等化処理を行った信号波形であり、微分回路或いはトランスバーサルフィルタ回路等からなる等化回路により所望の $\text{PR}(1, -1)$ の等化波形を生成したものである。

【0051】

また、図2(c)、(d)の第1、第2のPLLクロックは、例えば、図2(b)の再生信号を2階微分し、ゼロクロス検出する等により得られる2値化信号を基にPLLを掛け、このPLLを掛ける情報を立ち上がり情報、立ち下がり情報に限定したものをそれぞれ第1のPLLクロック、第2のPLLクロックとしている。図2(f)の第1のサンプリング列はデータ識別点となる第1のPLLクロック信号で図2(e)の $\text{PR}(1, -1)$ 信号をサンプリングした第1のサンプリングデータ列 $z_{(k)}$ 、図2(g)のサンプリング列は第2のクロック信号で図2(e)の $\text{PR}(1, -1)$ 信号をサンプリングした第2のサンプリングデータ列 $z_{(k)}$ を示す。20

【0052】

上記記録再生信号列が変調符号(1, 7)RLLのNRZIの記録再生信号であるとし、更に(1, 7)RLLの特徴であるNEZL則における“0”的最小ランレンジスを1に制限した場合を例に本発明のビタビ復号に関して更に説明する。30

【0053】

まず、時刻 k のサンプル時における記録ビット系列 $b_{(k)}$ で決まる状態 $S_{(k)}$ が表1に示すように S_0, S_1, S_2, S_3 の4状態の場合について説明する。各状態は次の記録ビットの値によって次の状態に遷移する。この時の状態遷移を示すトレリス線図を図6に示す。図中の印が各時刻における状態を、矢印が記録ビットによる状態遷移を示し、この状態遷移をプランチと呼ぶ。記録ビットの変化と状態遷移、出力期待値 $y_{(k)}$ を表2に、状態遷移図を図5に示す。

【0054】

本発明の各状態におけるメトリック値 $mS_{(k)}$ の変化及びプランチの選択は、再生信号の立ち上がり情報にPLLを掛けた第1のPLLクロックによる再生等化信号の第1のサンプリング値を $z_{(k)}$ 、再生信号の立ち下がり情報にPLLを掛けた第2のPLLクロックによる再生等化信号の第2のサンプリング値を $z_{(-k)}$ とすることで、下記のように表現できる。なお、ここでの出力期待値は表2に示すように“0”、“1”、“-1”としている。40

【0055】

式(1)

$$\begin{aligned} mS_0(k) &= \min \{ mS_2(k-1) + \min \{ [z_{(k)} - 0]^2, [z_{(k)} - 0] \}^2, \\ &\quad [z_{(k)} - 0] \}^2, mS_0(k-1) + [z_{(k)} - 0]^2 \} \\ mS_1(k) &= mS_0(k-1) + [z_{(k)} - 1]^2 \\ mS_2(k) &= mS_3(k-1) + [z_{(k)} - (-1)]^2 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$$mS3(k) = \min \{ mS1(k-1) + \min \{ [z(k)-0]^2, [z(k)-0]^2 \}, mS3(k-1) + [z(k)-0]^2 \}$$

次に、上記メトリック計算に関して、本発明の特徴である再生信号の立ち上がり情報でPLLを掛けた第1のPLLクロックでサンプリングした第1のサンプリング値 $z(k)$ 、再生信号の立ち下がり情報でPLLを掛けた第2のPLLクロックでサンプリングした第2のサンプリング値 $z(k)$ の選択に関して図2を用いて説明を加える。

【0056】

上述したように図2(a)は記録ビット列である記録信号、図2(b)はデューティがずれている再生信号、図2(c)は再生信号の立ち上がり情報を用いて掛けた第1のPLLクロック、図2(d)は再生信号の立ち下がり情報を用いて掛けた第2のPLLクロックである。図2(e)は再生信号に等化処理を行うことにより得られた再生等化信号である。

【0057】

ここで、図2(a)示す記録信号、図2(b)の再生信号のように記録信号列の“0”、“1”的変化、即ち、記録ビットの変化が、再生信号変化の信号極性の変化に対応し、“0”から“1”への変化は再生信号の立ち上がり極性に、“1”から“0”への変化は再生信号の立ち下がり極性に対応付けることができる。特に、本実施形態の磁壁移動型の光磁気再生に於いては、上述したように光学系の影響による符号間干渉が現れないために、記録ビットの変化は再生信号の変化として明確に現れる。

【0058】

更に、デューティが変化したような再生信号に於いては、再生信号の立ち上がり情報によりPLLのクロックを生成し、そのPLLクロックによりサンプリングしたサンプリング値は記録ビット“0”から“1”への変化をより正確に反映した値を示し、逆に再生信号の立ち下がり情報によりPLLのクロックを生成し、そのPLLクロックによりサンプリングしたサンプリング値は記録ビット“1”から“0”への変化をより正確に反映した値を示す。

