

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4095504号
(P4095504)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月14日(2008.3.14)

(51) Int.Cl.		F I			
G 1 1 B	5/09	(2006.01)	G 1 1 B	5/09	3 3 1
G 1 1 B	5/02	(2006.01)	G 1 1 B	5/02	B
G 1 1 B	20/12	(2006.01)	G 1 1 B	20/12	
G 1 1 B	20/14	(2006.01)	G 1 1 B	20/14	3 4 1 A

請求項の数 17 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-204387 (P2003-204387)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成15年7月31日(2003.7.31)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2005-50415 (P2005-50415A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年2月24日(2005.2.24)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年12月1日(2005.12.1)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスク記憶装置及びシンクマーク書込み方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスク媒体上に設定される第1及び第2のシンクマーク領域及びデータ領域を含むデータセクタに対して、垂直磁気記録方式でのデータのライト動作を実行する磁気ヘッドと、前記データセクタの先頭を検出するための第1のシンクマーク及び当該第1のシンクマークとは異なるパターンの第2のシンクマークのそれぞれのビットパターンを生成するシンクマーク生成手段であって、正負の記録磁化極性に対応する正負のビット列からなるビットパターンを含み、正または負のビット列の中で相対的に連続ビット長の長いビット列が全ビットパターンに占めるビット長の割合として50%以上であって、かつ前記データ領域に記録されたデータの再生エラーレートの許容値に基づいて設定される上限を範囲内とする前記第2のシンクマークを生成するシンクマーク生成手段と、前記シンクマーク生成手段により生成された第1及び第2のシンクマークを含むデータ信号を前記磁気ヘッドに供給するライト手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項2】

前記第2のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合として50%以上で、かつ85%未満を範囲として設定されることを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項3】

前記第2のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合と

して50%以上で、かつ再生エラーレートの許容値に基づいて設定されるほぼ80%以下を範囲として設定されることを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項4】

前記第2のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合として50%以上で、かつ再生エラーレートの許容値に基づいて設定される100%未満を範囲として設定されることを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項5】

前記データ領域は第1及び第2のデータ領域を含み、
前記第2のシンクマーク領域は、前記第1のシンクマーク領域を先頭する前記第1のデータ領域に連続し、かつ前記第2のデータ領域の先頭に位置するように設けられていることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のディスク記憶装置。

10

【請求項6】

前記第2のシンクマークのビットパターンは、正の記録磁化極性に対応する連続ビット数Tpのビット列と、それに隣接して負の記録磁化極性に対応する連続ビット数Tmのビット列とを含み、
当該連続ビット数の差が10ビット以下となるパターンを少なくとも1つ以上含むことを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項7】

前記第2のシンクマークのビットパターンは、前記データ領域に記録されるユーザデータのビットパターンには含まれないパターンであることを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

20

【請求項8】

前記第2のシンクマークのビットパターンは、少なくとも“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010”の6種類のビットパターンを含まないことを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項9】

前記データ領域は第1及び第2のデータ領域を含み、
前記第2のシンクマーク領域は、前記第1のシンクマーク領域を先頭する前記第1のデータ領域に連続し、かつ前記第2のデータ領域の先頭に位置するように設けられており、
前記第2のシンクマークのビットパターンは、第1のデータ領域に記録されるビット列の最終ビット値(“0”又は“1”)を含み、少なくとも“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010”の6種類のビットパターンを含まないことを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

30

【請求項10】

ディスク媒体上に設定される第1及び第2のシンクマーク領域及びデータ領域を含むデータセクタに対して、磁気ヘッドにより垂直磁気記録方式でデータを記録するディスク記憶装置に適用するシンクマーク書込み方法であって、
前記データ領域にデータを書き込むデータ記録動作時に、
前記第1のシンクマーク領域に前記データセクタの先頭を検出するための第1のシンクマークを書込み、
前記第1のシンクマークとは異なるビットパターンであって、正負の記録磁化極性に対応する正負のビット列からなるビットパターンを含み、正または負のビット列の中で相対的に連続ビット長の長いビット列が全ビットパターンに占めるビット長の割合として50%以上であって、かつ前記データ領域に記録されたデータの再生エラーレートの許容値に基づいて設定される上限を範囲内とする第2のシンクマークを前記第2のシンクマーク領域に書き込むことを特徴とするシンクマーク書込み方法。

40

【請求項11】

前記第2のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合として50%以上で、かつ85%未満を範囲として設定されることを特徴とする請求項10に記載のシンクマーク書込み方法。

50

【請求項 1 2】

前記第 2 のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合として 50% 以上で、かつ再生エラーレートの許容値に基づいて設定されるほぼ 80% 以下を範囲として設定されることを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【請求項 1 3】

前記第 2 のシンクマークは、前記連続ビット長の長いビット列が、前記ビット長の割合として 50% 以上で、かつ再生エラーレートの許容値に基づいて設定される 100% 未満を範囲として設定されることを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 のシンクマークのビットパターンは、正の記録磁化極性に対応する連続ビット数 T_p のビット列と、それに隣接して負の記録磁化極性に対応する連続ビット数 T_m のビット列とを含み、

当該連続ビット数の差が 10 ビット以下となるパターンを少なくとも 1 つ以上含むことを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【請求項 1 5】

前記第 2 のシンクマークのビットパターンは、前記データ領域に記録されるユーザデータのビットパターンには含まれないパターンであることを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【請求項 1 6】

前記第 2 のシンクマークのビットパターンは、少なくとも “101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010” の 6 種類のビットパターンを含まないことを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【請求項 1 7】

前記データ領域は第 1 及び第 2 のデータ領域を含み、

前記第 2 のシンクマーク領域は、前記第 1 のシンクマーク領域を先頭する前記第 1 のデータ領域に連続し、かつ前記第 2 のデータ領域の先頭に位置するように設けられており、

