

(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2010-27138

(P2010-27138A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/00 (2006.01)	G 1 1 B 5/00 D	5 D 0 9 1
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/02 K	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-186714 (P2008-186714)	(71) 出願人	503116280
(22) 出願日	平成20年7月18日 (2008.7.18)		
		(74) 代理人	110000154
			特許業務法人はるか国際特許事務所
		(72) 発明者	西田 周治
			神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ内

最終頁に続く

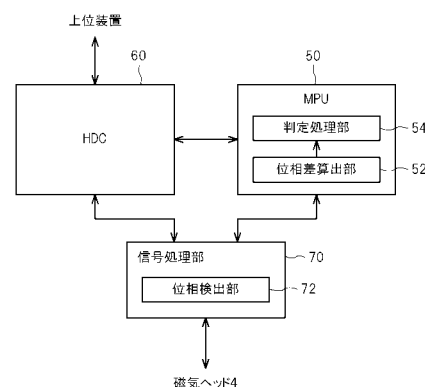
(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】ビットパターンメディアに対するデータの書き込みの成否を装置性能を劣化させることなく判定することが可能な磁気ディスク装置を提供する。

【解決手段】本発明の磁気ディスク装置は、磁気的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッド4と、磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、磁気ヘッド4に出力する信号処理部70と、トラックのうち磁気ヘッド4によりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に磁気ヘッド4が達したときのライトクロックの位相を検出する位相検出部51と、所定範囲の終点に磁気ヘッドが達したときのライトクロックの位相の予想値と検出値との位相差に基づいて、データの書き込みの成否を判定する判定処理部55と、を備える。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁気的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、

前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、

前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、

前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出する位相検出部と、

前記所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の予想値と検出値との差分に基づいて、データの書き込みの成否を判定する判定処理部と、

を備える磁気ディスク装置。

【請求項 2】

前記位相検出部は、前記所定範囲の始点および終点のそれぞれに前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出し、

前記判定処理部は、前記所定範囲の始点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の検出値に基づいて前記予想値を求める、

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 3】

前記判定処理部は、前記所定範囲の始点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の検出値、前記所定範囲の長さ、及び前記磁性要素の配列周期に基づいて前記予想値を求める、

請求項 2 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】

前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する期間の前記ライトクロック又はこれに対応するクロックの数を計数する計数処理部を更に備え、

前記判定処理部は、前記計数されたライトクロック又はこれに対応するクロックの数に基づいて、データの書き込みの成否を判定する、

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】

前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔を検出する時間検出部を更に備え、前記判定処理部は、前記検出された時間間隔に基づいて、データの書き込みの成否を判定する、

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 6】

前記判定処理部は、データの書き込みが失敗であると判定した場合に再度の書き込みを指示する、

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】

磁気的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、

前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、

前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、

前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔を検出する時間検出部と、

前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔の予想値と検出値との差分に基づいて、前記磁気ヘッドによるデータの書き込みの成否を判定する判定処理部と、

を備える磁気ディスク装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記判定処理部は、前記所定範囲の長さ、及び前記トラックに対する前記磁気ヘッドの追従速度に基づいて前記予想値を求める、

請求項 7 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 9】

磁氣的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、

前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、

前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、

を備える磁気ディスク装置の制御方法であって、

前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出し、

前記所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の予想値と検出値との差分に基づいて、前記磁気ヘッドによるデータの書き込みの成否を判定する、

ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、磁気ディスク装置及びその制御方法に関し、特にビットパターンメディアを有する磁気ディスク装置の記録制御に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、磁氣的に分離された複数の磁性ビットが周期的に配列されたトラックを有するビットパターンメディアが提案されている。このビットパターンメディアには、トラックの境界部分や記録遷移点から生じるノイズを低減できるといった利点や、記録された磁化の熱磁気緩和を抑制できるといった利点などがある。

【特許文献 1】特開 2003 - 157631 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

ところで、ビットパターンメディアにデータを書き込むには、磁性ビットの配列周期に対応したタイミングで記録磁界を印加する必要がある。こうした記録磁界のタイミングは、データの書き込み前に、トラックから読み出されるデータに基づいて調整される。

【0004】

しかしながら、データの書き込み中には、記録磁界の存在によってトラックからデータを正しく読み出すことができないため、例えばスピンドルモータの回転速度の変動やライトクロックの周波数の変動により、磁性ビットの配列周期と記録磁界のタイミングとがずれてデータの書き込みが失敗に終わっても、そのことを把握することができない。

【0005】

データの書き込みの成否を知る方法としては、データを書き込んだ後にその箇所からデータを正しく読み出すことができるか否か確認するベリファイ処理があるが、このベリファイ処理をデータを書き込む都度行うことになると、装置性能が劣化してしまう。

【0006】

なお、特許文献 1 には、ビットパターンメディアに関する技術が開示されているが、ヘッドが読み出したデータからビットの配列周期を求めることが記載されているのみであり、上述のようなデータの書き込みの成否については何ら記載がない。