【0059】

また、図2(f)の再生等化信号中の各サンプリング点が示すレベルで明らかなように、再生信号の立ち上がり情報をを利用してPLLを掛けた第1のPLLクロックを用いて再生信号をサンプリングした第1のサンプリング値 $z(k)$ は、再生信号の立ち上がり情報をより正確に反映した期待値に近いサンプリング値である。また、図2(g)の再生信号の立ち下がり情報をを利用してPLLを掛けた第2のPLLクロックを用いて再生信号をサンプリングした第2のサンプリング値 $z(k)$ は、再生信号の立ち下がり情報をより正確に反映した期待値に近いサンプリング値となる。

【0060】

従って、記録ビットが“0”から“1”に変化したとされるS0 S1の状態遷移に対しては、再生信号の立ち上がりに対してPLLを掛けた第1のPLLクロックによりサンプリングした第1のサンプリング値 $z(k)$ を選択し、メトリックの計算を行う。これとは逆に、記録ビットが“1”から“0”に変化したとされるS3 S2の状態遷移に対しては、再生信号の立ち下がりに対してPLLを掛けた第2のPLLクロックによりサンプリングした第2のサンプリング値 $z(k)$ を選択し、メトリックの計算を行う。

【0061】

次に、記録ビットが変化しない場合の第1のサンプリング値 $z(k)$ 、第2のサンプリング値 $z(k)$ の選択処理に関して説明する。

【0062】

まず、状態が同じ状態に遷移するS0 S0に関して考える。図5の状態遷移図に示すように直前の状態S0から記録ビット変化が無く、且つ、直後の状態遷移としてS0 S1が可能性として存在する。S0 S1は前述したように記録ビットが“0”から“1”へ変化する状態遷移であり、第1のサンプリング値 $z(k)$ を選択し、メトリック値の計算を行う。従って、隣接するデータ識別点としても、記録ビットの“0”から“1”、

10

20

30

40

50

即ち、再生信号の立ち上がり情報への相関が強く現れる。故に、これを重視して S₀ → S₀ の状態遷移に対しては、再生信号の立ち上がり情報に対して PLL を掛けた第 1 の PLL クロックによりサンプリングした第 1 のサンプリング値 $z_{(k)}$ を選択し、メトリックの計算を行う。

【0063】

同様に、状態が同じ状態に遷移する S₃ → S₃ に対して考える。図 5 の状態遷移図に示すように直前の状態 S₃ から記録ビット変化が無く、且つ、直後の状態遷移として S₃ → S₂ が可能性として存在する。S₃ → S₂ は前述したように記録ビットが “1” から “0” へ変化する状態遷移であり、第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ を選択し、メトリック値の計算を行う。従って、隣接するデータ識別点としても、記録ビットの “1” から “0” 、即ち、再生信号の立ち下がり情報への相関が強く現れる場合が存在する。故に、これを重視して S₃ → S₃ の状態遷移に対しては、再生信号の立ち下がり情報に対して PLL を掛けた第 2 の PLL クロックによりサンプリングした第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ を選択し、メトリックの計算を行う。

【0064】

次に、状態遷移 S₁ → S₃ を考える。この状態遷移は S₀ → S₁ に続く状態遷移であるが、同時に、記録ビットが 2T(0, 1, 1, 0) の場合の S₃ → S₂ の状態遷移の直前状態遷移となる。従って、本実施形態ではこの両方を考慮して、再生信号の立ち上がり情報に対して PLL を掛けた第 1 の PLL クロックによりサンプリングした第 1 のサンプリング値 $z_{(k)}$ 、再生信号の立ち下がり情報に対して PLL を掛けた第 2 の PLL クロックによりサンプリングした第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ のいずれか出力期待値に近い方を選択し、メトリック値を計算する方法を採用する。

【0065】

同様に、状態遷移 S₂ → S₀ は、S₃ → S₂ に続く状態遷移であるが、同時に、記録ビットが 2T(1, 0, 0, 1) の場合の S₀ → S₁ の状態遷移の直前状態遷移となる。従って、同様な考え方の下に再生信号の立ち上がり情報に対して PLL を掛けた第 1 の PLL クロックによりサンプリングした第 1 のサンプリング値 $z_{(k)}$ 、再生信号の立ち下がり情報に対して PLL を掛けた第 2 の PLL クロックによりサンプリングした第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ のいずれか出力期待値に近い方を選択し、メトリック値を計算する方法を採用する。

【0066】

以上の考えに基づき、前述した S₀ ~ S₃ のメトリック値の計算式(1)を導いたのである。

【0067】

以上説明したメトリック計算により生き残りパスを確定していく、途切れることなく一続きに残ったパスに相当する記録ビット列を実際に記録された信号列として検出することで情報を再生する。また、通常はバスメモリ長による回路の増加と、バスの収束の関係から、所望の長さのバスメモリを用意し、バスの確定の如何に拘わらずメモリ端ではバスは確定しているものとし、或いは、バスが確定しなかった場合を考えて、“0”、“1”的多数決等にて情報データを復号する。