前記第 2 のシンクマークのビットパターンは、第 1 のデータ領域に記録されるビット列の最終ビット値 (“0” 又は “1”) を含み、少なくとも “101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010” の 6 種類のビットパターンを含まないことを特徴とする請求項 10 に記載のシンクマーク書込み方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直磁気記録方式のディスク記憶装置の分野に関し、特に、データセクタに記録されるシンクマークの書込み技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般的に、ハードディスクドライブを代表とするディスク記憶装置（以下ディスクドライブと表記する場合がある）では、ホストシステム（例えばパーソナルコンピュータ）からのユーザデータは、4096 ビット（512 バイト）単位に分割されて、データセクタと呼ばれるディスク媒体（以下ディスクと呼ぶ）上の記録領域に、当該ユーザデータ以外の信号と共に記録される。

【0003】

データセクタのデータフォーマットは、大別して、再生される時間順に、プリアンブル（preamble）、シンクマーク（sync mark）、ユーザデータ（user data）、ECC（error correction code：誤り訂正符号）データからなる。プリアンブルは、データセクタから磁気ヘッド（以下ヘッドと呼ぶ）により読出される再生信号の振幅を一定値に調整するための AGC（auto gain control：自動ゲイン制御）や、

データ復号化のためのクロック同期に使用される一定周波数の信号である。また、シンクマークは、ユーザデータの開始（先頭）を検出するために使用されるビットパターンから

10

20

30

40

50

なる。

【0004】

近年では、シンクマークは、第1のシンクマーク及び第2のシンクマークに分割されている。これに伴って、ユーザデータも、第1のシンクマークと第2のシンクマークとの間に記録される第1のユーザデータ（便宜的にXビット長のデータ）と、第2のシンクマークに連続する第2のユーザデータ（「4096-X」ビット長）とに分割されて記録される（例えば特許文献1及び特許文献2を参照）。

【0005】

第1のシンクマークは、それに続く第1のユーザデータの始まりを検出するためのもので、例えば10～50ビット程度のビット長のランダムパターンである。ディスクドライブでは、再生信号からデータ復号器により順次復号されるビット系列と、予め用意されているシンクマークのビットパターンとのパターンマッチングにより、シンクマーク検出が実行される。

10

【0006】

シンクマーク検出では、シンクマークのビットパターンとが完全に一致したときにシンクマークが検出されたと見なされて、シンクマークの最終ビットの次のビットからユーザデータのビットであると認識される。これにより、ユーザデータのデータ復号化が実行される。ここで、Sビット長さのシンクマークの全てのビットが一致しない場合でも、例えば、(S-2)ビットが一致すれば、シンクマークが検出されたと見なすことがより一般的である。

20

【0007】

ここで、主としてリードヘッドであるGMR素子の特性から発生するTA（thermal asperity：サーマルアスペリティ）現象などの原因で、第1のシンクマークが検出できない場合がある（TAについては、例えば特許文献3を参照）。このような場合に、第2のシンクマークの検出が実行される。

【0008】

第1のシンクマークの検出に失敗し、第2のシンクマークの検出に成功した場合は、Xビット長の第1のユーザデータは、誤りデータあるいは消失誤りデータとして扱われて、ECCデータを使用する誤り訂正処理により正しく復号される。

【0009】

【特許文献1】

米国特許第5,844,920（1998年）

【0010】

【特許文献2】

特開2001-143406号公報

【0011】

【特許文献3】

特開平10-49806号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

第2のシンクマークは、前述したように主にTA現象が原因で第1のシンクマークが検出できなかった場合に用いることを前提としているため、当該原因に対してシンクマークの検出確率がより高くなるビットパターンが考慮される。

40

【0013】

従来の長手磁気記録方式のディスクドライブでは、一般的に、NRZ（non-return to zero）記録則での“0”あるいは“1”のビットが連続するビットパターンが、第2のシンクマークのパターンとして用いられる。長手磁気記録方式では、このようなビットパターンに対応する再生信号は、振幅が一定値となる信号で、いわゆるDCイレーズに対する信号と同じとなる。

【0014】

50

TAが発生すると、再生信号のベースラインが変動するため、再生信号の振幅が変化して、データ検出誤りが発生しやすくなることが確認されている。このようなベースライン変動に対して、一定の振幅を示す第2のシンクマークの方が、ランダム信号となる第1のシンクマークよりも検出誤りを起こし難い。

【0015】

一方、垂直磁気記録方式のディスクドライブでは、垂直磁気記録されたデータビット系列がディスクから読出されたときの再生信号系列は、DC成分を含む低周波成分を持つ。従って、垂直磁気記録方式では、リードチャネルの伝達特性が低域遮断特性を有する場合に、再生信号系列は、低域遮断歪みと呼ばれるベースライン変動を生じる。基本的に低域遮断特性を有するリードチャネルでは、NRZ記録則での“0”あるいは“1”のビットが連続するビットパターンを持つ第2のシンクマークは、それ自身の低域遮断歪みとして生じるベースライン変動が問題となる。一定振幅の信号となる第2のシンクマークに対して、ベースラインオフセットは、その領域の終端でほぼ最大となり、第2のシンクマーク領域に続くほぼランダムなビットパターンであるユーザデータ領域においてもそのベースラインオフセットは暫く残存することになる。

10

【0016】

要するに、垂直磁気記録方式のディスクドライブでは、ユーザデータに対しては、第2のシンクマークによって発生したベースラインオフセットが残存して影響を与えるため、第2のシンクマーク直後のデータビットにおいてビット検出誤りを起こし易くなるという問題を生じる。

20

【0017】

そこで、本発明の目的は、垂直磁気記録方式を適用するディスクドライブにおいて、シンクマークとしての検出確率が高く、かつ隣接するデータ領域での再生ビット誤り率には影響を及ぼさない第2のシンクマークを記録するディスク記憶装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明の観点は、垂直磁気記録方式で、かつデータセクタ毎に第1及び第2のシンクマークを記録するディスクドライブにおいて、第2のシンクマークのビットパターンに関する。