【0007】

本発明は、上記実情に鑑みて為されたものであり、ビットパターンメディアに対するデ

10

20

30

40

50

ータの書き込みの成否を装置性能を劣化させることなく判定することが可能な磁気ディスク装置及びその制御方法を提供することを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明の磁気ディスク装置は、磁氣的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出する位相検出部と、前記所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の予想値と検出値との差分に基づいて、データの書き込みの成否を判定する判定処理部と、を備える。

10

【0009】

また、本発明の磁気ディスク装置の制御方法は、磁氣的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、を備える磁気ディスク装置の制御方法であって、前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出し、前記所定範囲の終点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の予想値と検出値との差分に基づいて、前記磁気ヘッドによるデータの書き込みの成否を判定する、ことを特徴とする。

20

【0010】

また、本発明の一態様において、前記位相検出部は、前記所定範囲の始点および終点のそれぞれに前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相を検出し、前記判定処理部は、前記所定範囲の始点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の検出値に基づいて前記予想値を求める。

【0011】

この態様では、前記判定処理部は、前記所定範囲の始点に前記磁気ヘッドが達したときの前記ライトクロックの位相の検出値、前記所定範囲の長さ、及び前記磁性要素の配列周期に基づいて前記予想値を求めるようにしてもよい。

30

【0012】

また、本発明の一態様において、前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する期間の前記ライトクロック又はこれに対応するクロックの数を計数する計数処理部を更に備え、前記判定処理部は、前記計数されたライトクロック又はこれに対応するクロックの数に基づいて、データの書き込みの成否を判定する。

【0013】

また、本発明の一態様において、前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔を検出する時間検出部を更に備え、前記判定処理部は、前記検出された時間間隔に基づいて、データの書き込みの成否を判定する。

40

【0014】

また、本発明の一態様において、前記判定処理部は、データの書き込みが失敗であると判定した場合に再度の書き込みを指示する。

【0015】

また、本発明の磁気ディスク装置の別の態様は、磁氣的に分離された複数の磁性要素が所定の配列周期で配列されたトラックを有する磁気ディスクと、前記トラックに追従し、データの書き込み及び読み出しを行う磁気ヘッドと、前記磁性要素の配列周期に対応する周期のライトクロックに基づいて記録信号を生成し、前記磁気ヘッドに出力する信号処理部と、前記トラックのうち前記磁気ヘッドによりデータが書き込まれる範囲を含んだ所定

50

範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔を検出する時間検出部と、前記所定範囲を前記磁気ヘッドが通過する時間間隔の予想値と検出値との差分に基づいて、前記磁気ヘッドによるデータの書き込みの成否を判定する判定処理部と、を備える。

【0016】

また、この別の態様では、前記判定処理部は、前記所定範囲の長さ、及び前記トラックに対する前記磁気ヘッドの追従速度に基づいて前記予想値を求めるようにしてもよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、データが書き込まれる範囲を含んだ所定範囲の終点に磁気ヘッドが達したときに、磁性要素の配列周期に対応したタイミングで記録磁界を印加できたかどうか判定することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0019】

図1は、本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置1の平面図である。同図では、トップカバーの図示を省略している。磁気ディスク装置1の筐体9には、磁気ディスク2及びヘッドアッセンブリ6が収納されている。磁気ディスク2は、筐体9の底部に設けられたスピンドルモータ3に取り付けられている。ヘッドアッセンブリ6は、磁気ディスク2の隣で回転可能に支承されている。このヘッドアッセンブリ6の先端部には、磁気ヘッド4が支持されている。他方、ヘッドアッセンブリ6の後端部には、ボイスコイルモータ7が設けられている。ボイスコイルモータ7は、ヘッドアッセンブリ6を回転駆動することで、磁気ヘッド4を磁気ディスク2上で略半径方向に移動させる。

20

【0020】

図2に示されるように、磁気ディスク2は、磁氣的に分離された複数の磁性ビット（磁性要素）21bが所定の配列周期 Δt_b で配列されたトラック21を有する、いわゆるビットパターンメディアとして構成されている。これら磁性ビット21bは、非磁性基板23上に形成された磁性層がパターンニングされることにより形成される。隣り合う磁性ビット21bの間には磁性層が除去されてできた溝21cが形成されており、これにより各磁性ビット21bが磁氣的に分離されている。なお、各溝21cを非磁性材料で埋めるようにしてもよい。また、磁性ビット21bが軟磁性層と硬磁性層が積層されて構成される2層媒体であれば、軟磁性層部分は隣接する磁性ビット21bの軟磁性層と分離されていなくてもよい。

30

【0021】

磁気ヘッド4は、空気流出側（トレーリング側）の端部に記録素子41及び再生素子43を有している。この記録素子41は、単磁極型の記録ヘッドを構成する主磁極41m及び副磁極（リターンポール）41sを有しており、磁気ディスク2に対して垂直な記録磁界を主磁極41mの先端から発する。また、再生素子43は、一対の磁気シールド45に挟み込まれて配置されている。