【0068】

なお、状態遷移 S₁ → S₃ 、 S₂ → S₀ における第 1 のサンプリング値 $z_{(k)}$ 、第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ の選択はこの限りではなく、状態遷移 S₁ → S₃ を考えた場合、この状態遷移は、必ず S₀ → S₁ に続く状態遷移であることを考慮して、第 1 のサンプリング値 $z_{(k)}$ を選択的に採用することも考えられる。また、同様に、状態遷移 S₂ → S₀ を考えた場合、この状態遷移は、必ず S₃ → S₂ に続く状態遷移であることを考慮して、第 2 のサンプリング値 $z_{(k)}$ を選択的に採用することも考えられる。この場合、メトリック計算は下記式(2)に示すようになる。

【0069】

式(2)

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} mS_0(k) &= \min \{ mS_2(k-1) + [z(k)-0]^2, mS_0(k-1) \\ &+ [z(k)-0]^2 \} \\ mS_1(k) &= mS_0(k-1) + [z(k)-1]^2 \\ mS_2(k) &= mS_3(k-1) + [z(k)-(-1)]^2 \\ mS_3(k) &= \min \{ mS_1(k-1) + [z(k)-0]^2, mS_3(k-1) \\ &+ [z(k)-0]^2 \} \end{aligned}$$

更に、第1のサンプリング値 $z(k)$ と、第2のサンプリング値 $z(k)$ との平均値を計算し、これを利用することも考えられる。この場合、メトリック計算は下記式(3)に示すようになる。

【0070】

10

式(3)

$$\begin{aligned} mS_0(k) &= \min \{ mS_2(k-1) + [[z(k)+z(k)]/2-0]^2, \\ &mS_0(k-1) + [z(k)-0]^2 \} \\ mS_1(k) &= mS_0(k-1) + [z(k)-1]^2 \\ mS_2(k) &= mS_3(k-1) + [z(k)-(-1)]^2 \\ mS_3(k) &= \min \{ mS_1(k-1) + [[z(k)+z(k)]/2-0]^2, \\ &mS_3(k-1) + [z(k)-0]^2 \} \end{aligned}$$

上記のようにサンプリング選択の幾つかの例を示したが、これらサンプリング値の選択は、状態遷移の頻度並びにエラーの依存度等を考慮して実際の系に応じて決定することが望ましい。

20

【0071】

また、上記実施形態は PR(1, -1)に関する説明であるが、本発明はこれに限定するものではなく多岐のパーシャルレスポンスの系に適用可能である。

【0072】

更に、上述した第1のサンプリング列、第2のサンプリング列の選択処理時には、第1のPLLクロックと第2のPLLクロックとの位相関係を考慮し、識別点kにおけるサンプリングを合わせる必要がある。これは、第1のPLLクロックと第2のPLLクロックとでどちらのクロックの位相が進んでいるかを検出すれば良く、例えば、図7に示すようにDフリップフロップ等を使用し、第1のPLLクロックをD端子に、第2のPLLクロックをクロック端子に入力し、出力が“1”ならば第1のPLLクロックの位相が進んでおり、出力が“0”ならば第2のPLLクロックの位相が進んでいると簡単に判断できる。

30

【0073】

第1のPLLクロックの位相が進んでいる場合には、第1のPLLクロックによる第1のサンプリング値と、この直後に、第2のPLLクロックによりサンプリングされる第2のサンプリング値とが、同じデータ識別点におけるサンプリング値として対応すると判断でき、この2つのサンプリング値に対して上述したように選択処理を施せばよい。

【0074】

逆に、第2のPLLクロック位相が進んでいる場合には、第1のPLLクロックによる第1のサンプリング値と、この直前に第2のPLLクロックによりサンプリングされた第2のサンプリング値とが、同じデータ識別点におけるサンプリング値として対応すると判断でき、この2つのサンプリング値に対して上述したように選択処理を施せばよい。

40

【0075】

実際の系では、この位相状態を逐次検出・監視を行い、セクタ単位、リシンク単位といった所定の再生単位毎の検出結果に従い選択処理の位相関係の更新を行うことが望ましい。また、上記位相関係に明確な差が現れない場合、即ち、再生信号のデューティズれが確認できない場合には、上述した選択処理を行わずどちらか一方のみのサンプリング値を使用するといった切り替え動作を施すことも可能である。

【0076】

50

(第2の実施形態)

図3は本発明の第2の実施形態を示すブロック図である。図1と同一部分には同一符号を付している。本実施形態では、重複する装置説明は割愛し、再生等化処理をデジタル的に処理する場合に関して説明する。

【0077】

102は本発明の原理に基づき第1のPLLクロック及び第2のPLLクロックで再生信号をサンプリングした第1のサンプリング列、第2のサンプリング列を選択的に使用し、パーシャルレスポンス(以下、PR)+ビタビ復号を行う回路である。122は再生信号の立ち上がり情報、立ち下がり情報のそれぞれにPLLを掛け第1のPLLクロック、第2のPLLクロックを得るPLL回路、112は再生信号をサンプリングしPR等化演算を行うデジタルPR等化演算回路、132はプランチメトリック計算回路、142はプランチ選択回路、152はバスメモリ回路である。
10