【0019】

本発明の観点に従ったディスクドライブは、ディスク媒体上に設定される第1及び第2のシンクマーク領域及びデータ領域を含むデータセクタに対して、垂直磁気記録方式でのデータのライト動作を実行する磁気ヘッドと、前記データセクタの先頭を検出するための第1のシンクマーク及び当該第1のシンクマークとは異なるパターンの第2のシンクマークのそれぞれのビットパターンを生成するシンクマーク生成手段であって、正負の記録磁化極性に対応する正負のビット列からなるビットパターンを含み、正または負のビット列の中で相対的に連続ビット長の長いビット列が全ビットパターンに占めるビット長の割合として50%以上であって、かつ前記データ領域に記録されたデータの再生エラーレートの許容値に基づいて設定される上限を範囲内とする前記第2のシンクマークを生成するシンクマーク生成手段と、前記シンクマーク生成手段により生成された第1及び第2のシンクマークを含むデータ信号を前記磁気ヘッドに供給するライト手段とを備えたものである。

30

40

【0020】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0021】

図1は、本実施形態に関するディスクドライブの要部を示すブロック図である。

【0022】

(ディスクドライブの構成)

本実施形態のディスクドライブは垂直磁気記録方式のドライブであり、図1に示すように、垂直方向に磁気異方性を有するディスク1と、当該ディスク1を回転させるスピンドル

50

モータ（SPM）12と、垂直磁気記録が可能なライトヘッドとGMR（giant magnetoresistive）素子からなるリードヘッドとを含むヘッド10と、当該ヘッド10を搭載してディスク1上の半径方向に移動させるアクチュエータとを有するドライブ機構、及び制御・信号処理回路系を備えている。

【0023】

アクチュエータは、ヘッド10を搭載しているアーム（サスペンションを含む）11と、駆動力を発生するボイスコイルモータ（VCM）13とからなる。アクチュエータは、マイクロプロセッサ（CPU）43のサーボ制御により、ヘッド10をディスク1上の目標位置（目標トラック）に位置決めする。

【0024】

制御・信号処理回路系は、ヘッドアンプ回路20と、リード/ライト（R/W）チャンネル30と、ハードディスクコントローラ（HDC）41と、CPU43と、メモリ44と、VCM13とSPM12に駆動電流を供給するモータドライバ14とを有する。

【0025】

HDC41は、ディスクドライブとホストシステム（パーソナルコンピュータやデジタル機器）とのインタフェースを構成し、リード/ライトデータの転送制御などを実行する。また、HDC41は、誤り訂正（ECC）回路42を内蔵し、リード/ライトチャンネル30から送出されたリードデータの誤りの有無を検出するとともに、訂正可能な場合は誤り訂正を行う。

【0026】

CPU43は、磁気ディスク装置のメイン制御装置であり、ヘッド10の位置決め制御（サーボ制御）を実行するためのサーボシステムを構成するメイン要素である。CPU43は、リード/ライトチャンネル30のサーボ復調回路40により再生されるサーボデータに従って、シーク動作及びトラック追従動作を制御する。具体的には、CPU43は、VCMドライバ14Bの入力値（制御電圧値）を制御することにより、アクチュエータのVCM13を駆動制御する。

【0027】

メモリ44は、RAM、ROM及びフラッシュEEPROMを含み、CPU43の制御プログラム及び各種制御データを格納する。モータドライバ14は、VCMドライバ14Bと共に、スピンドルモータ（SPM）12を駆動するためのSPMドライバ14Aを有する。

【0028】

ヘッドアンプ回路20は、ライトデータを記録電流に変換してライトヘッドに供給するライトアンプ21と、リードヘッドにより読出された再生信号を増幅してリード/ライトチャンネル30に送出するリードアンプ22とを有する。リードアンプ22は、ディスク1上にライトヘッドにより垂直記録されたデータ信号系列（シンクマーク及びユーザデータ）に対応する再生信号を増幅する。

【0029】

リード/ライトチャンネル30は、大別してリードチャンネルとライトチャンネルからなる。ライトチャンネルは、シンクマーク発生器38及びデータ変調回路を有する。なお、データ変調回路は、後述するデータ復調回路と共に、データ変調/復調回路39と表記する。データ変調/復調回路39は、ユーザデータやそれに付加されるECCデータに対して、例えば所定の符号化率（M/N：MビットのユーザデータをNビットの記録データに符号化）のRLL（Run Length Limited）符号化/復号化処理を実行する。

【0030】

シンクマーク発生器38は、後述するように、ディスク1上に構成されるデータセクタのデータフォーマットにおいて、第1及び第2のシンクマークに対応するビットパターン（ビット列）を発生し、データ変調/復調回路39により変調された後に実際にライトするユーザデータに付加させる（図2を参照）。

【0031】

10

20

30

40

50

リードチャンネルは、高域通過フィルタ (HPF) 31 と、AGC (Auto Gain Control : 自動ゲイン制御) アンプ回路 32 と、低域通過フィルタ (LPF) 33 と、A/Dコンバータ 34 と、デジタル FIR (Finite Impulse Response) フィルタ 35 と、ビタビ検出器 36 と、シンクマーク検出器 37 と、サーボ復調回路 40 とを含む。

【0032】

HPF 31 は、AGC アンプ回路 32 とヘッドアンプ回路 20 のリードアンプ 22 とを DC バイアスに対して遮断し、AC カップリングするためのフィルタである。AGC アンプ回路 32 は、再生信号の振幅を所望の一定値になるように自動調整を行うためのアンプ回路である。LPF 33 は、所要の伝送帯域以上のノイズを除去するためのフィルタである。

10

【0033】

A/Dコンバータ 34 は、アナログ信号の再生信号をデジタル信号に変換する。デジタル FIR フィルタ 35 は、例えば PR 3 方式のような垂直磁気記録方式に適した PR (perpartial response) 方式のデジタル波形へ等化する。ビタビ検出器 36 は、所望の PR 波形へ等化されたデジタル信号系列から最尤 (maximum likelihood) 系列の復号化を行なうビタビアルゴリズムを用いて記録ビットの検出を行う。