【0078】

本実施形態のこれら再生信号に対するパーシャルレスポンス+ビタビ復号の再生信号処理の説明を、PR(1, -1)+ビタビ復号を例にとって図4を用いて行う。

【0079】

図4(a)は記録ビット列である記録信号、図4(b)は再生信号、図4(c)は再生信号の立ち上がり情報にPLLを掛けた第1のPLLクロック、図4(d)は再生信号の立ち下がり情報にPLLを掛けた第2のPLLクロック、図4(e)は第1のPLLクロックで再生信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 $s_{(k)}$ 、図4(f)は第2のPLLクロックで再生信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 $s_{(k)}$ である。
20

【0080】

デジタル信号処理においては、再生信号を所望の伝達特性になるようにアナログ等化を行うことなく、サンプリングデータ列に所定係数を掛け加減算することにより所望の特性の伝達特性になるように波形等化を行うことが可能となる。特に、本実施形態における磁壁移動型光磁気媒体の再生信号においては、第1の実施形態で説明したように光学系の影響を受けないために符号間干渉が発生せず矩形状の2値の再生信号となる。

【0081】

従って、再生信号を直接サンプリングし、採用したPRに対応したデジタル加減算をすることでPR等化が可能である。例えば、PR(1, -1)の場合、連続するサンプリング列 $s_{(k-1)}$ 、 $s_{(k)}$ に対して、 $s_{(k-1)} - s_{(k)}$ を行うことでPR(1, -1)等化後のサンプリング値を得ることが可能である。本実施形態に於いては、このようなデジタル等化を行う場合に関して説明する。
30

【0082】

図4(c)、(d)はPLLをかけたクロックであり、PLLを掛ける情報を立ち上がり情報、立ち下がり情報に限定したものをそれぞれ、図4(c)の第1のPLLクロック、図4(d)の第2のPLLクロックとしている。

【0083】

図4(e)、(f)はデータ識別点となる第1のPLLクロック信号(図4(c))で図4(b)の再生信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 $s_{(k)}$ 、第2のクロック信号(図4(d))で図4(b)の再生信号をサンプリングしたサンプリングデータ列 $s_{(k)}$ を示している。
40

【0084】

また、上記記録再生信号列が変調符号(1, 7)RLLのNRZIの記録再生信号であるとし、更に(1, 7)RLLの特徴であるNEZL則における“0”的最小ランレンジスを1に制限した場合を例に本実施形態のビタビ復号に関して説明する。

【0085】

まず、時刻 k サンプル時における記録ビット系列 $b_{(k)}$ で決まる状態 $s_{(k)}$ が表1に示すようにS0、S1、S2、S3の4状態の場合に関して説明する。各状態は、次の記録ビットの値によって次の状態に遷移する。この時の状態遷移を示すトレリス線図を図
50

6に示す。図中の印が各時刻における状態を、矢印が記録ビットによる状態遷移を示し、この状態遷移をプランチと呼ぶ。記録ビットの変化と状態遷移、出力期待値 $y(k)$ を表2、状態遷移図を図5に示す。

【0086】

本実施形態における各状態におけるメトリック値 $mS(k)$ の変化及びプランチの選択は、再生信号の立ち上がり情報でPLLを掛けた第1のPLLクロックによる再生信号の第1のサンプリング値を $s(k)$ 、再生信号の立ち下がり情報でPLLを掛けた第2のPLLクロックによる再生信号の第2のサンプリング値を $s(k)$ とすることで、下記式(4)のように表現できる。なお、ここでの出力期待値は表2に示すように“0”、“1”、“-1”としている

式(4)

$$\begin{aligned} z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ mS_0(k) &= \min\{mS_2(k-1) + \min\{[z(k)-0]^2, [z(k)-0]^2\}, mS_0(k-1) + [z(k)-0]^2\} \\ mS_1(k) &= mS_0(k-1) + [z(k)-1]^2 \\ mS_2(k) &= mS_3(k-1) + [z(k)-(-1)]^2 \\ mS_3(k) &= \min\{mS_1(k-1) + \min\{[z(k)-0]^2, [z(k)-0]^2\}, mS_3(k-1) + [z(k)-0]^2\} \end{aligned}$$

上記メトリック計算に関して、本発明の特徴である再生信号の立ち上がり情報でPLLを掛けた第1のPLLクロックでサンプリングした第1のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ 、再生信号の立ち下がり情報でPLLを掛けた第2のPLLクロックでサンプリングした第2のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ の選択に関しては第1の実施形態と同様であり、ここでの説明は割愛する。

【0087】

以上説明したメトリック計算により生き残りパスを確定していく、途切れることなく一続きに残ったパスに相当する記録ビット列を実際に記録された信号列として検出することで情報を再生する。但し、通常はパスメモリ長による回路の増加と、パスの収束の関係から、所望の長さのパスメモリを用意し、パスの確定の如何に拘わらずメモリ端ではパスは確定しているものとし、或いは、パスが確定しなかった場合を考えて、“0”、“1”の多数決にて情報データを復号する。

【0088】

なお、状態遷移 $S_1 \rightarrow S_3, S_2 \rightarrow S_0$ における第1のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ 、第2のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ の選択はこの限りではなく、第1の実施形態と同様な考えが可能である。

【0089】

状態遷移 $S_1 \rightarrow S_3$ に対して、この状態遷移は、 $S_0 \rightarrow S_1$ に続く状態遷移であることを考慮して、第1のサンプリング値の等化演算値 $z(k)$ を選択的に採用し、また、同様に状態遷移 $S_2 \rightarrow S_0$ に対して、この状態遷移は、 $S_3 \rightarrow S_2$ に続く状態遷移であることを考慮して、第2のサンプリング値の等化演算値 $z(k)$ を選択的に採用する場合、メトリック計算は下記式(5)に示すようになる。

【0090】

式(5)

$$\begin{aligned} z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ mS_0(k) &= \min\{mS_2(k-1) + [z(k)-0]^2, mS_0(k-1) + [z(k)-0]^2\} \\ mS_1(k) &= mS_0(k-1) + [z(k)-1]^2 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} mS2(k) &= mS3(k-1) + [z(k) - (-1)]^2 \\ mS3(k) &= \min \{ mS1(k-1) + [z(k) - 0]^2, mS3(k-1) \\ &+ [z(k) - 0]^2 \} \end{aligned}$$

更に、第1の実施形態と同様に第1のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ と、第2のサンプリング値の等化演算値 $z(k) = s(k-1) - s(k)$ との平均値を計算し、これを利用することも考えられる。この場合、メトリック計算は下記式(6)に示すようになる。

【0091】

式(6)

$$\begin{aligned} z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ z(k) &= s(k-1) - s(k) \\ mS0(k) &= \min \{ mS2(k-1) + [[z(k) + z(k)] / 2 - 0] \\ &^2, mS0(k-1) + [z(k) - 0]^2 \} \\ mS1(k) &= mS0(k-1) + [z(k) - 1]^2 \\ mS2(k) &= mS3(k-1) + [z(k) - (-1)]^2 \\ mS3(k) &= \min \{ mS1(k-1) + [[z(k) + z(k)] / 2 - 0] \\ &^2, mS3(k-1) + [z(k) - 0]^2 \} \end{aligned}$$

上記のようにサンプリング選択の幾つかの例を示したが、これらサンプリング値の選択は、状態遷移の頻度並びにエラーの依存度等を考慮して実際の系に応じて決定することが望ましい。

【0092】

なお、上記実施形態は PR(1, -1)に関する説明であるが、本発明はこれに限定されるものではなく、多岐のパーシャルレスポンスの系に適用可能である。

【0093】

また、上述した第1のサンプリング列、第2のサンプリング列の選択処理時には、第1のPLLクロックと第2のPLLクロックとの位相関係を考慮し、識別点kにおけるサンプリングを合わせる必要がある。これは、第1のPLLクロックと第2のPLLクロックとでどちらのクロック位相が進んでいるかを検出すれば良く、例えば、図7に示すようにDフリップフロップ等を使用し、第1のPLLクロックをD端子に、第2のPLLクロックをクロック端子に入力し、出力が“1”ならば第1のPLLクロックの位相が進んでおり、出力が“0”ならば、第2のPLLクロックの位相が進んでいると簡単に判断できる。

【0094】

第1のPLLクロック位相が進んでいる場合には、第1のPLLクロックによる第1のサンプリング値と、この直後に、第2のPLLクロックによりサンプリングされる第2のサンプリング値とが、同じデータ識別点におけるサンプリング値として対応すると判断でき、この2つのサンプリング値に対して上述したように選択処理を施せばよい。

【0095】

逆に、第2のPLLクロック位相が進んでいる場合には、第1のPLLクロックによる第1のサンプリング値と、この直前に第2のPLLクロックによりサンプリングされた第2のサンプリング値とが、同じデータ識別点におけるサンプリング値として対応すると判断でき、この2つのサンプリング値に対して上述したように選択処理を施せばよい。

【0096】

実際の系では、この位相状態を逐次検出・監視を行い、セクタ単位、リシンク単位といった所定の再生単位毎の検出結果に従い選択処理の位相関係の更新を行うことが望ましい。また、上記位相関係に明確な差が現れない場合、即ち、再生信号のデューティズレが確認できない場合には、上述した選択処理を行わずどちらか一方のみのサンプリング値を使用するといった切り替え動作を施すことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0097】

10

20

20

30

40

50

【図1】本発明の第1の実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1の動作を示すタイミング図である。