【0034】

シンクマーク検出器 37 は、ビタビ検出器 36 により復号化されたビット系列から、ビットパターンマッチングにより第 1 のシンクマークを検出する。さらに、シンクマーク検出器 37 は、第 1 のシンクマークが検出される予想時間より長く第 2 のシンクマークが検出される予想時間より短い時間で設定された時間を過ぎても第 1 のシンクマークが検出されない場合は、第 2 のシンクマークをビットパターンマッチングにより検出する。サーボ復調回路 40 は、ディスク 1 上のサーボセクタ領域 2 から読出された再生信号からサーボデータ信号を復調する。サーボデータ信号は、ヘッド位置決め制御に使用されるために、ディスク 1 上のサーボセクタ領域 2 に予め記録されたサーボデータ (大別してシリンダコードとサーボバースト信号) である。

20

【0035】

(データフォーマット)

ディスクドライブでは、ディスク 1 上には、図 2 (A) に示すように、多数のデータトラック 3 が同心円状に構成される。各データトラック 3 には、図 2 (B) に示すように、複数のデータセクタ 4 が設けられている。ディスクドライブでは、ホストシステムから転送されるユーザデータは、当該データセクタ毎に分割してディスク 1 上に記録される。

30

【0036】

ここで、ユーザデータは、データ変調/復調回路 39 により、符号化率 (M/N) で Y ビットのデータに変調されてデータセクタ 3 に記録される。このデータフォーマットは、図 2 (B) に示すように、再生される時間順に、プリアンブル (preamble) 100、第 1 のシンクマーク (sync mark) 110、変調された X ビット長の第 1 のユーザデータ 120、第 2 のシンクマーク 130、(Y - X) ビット長の変調された第 2 のユーザデータ 140、変調された ECC (error correction code) データ 150、及びポストアンブル (postamble) 160 からなる。

40

【0037】

プリアンブル 100 は、データセクタからヘッド 10 により読出される再生信号の振幅を一定値に調整するための AGC や、データ復号化のためのクロック同期に使用される一定周波数の信号である。また、第 1 のユーザデータ 120 は、符号語長 N の倍数であるビット長 X の変調データである。

【0038】

(シンクマーク検出及び書込み動作)

以下、図 1 及び図 2 以外に図 3 及び図 4 を参照して、本実施形態のシンクマーク書込み動作を説明する。まず、最初にシンクマーク検出動作を説明する。

【0039】

50

ディスクドライブでは、CPU 43は、サーボ処理（ヘッド位置決め制御）により、ヘッド10をディスク1上の目標位置となるデータトラック3に位置決めする。CPU 43は、ヘッド10により、データトラック3に含まれるデータセクタ4に対して、データのリード動作またはライト動作を実行させる。このリードまたはライトするデータには、ホストシステムとの間で交換する第1及び第2のユーザデータ120, 140以外に、第1及び第2のシンクマーク110, 130が含まれる。

【0040】

リード動作時には、シンクマーク検出器37によるシンクマーク検出に従って、データ変調/復調回路39は、第1または第2のユーザデータ120, 140を復調（復号化）する。シンクマーク検出器37は、デジタル再生信号からビタビ検出器36により順次復号化されるビット系列と、予め決められているシンクマークのビットパターンとのパターンマッチングを実行する。シンクマーク検出器37は、各パターンが完全に一致したときに、シンクマークの検出結果をデータ変調/復調回路39に出力する。

10

【0041】

データ変調/復調回路39は、当該検出結果に基づいて、シンクマークの最終ビットの次のビットから変調されたユーザデータのビットであると認識し、データ復調処理を実行する。データ変調/復調回路39は、変調されたNビットの再生データを、変調前のMビットのユーザデータに順次復調する。

【0042】

なお、シンクマーク検出器37は、Sビット長のシンクマークの全てのビットが一致しない場合でも、例えば、(S-1)ビットあるいは(S-2)ビットが一致した場合でもシンクマークが検出したと見なす。

20

【0043】

ここで、シンクマーク検出器37は、最初に第1のシンクマーク110を検出する。このシンクマーク検出が成功した場合には、ビタビ検出器36からの復号ビット系列から、第2のシンクマーク130に対応するビット列が除去されたビット系列がデータ変調/復調回路39へ送られる。

【0044】

一方、シンクマーク検出器37は、最初に第1のシンクマーク110を検出できない場合に、第2のシンクマーク130の検出を実行する。ここで、データセクタの先頭からデータ再生を始めて第1のシンクマーク110が検出される時間および第2のシンクマーク130が検出される時間は予め予想可能である。このため、第1のシンクマーク110が検出できなかったとの判断は、第1のシンクマーク110が検出される予想時間より長く、かつ第2のシンクマーク130が検出される予想時間より短い時間で設定された時間を過ぎても検出されない場合に行われる。

30

【0045】

データ変調/復調回路39は、第1のシンクマーク110の検出に失敗し、第2のシンクマーク130の検出に成功した場合、第2のシンクマーク130に連続する第2のユーザデータ140を復調する。この復調データは、「(Y-X)×N/Mビット」長のユーザデータである。データ変調/復調回路39は、当該復調データの先頭に、第1のユーザデータ(Xビット長)に対応する全て0などの任意の「X×N/Mビット」長のデータを付加して、HDC 41に出力する。

40

【0046】

HDC 41は、ECC回路42により、データ変調/復調回路39から出力された復調データに含まれるECCデータ150を使用して、第1のユーザデータ(Xビット長)に対応する「X×N/Mビット」長のデータに対する誤り訂正を実行して、当該第1のユーザデータ(Xビット長)を復号化する。

【0047】

ここで、ユーザデータに付加されるECCデータ150には、RS（リードソロモン）符号などが用いられる。GF(2¹⁰)上のRS符号で40シンボル(400ビット)長さの

50

ECC冗長データが付加されている場合、最大20シンボル(200ビット)の誤り訂正が可能であると共に、最大40シンボル(400ビット)の消失誤り訂正が可能である。従って、変調データである「 $X \times N / M$ ビット」長の第1のユーザデータ110は、全てが誤りとなっても「 $X \times N / M - 400$ 」であれば、ECC回路42により正しく復号される。