【図3】本発明の第2の実施形態を示すブロック図である。

【図4】図3の動作を示すタイミング図である。

【図5】ビタビ復号状態遷移図である。

【図6】ビタビ復号トレリス線図である。

【図7】第1、第2の実施形態のクロック位相判定回路の一例を示す図である。

【図8】従来の問題点を説明するタイミング図である。

【図9】従来例の光磁気記録再生装置を示す構成図である。

【図10】磁界変調記録動作を説明するタイミング図である。

【図11】磁壁移動再生を説明する図である。

【図12】従来例のパーシャルレスポンス+ビタビ復号の再生処理を説明するタイミング図である。

【符号の説明】

【0098】

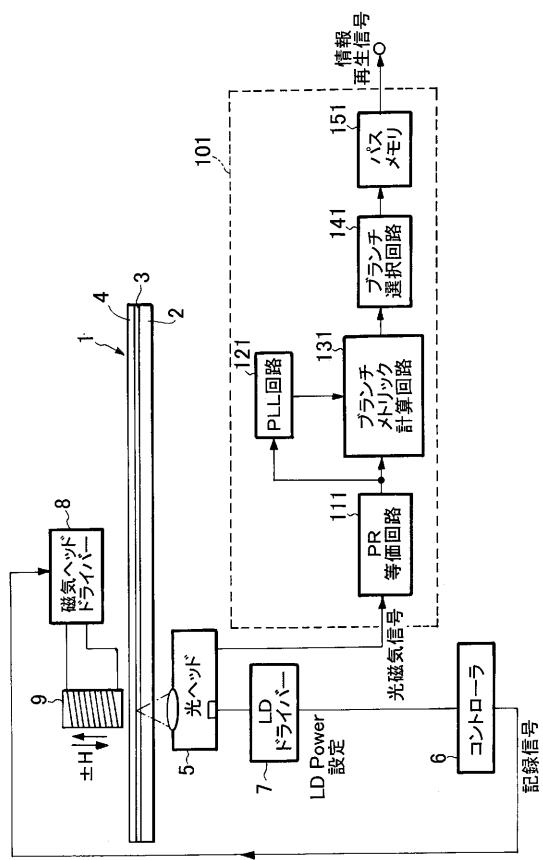
- 1 光磁気ディスク
- 2 基板
- 3 光磁気記録層
- 4 保護層
- 5 光ヘッド
- 6 コントローラ
- 7 LDドライバー
- 8 磁気ヘッドドライバー
- 9 磁気ヘッド
- 101、102 ビタビ復号回路
- 111 PR等化回路
- 112 PR等化演算回路
- 121、122 PLL回路
- 131、132 ブランチメトリック計算回路
- 141、142 ブランチ選択回路
- 151、152 パスマモリ回路