【0048】

(第2のシンクマークの書込み動作)

リード動作時に、第1のシンクマーク110が検出できない要因としては、前述したように、TA(thermal asperity)現象による再生信号のベースライン変動である。一般的に、TAは、ディスク1上に微小な突起部(欠陥部分)が存在し、ヘッド10が当該突起部に接触することによって、再生信号のベースラインが変動する現象である。このベースラインの変動は、まずステップ状に変化した後、一般に指数関数で近似される曲線に従って正常なベースラインに減衰し収束していく特性を持っている。再生信号のベースラインが変動することにより、再生信号の振幅が変化して、リード/ライトチャネル30では、データ検出誤りが発生しやすくなる。特に、第1のシンクマーク110は、ユーザデータには発生しないランダムビットパターンが設定されるため、検出誤りが発生しやすい。

【0049】

そこで、第2のシンクマーク140としては、再生信号のベースライン変動が発生した場合でも、検出確率がより高くなる(換言すれば、シンクマークの検出誤りを起こし難い)ビットパターンが望ましい。具体的には、第2のシンクマーク140としては、“0”あるいは“1”のビットが連続するビットパターン、即ち再生信号の振幅が一定値となるDCイレーズ領域がより長く発生するパターンが望ましい。換言すれば、正または負の記録磁化極性に対応するビットが連続する長さがより長いビットパターンである。

【0050】

しかし一方で、本実施形態のディスクドライブは、垂直磁気記録方式を採用したディスク記憶装置である。このため、TAによるベースライン変動が発生したときに、一定振幅の信号となる第2のシンクマーク130に対して、ベースラインオフセットは、その領域の終端でほぼ最大となる。これにより、第2のシンクマーク130に連続する第2のユーザデータ140においても、そのベースラインオフセットは暫く残存することになる。ユーザデータ140は、ほぼランダムなビットパターンである。即ち、第2のシンクマーク130がDCイレーズ領域が長くなるようなビットパターンの場合に、それに続くユーザデータ140のデータ検出性能が劣化し、ビット検出誤りを起こし易くなる。

【0051】

これは、垂直磁気記録方式でのリード/ライトチャネル30では、基本的に低域遮断特性を有するため、“0”あるいは“1”のビットが連続するビットパターンを持つ第2のシンクマーク130において、それ自身の低域遮断歪として生じるベースライン変動が問題となるためである。

【0052】

本実施形態のディスクドライブは、ライト動作時に、TAなどによるベースライン変動が生じてもシンク検出誤りを起こし難いパターンであると同時に、シンクマークに続くユーザデータ140のデータ検出性能に劣化を与えないビットパターンとなる第2のシンクマーク130をデータセクタに書き込む。以下、第2のシンクマーク130として、有効なビットパターンについて説明する。

【0053】

図4は、第2のシンクマーク140に続くデータ領域(ユーザデータ140の記録領域)のデータ検出性能に対する影響を調べた実験結果を示す。図4において、横軸は、第2のシンクマーク140の全ビット数に対する同一記録磁化極性(“0”または“1”)が連続する最大長さ部分のビット数の割合(%)を示す。一方、縦軸は、第2のシンクマーク140に続くユーザデータの再生ビット誤り率(対数)を示している。

【0054】

10

20

30

40

50

ここで、リード/ライトチャネル30において、再生信号からユーザデータを再生するときのビット誤り率として、例えば図4に示す「-6」の値を許容値として想定している。図4から明白であるように、第2のシンクマーク140の全ビット数に対して、正または負の記録磁化極性に対応するビット(“0”または“1”)が連続する連続ビット長が、50%から85%未満の範囲内となるビットパターンが好ましい。換言すれば、当該連続ビット長が第2のシンクマークの全ビット数の80%以上となるようなビットパターンを含まない第2のシンクマーク140が好ましい。

【0055】

このような条件を満たす第2のシンクマーク140の具体的なビットパターンについて、ビット“0”(負の記録磁化極性に対応するビット)が連続するビット長を T_m とし、またそれに隣接するビット“1”(正の記録磁化極性に対応するビット)が連続するビット長を T_p とするパターンを想定する。

10

【0056】

第2のシンクマーク140としては、当該ビット長 T_p 、 T_m がほぼ等しいビットパターンをディスク1上に書き込む。このような正負のビット長の割合がほぼ50%のビットパターンは、DC平衡パターンとも呼ばれる。

【0057】

さらに、第2のシンクマーク140としては、ビット長 T_p 、 T_m の差が10ビット以下($|T_p - T_m| < 10$ ビット)となるビットパターンを少なくとも1つ以上含むパターンでもよい。ここで、第2のシンクマーク140の全ビット数(全ビット長)は、通常では、20ビット以上とすることが一般的である。従って、仮に全ビット長が20ビットである場合、ビット“1”の連続ビット長 T_p と、それに隣接するビット“0”の連続ビット長 T_m との差が10ビット以下「 $|T_p - T_m| < 10$ ビット」となるパターンを1つ持つとすると、「 $T_p = 15$ 、 $T_m = 5$ 」となり、第2のシンクマーク140の全ビット長に対する同一極性の磁化の最大ビット長の割合は、「 $15 / 20 = 0.75$ 」となり、上記条件を満たすことになる。

20

【0058】

また、第2のシンクマーク140のビットパターンとしては、PRML方式で検出誤りを起こし易いNRZ記録則(ビット0/1がディスク1上に記録される磁化の極性に対応する記録則)でのパターンを含まないことが好ましい。具体的には、ビットパターン“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010”などのパターンを含まないビットパターンである。さらに、第2のシンクマーク140のビットパターンとしては、ユーザデータやECCデータがRL符号化により変調された記録データビットのビットパターンを含まないパターンが好ましい。