10

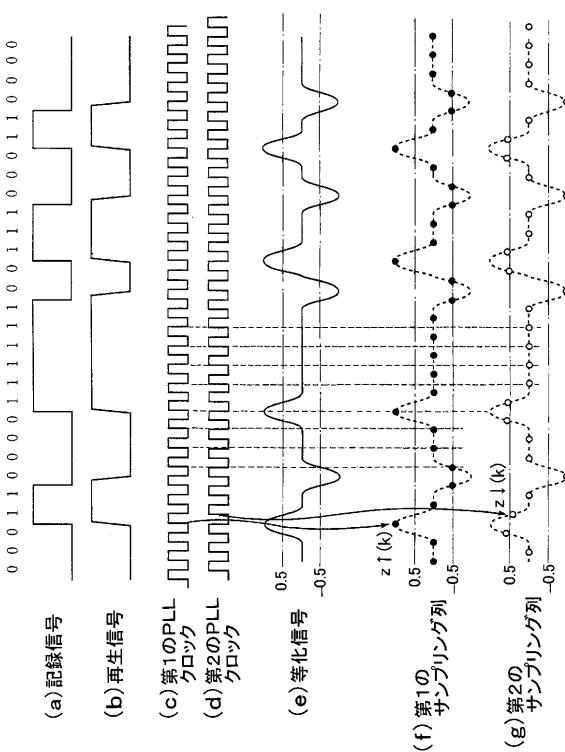
20

30

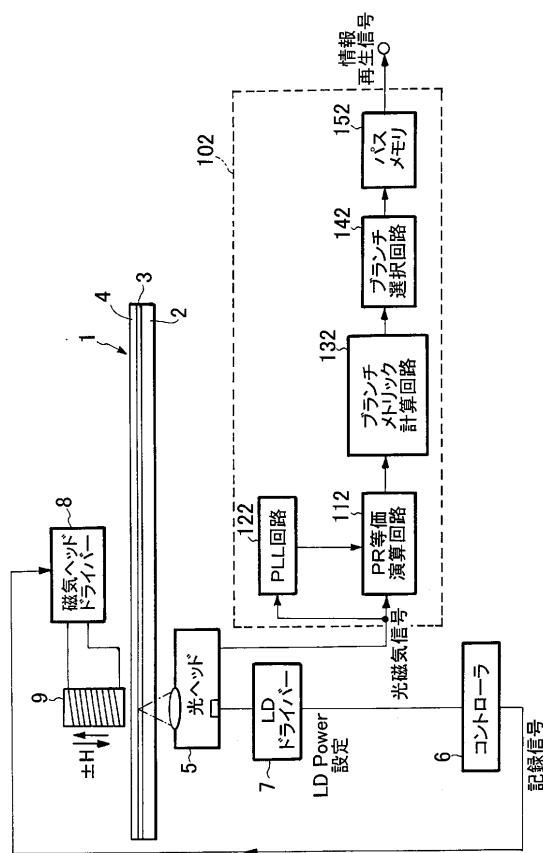
【図1】



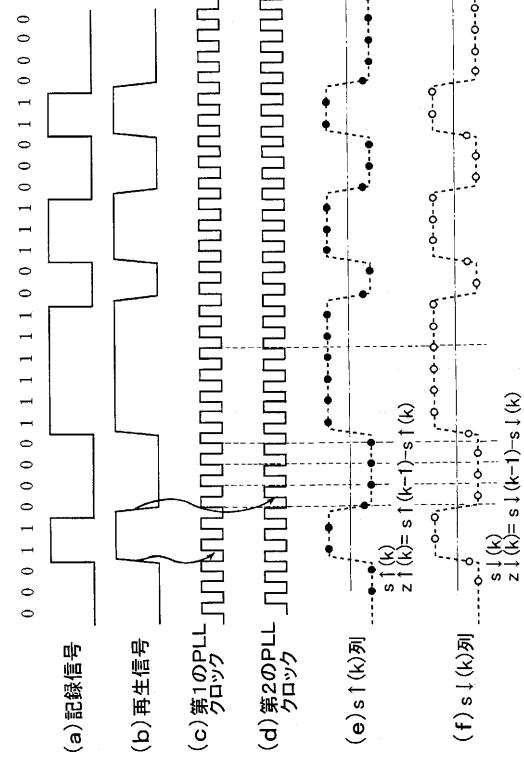
【図2】



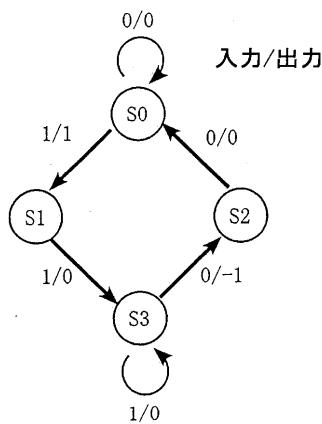
【図3】



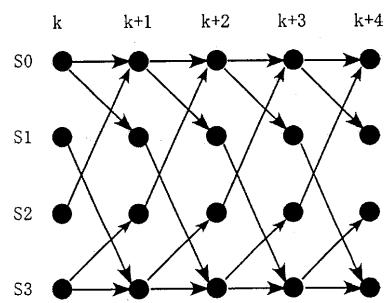
【図4】



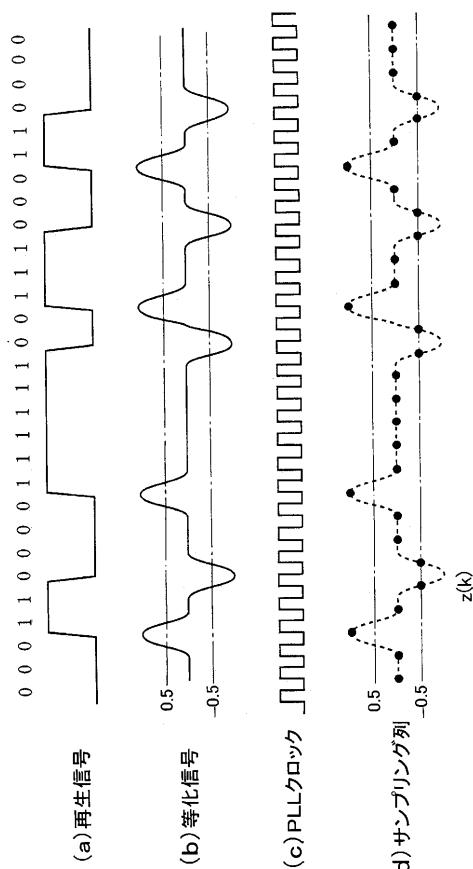
【図5】



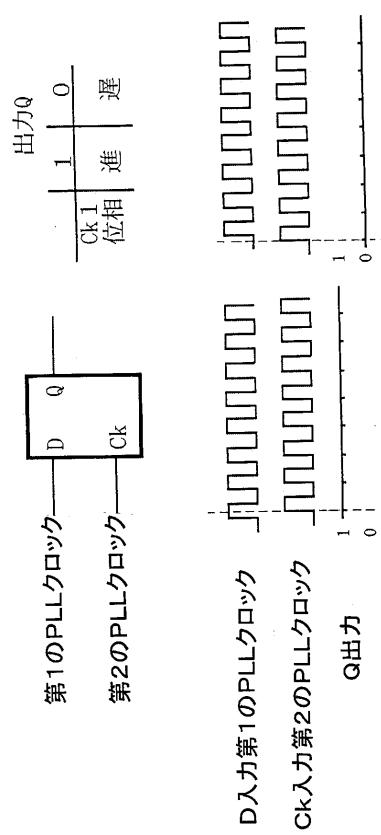
【図6】



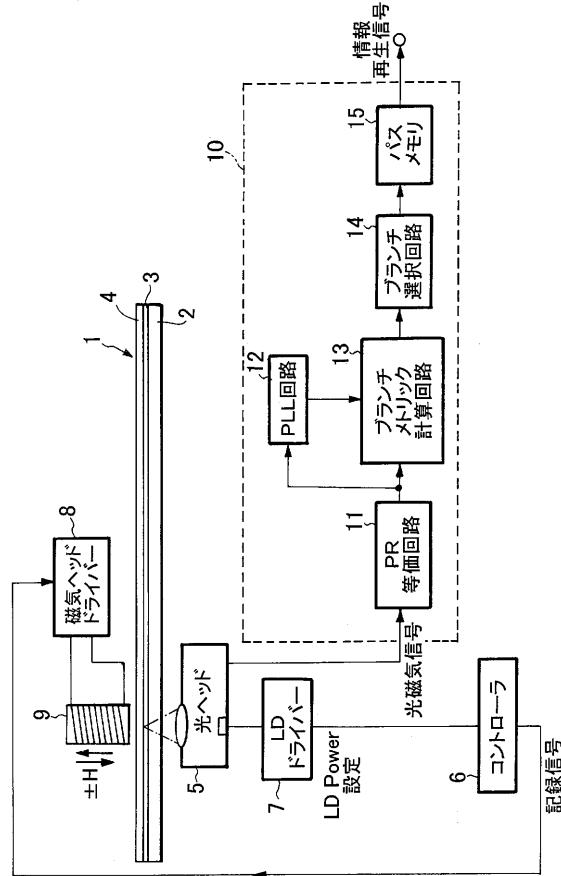
【図8】



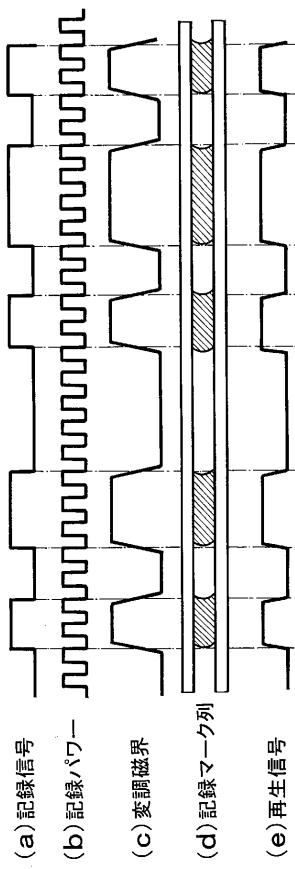
【図7】



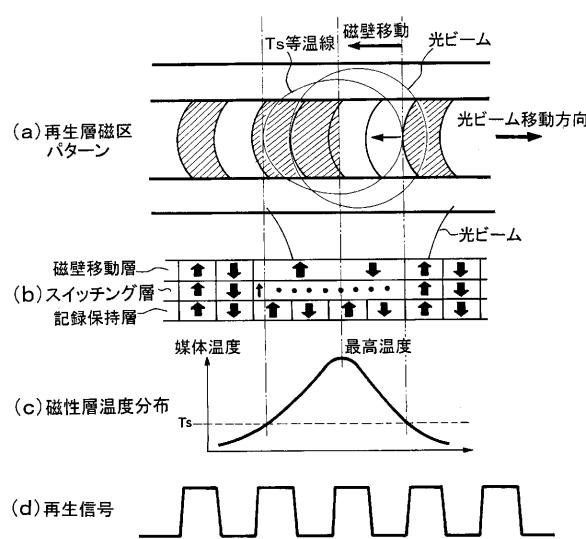
【図9】



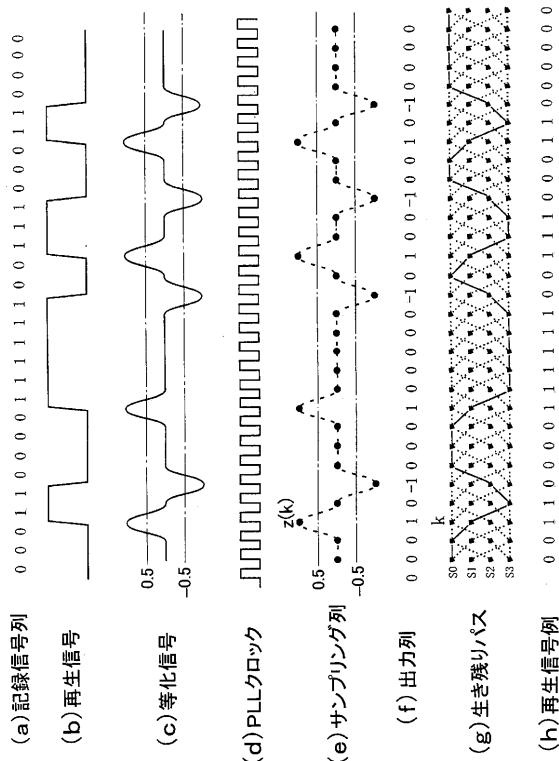
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

G 11 B	20/18	5 7 0 F
G 11 B	20/18	5 7 2 D
G 11 B	20/18	5 7 2 F
G 11 B	20/18	5 7 6 A