30

【0059】

図3は、第2のシンクマーク140として、前述の条件を満たすビットパターンの具体例を示す。

【0060】

図3(A)または(D)に示すように、第2のシンクマーク140は、連続ビット長 T_m のビット“0”(記録磁化極性が負)の領域 S_1 と、それに隣接する連続ビット T_p のビット“1”(記録磁化極性が正)の領域 S_2 とからなるパターンを1つ含み、それらのビット長 T_m 、 T_p が同一($T_m = T_p$)のビットパターンである。

40

【0061】

ここで、図3(A)に示すように、第2のシンクマーク140の先頭領域A(ビット長 $L = 1$)は、前記ビットパターン“101”、“010”などが発生しないようにパターンを制限するための領域である。即ち、隣接する第1のユーザデータ120の最終ビットKがビット“1”であるとき、次にビット“0”が来ると、パターン“010”となる可能性があるので、先頭領域Aにはビット“1”が挿入される。

【0062】

また、図3(D)に示すように、第1のユーザデータ120の最終ビットKがビット“0

50

”であるとき、次にビット“1”が来ると、パターン“101”となる可能性があるので、先頭領域Aにはビット“0”が挿入される。

【0063】

以上のように、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“0”又は“1”)に依存して、第2のシンクマーク140のビットパターンは、図3(A)または図3(D)に示すように変化する。しかし、変化する先頭領域Aのビットは、シンクマーク検出器37でのビットパターンマッチング処理には使用されない。また、ユーザデータやECCデータはRLL符号によって変調されるが、それによるNRZI記録則でのランレングス制約は10ビット以下である。即ち、同じ記録磁化極性が連続する長さが、10ビット以下となるように制約される。第2のシンクマーク140のパターンの領域S1、S2の長さは11ビットであり、RLL符号化変調されたユーザデータやECCデータのビットパターンを第2のシンクマークパターンは含まない。

10

【0064】

図5から図7は、第2のシンクマーク140のビットパターンとして、図3に示すパターンの変形例を示す図である。

【0065】

図5は、図3に示すパターンと同様に、ビット“0”の連続ビット長 T_m と、ビット“1”の連続ビット長 T_p とが同一($T_m = T_p$)であるが、極性が反対のビットパターンである。第2のシンクマーク領域の領域S1には、ビット長 T_p の連続するビット“1”(記録磁化極性が正)が記録される。さらに、それに続く領域S2には、ビット長 T_m の連続するビット“0”(記録磁化極性が負)が記録される。即ち、第2のシンクマーク140は、これらのビットパターンを1つ含むビットパターンである。

20

【0066】

なお、図5(A)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“1”)に従って、先頭領域Aにビット“1”を挿入したビットパターンである。また、図5(B)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“0”)に従って、先頭領域Aにビット“0”を挿入したビットパターンである。

【0067】

図6は、ビット“0”の連続ビット長 T_m が、ビット“1”の連続ビット長 T_p より小さい($T_m < T_p$ 、但し、 $|T_p - T_m| = 1$ 10ビット)関係となるビットパターンである。このパターンでは、領域S1には、ビット長 T_m の連続するビット“0”(記録磁化極性が負)が記録される。それに続く領域S2には、ビット長 T_p の連続するビット“1”(記録磁化極性が正)が記録される。即ち、第2のシンクマーク140は、これらのビットパターンを1つ含むビットパターンである。

30

【0068】

なお、図6(A)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“1”)に従って、先頭領域Aにビット“1”を挿入したビットパターンである。また、図6(B)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“0”)に従って、先頭領域Aにビット“0”を挿入したビットパターンである。

【0069】

図7は、「 $|T_p - T_m| = 1$ 」のビット長 T_m の連続するビット“0”(記録磁化極性が負)の領域S1と、それに隣接するビット長 T_p の連続するビット“1”(記録磁化極性が正)の領域S2とからなる組のビットパターンと、領域S3、S4からなる同様の組のビットパターンを含む第2のシンクマーク140を示す。

40

【0070】

なお、図7(A)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“1”)に従って、先頭領域Aにビット“1”を挿入したビットパターンである。また、図7(B)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKの値(“0”)に従って、先頭領域Aにビット“0”を挿入したビットパターンである。

【0071】

50

以上要するに、本実施形態によれば、図2(B)に示すセクタフォーマットに従って、データを書き込むライト動作時に、第1のシンクマーク110としては、通常のランダムパターンを書き込み、第2のシンクマーク130としては、図4に示す条件を満たすビットパターンを書き込む。具体的には、第2のシンクマーク130としては、図3又は図5から図7に示すように、正及び負の記録磁化極性に対応するビット(0)、(1)が連続する各ビット長の割合が50%となるビットパターンを含むパターンである。

【0072】

また、第1のユーザデータ120の最終ビット値に基づいて先頭領域Aのビットを設定することにより、検出誤りの起こし易いビットパターン“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010”などのパターンを含まないビット

10

【0073】

従って、本実施形態によれば、垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、リード動作時に、TAなどによるベースライン変動が発生して、第1のシンクマーク110の検出が失敗したときに、第2のシンクマーク130を検出する確率を向上することができ、かつ第2のユーザデータ140の再生ビット誤り率を抑制できる。

【0074】

(他の実施形態)

図8から図12は、他の実施形態に関する図である。

【0075】

本実施形態のディスクドライブは、図8に示すように、ライトチャンネルに含まれるプリコーダ71と、リードチャンネルに含まれるポストコーダ72とを含むリード/ライトチャンネル70を備えたものである。なお、他の構成要素は、図1に示すディスクドライブと同様であるため説明を省略する。

20

【0076】

プリコーダ71は、図11に示すように、排他的論理和ゲート710及び1ビット分の遅延素子711, 712を有し、伝達多項式「 $1 / 1 - D^2$ 」で示す伝達特性を備えた回路である。

【0077】

ポストコーダ72は、図12に示すように、1ビット分の遅延素子720, 721及び排他的論理和ゲート722を有し、伝達多項式「 $1 - D^2$ 」で示す伝達特性を備えた回路である。

30

【0078】

このようなリード/ライトチャンネル70では、ライト動作時には、ユーザデータやそれに付加されるECCデータは、データ変調/復調回路39によって、例えば、符号化率(M/N)のRLL符号により変調された後、さらにプリコーダ71により変調される。従って、ディスク1上には、プリコーダ71から出力される変調データがライトヘッドにより記録される。

【0079】

リード動作時には、リード/ライトチャンネル70では、ビタビ検出器36により検出されたデータビット系列は、ポストコーダ102で復調された後に、データ変調/復調回路39により復調される。

40

【0080】

本実施形態では、第2のシンクマーク130のビットパターンは、プリコーダ71により変調されることを前提としたパターンである。即ち、ポストコーダ72で復調されたビットパターンが同じとなるように設定される。

【0081】

本実施形態においても、第2のシンクマーク130のビットパターンは、TAなどによるベースライン変動が生じてもシンク検出誤りを起こし難いパターンであると同時に、それに続く第2のユーザデータ140のデータ検出性能に劣化を与えないパターンである。即

50

ち、正または負の記録磁化極性に対応するビットの連続するビット長が、第2のシンクマーク130の全ビット数の50%から85%以下の範囲内となるようなビットパターンである。さらに、正の記録磁化極性に対応するビット(1)が連続するビット長 T_p と、それに隣接する負の記録磁化極性に対応するビット(0)が連続するビット長 T_m ビットとの差が10ビット以下($|T_p - T_m| \leq 10$ ビット)となるビットパターンを少なくとも1つ以上含むものである。

【0082】

また、PRML方式で検出誤りを起こし易いNRZ記録則(ビット0/1が磁気ディスク上に記録される磁化の極性に対応する記録則)での“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”、“01010”などのパターンを含まず、さらにユーザデータやECCデータがRL符号化により変調された記録データビットのビットパターンを含まないパターンである。

10

【0083】

図9は他の実施形態に関する第2のシンクマーク130の具体的なビットパターンの一例を示す。

【0084】

図9(A)は、第1と第2のシンクマーク110, 130の間に記録される第1のユーザデータ120の最終ビットKに関して、Kがビット“1”のときのビットパターンを示す。このビットパターンは、長さ L_1 の連続するビット“0”(記録磁化極性が負)の領域 S_1 と、それに隣接する長さ L_2 の連続するビット“1”(記録磁化極性が正)の領域 S_2 とからなるパターンを1つ含み、それらの長さ L_1 と L_2 は同一($L_1 = L_2$)である。

20

【0085】

一方、図9(B)は、第1のユーザデータ120の最終ビットKに関して、Kがビット“0”のときのビットパターンを示す。このビットパターンは、図9(A)に示すパターンを反転したものであり、長さ L_1 の連続するビット“1”(記録磁化極性が正)の領域 S_1 と、それに隣接する長さ L_2 の連続するビット“0”(記録磁化極性が負)の領域 S_2 とからなるパターンを1つ含む。

【0086】

ここで、第2のシンクマーク130の先頭領域Aは、前述したように、ビットパターン“101”、“010”などが発生しないように制限するための領域である。第1のユーザデータ120の最終ビットKがビット“1”であるとき、次にビット“0”が来ると、パターン“010”となる可能性がある。このため、先頭領域Aには、長さ1ビット以上のビット“1”が挿入される。また、第1のユーザデータ120の最終ビットKがビット“0”であるとき、次にビット“1”が来ると、パターン“101”となる可能性がある。このため、先頭領域Aには、同様に長さ1ビット以上のビット“0”が挿入される。

30

【0087】

本実施形態では、シンクマーク検出器37は、図9(C)に示すポストコーダ72からの出力ビット系列を用いてビットパターンマッチングを実行して、シンクマーク検出を行う。この場合、第2のシンクマーク130の先頭領域Aの先頭ビットは、第1のユーザデータ120に対するビタビ検出器36の検出ビットによりポストコーダ72の出力時に変化する。従って、先頭領域Aのビットは不定(X)であるため、シンク検出のためのビットパターンマッチングには使われない。

40

【0088】

なお、図10は、図9に示す第2のシンクマーク130のビットパターン例の変形例を示すであり、領域 S_1 , S_2 の各長さ L_1 , L_2 の関係が「 $|L_1 - L_2| = 1$ 」の場合のビットパターン例である。

【0089】

以上のように本実施形態及び他の実施形態によれば、垂直磁気記録方式を用いたディスクドライブにおいて、リード/ライトチャンネルに低域遮断特性がある場合出も、第2のシン

50

クマーク直後のデータ復号に対する悪影響を低減し、より低いデータ復号誤り率を実現できる。また、第2のシンクマークの検出不能や誤検出を低減することが可能となる。従って、結果としてデータ復号のリトライ回数を低減できることでデータスループットを向上させることが可能となる。

【0090】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【0091】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、垂直磁気記録方式を適用するディスクドライブにおいて、シンクマークとしての検出確率が高く、かつ隣接するデータ領域での再生ビット誤り率には影響を及ぼさない第2のシンクマークを記録するディスク記憶装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に関するディスクドライブの要部を示すブロック図。

【図2】本実施形態に関するデータセクタのデータフォーマットを示す図。

【図3】本実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターン例を示す図。

【図4】本実施形態に関する第2のシンクマークに有効なビットパターンを説明するための図。

【図5】本実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターンの変形例を示す図。

【図6】本実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターンの変形例を示す図。

【図7】本実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターンの変形例を示す図。

【図8】他の実施形態に関するディスクドライブの要部を示すブロック図。

【図9】他の実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターン例を示す図。

【図10】他の実施形態に関する第2のシンクマークのビットパターン例を示す図。

【図11】他の実施形態に関するプリコードの構成を示すブロック図。

【図12】他の実施形態に関するポストコードの構成を示すブロック図。

【符号の説明】

1 ... ディスク、 2 ... サーボセクタ、 3 ... データトラック、 10 ... ヘッド、
 11 ... アーム（サスペンションを含む）、 12 ... スピンドルモータ（SPM）、
 13 ... ボイスコイルモータ（VCM）、 14 ... モータドライバ、
 14A ... SPMドライバ、 14B ... VCMドライバ、
 20 ... ヘッドアンプ回路、 30, 70 ... リード/ライトチャネル、
 31 ... 高域通過フィルタ（HPF）、 32 ... AGCアンプ回路、
 33 ... 低域通過フィルタ（LPF）、 34 ... A/Dコンバータ、
 35 ... デジタルFIRフィルタ、 36 ... ビタビ検出器、
 37 ... シンクマーク検出器、 38 ... シンクマーク発生器、
 39 ... データ変調/復調回路、 40 ... サーボ復調回路、
 41 ... ハードディスクコントローラ（HDC）、 42 ... ECC回路、
 43 ... マイクロプロセッサ（CPU）、 44 ... メモリ、 71 ... プリコード、
 72 ... ポストコード。

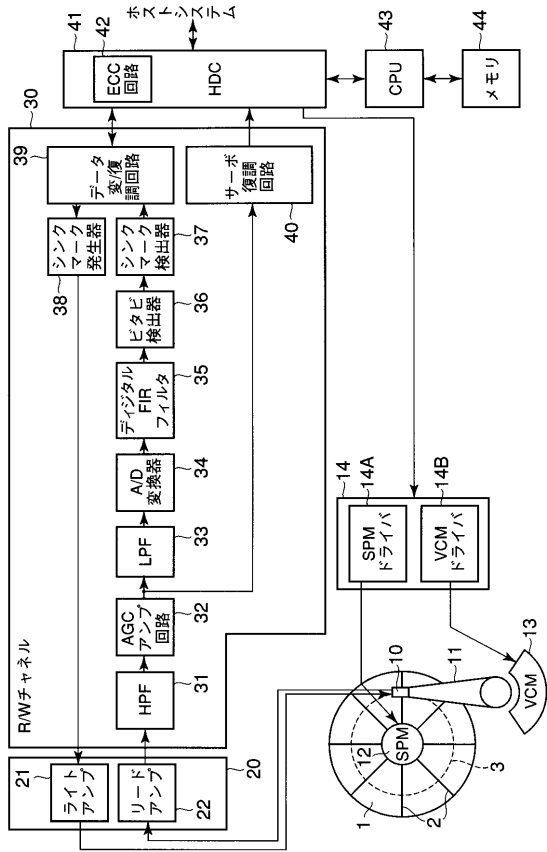
10

20

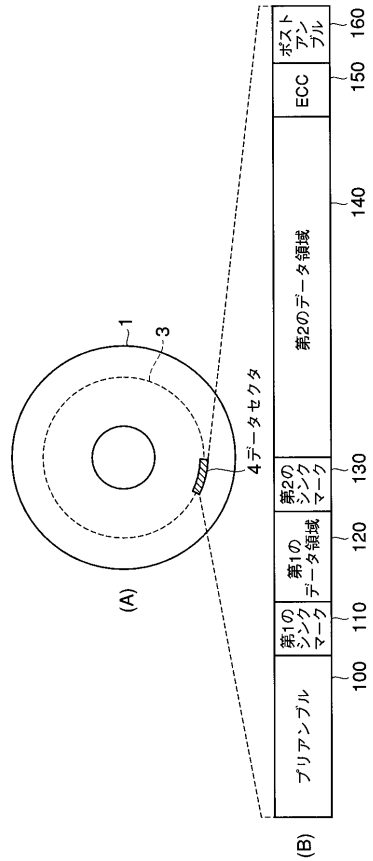
30

40

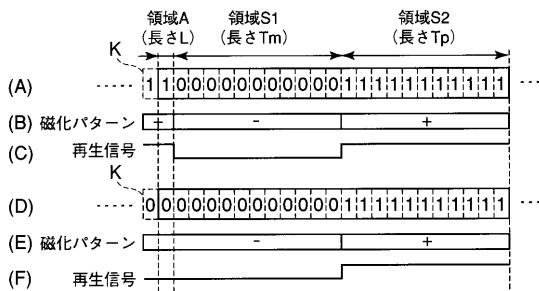
【 図 1 】



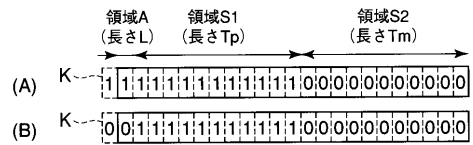
【 図 2 】



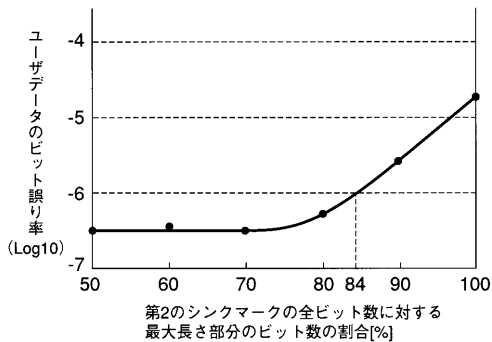
【 図 3 】



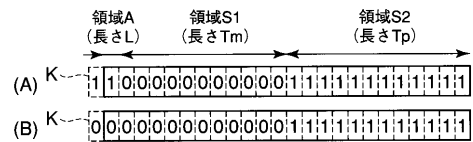
【 図 5 】



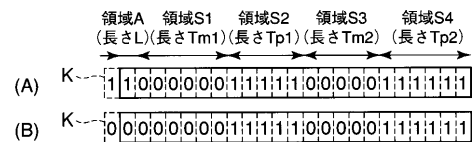
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 酒井 裕児
東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会社東芝青梅事業所内
- (72)発明者 下村 和人
東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会社東芝青梅事業所内

審査官 中村 豊

- (56)参考文献 特開2001-143406(JP,A)
特開平10-334618(JP,A)
特開平09-091885(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/09
G11B 5/02
G11B 20/12
G11B 20/14