【0022】

40

この磁気ヘッド4は、回転する磁気ディスク2上に近接浮上して、トラック21に追従する。そして、磁気ヘッド4は、トラック21を構成する磁性ビット21bに対し、記録素子41から記録磁界を印加することで、データを書き込む。ここで、記録磁界の極性反転のタイミングが磁性ビット21bの配列に対応しているときには、データの書き込みが成功し、対応していないときには、データの書き込みが失敗する。

【0023】

図3は、磁気ディスク装置1の回路構成例を表すブロック図である。磁気ディスク装置1は、マイクロプロセッシングユニット（MPU）50と、ハードディスクコントローラ（HDC）60と、信号処理部（チャンネル回路）70とを有している。

【0024】

50

HDC60は、磁気ディスク2に記録すべきデータを上位装置から受信すると、このデータを信号処理部70へ出力する。信号処理部70は、このデータを変調し、記録信号に変換して、磁気ヘッド4へ出力する。磁気ヘッド4は、上述の記録素子41により記録信号を記録磁界に変換して、磁気ディスク2に印加する。

【0025】

他方、磁気ヘッド4は、磁気ディスク2から漏れ出る磁界を上述の再生素子43により再生信号に変換して、信号処理部70へ出力する。信号処理部70は、この再生信号をデータに変換し、復調して、HDC60へ出力する。HDC60は、この復調されたデータを上位装置へ送信する。

【0026】

また、信号処理部70は、再生信号から所定のサンプリング周期でサーボデータを抽出し、MPU50へ出力する。MPU50は、このサーボデータに基づき、ボイスコイルモータ7を制御する。

【0027】

以下、MPU50及び信号処理部70の具体的な動作を、図4及び図5を参照しつつ説明する。

【0028】

図4は、磁気ディスク2の要部拡大図である。同図では、磁性ビット21bの列により構成されるトラック21を直線的に表している。また、磁気ヘッド4は、同図中の矢印LEで示されるリーディング方向に移動する。各トラック21は、所定の周期で形成されたサーボデータ領域21sと、これらの間に形成されたユーザデータ領域21uとを有している。サーボデータ領域21sには、磁気ヘッド4の位置決めや、データを書き込むタイミングの決定などに利用されるサーボデータが記録されている。

【0029】

なお、本実施形態では、サーボデータを磁性層の有無のパターンで表すプリパターンサーボの例を示しているが、これに限らず、ビットパターン化された又はパターン化されていないサーボデータ領域21sに、サーボデータを磁氣的に記録するようにしてもよい。

【0030】

図5は、ライトクロックWCLの説明図である。同図では、ライトクロックWCLと、図4に示したトラック21の所定範囲との関係を表している。また、同図には、ライトクロックWCLの同期や生成に利用されるサーボデータ領域21sの再生波形RSGと、ライトクロックWCLの基となるドライブクロックDCLとを示している。このドライブクロックDCLは、磁気ディスク装置1が保有する水晶振動子などから生成される。

【0031】

上記図3に示した信号処理部70は、磁性ビット21bの配列周期 Δt_b に対応する周期のライトクロックWCLを生成し、このライトクロックWCLに基づいて記録信号を生成する。図5に示されるように、ライトクロックWCLは、その周期が磁性ビット21bの配列周期 Δt_b の2倍に対応するように生成される。より具体的には、ライトクロックWCLの周期に対し、トラック21に対する磁気ヘッド4の追従速度（磁気ディスク2の回転速度）を乗じた値が、磁性ビット21bの配列周期 Δt_b の2倍になるようにする。

【0032】

このライトクロックWCLを生成する際に利用される磁性ビット21bの配列周期 Δt_b の値は、予めメモリ等に記憶させておくようにしてもよいし、磁気ヘッド4がトラック21から読み出した再生信号から求めるようにしてもよい。

【0033】

また、信号処理部70は、位相同期回路（PLL回路）を含んでおり、磁気ヘッド4がサーボデータ領域21sを通過し、サーボデータが抽出される毎にライトクロックWCLの同期を行う。すなわち、信号処理部70は、磁気ヘッド4によりユーザデータ領域21uにデータを書き込む前に、記録磁界が印加されるタイミングと磁性ビット21bが到来するタイミングとが合致するように、ライトクロックWCLの位相を調整する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

また、信号処理部 7 0 は、位相検出部 7 2 を含んでおり、この位相検出部 7 2 は、磁気ヘッド 4 によりデータが書き込まれる前後のライトクロック W C L の位相を検出し、M P U 5 0 へ出力する。具体的には、位相検出部 7 2 は、ユーザデータ領域 2 1 u 及びサーボデータ領域 2 1 s の組で構成される範囲 2 1 u s の始点 t_0 及び終点 t_1 のそれぞれに磁気ヘッド 4 が達したときのライトクロック W C L の位相を検出する。換言すると、位相検出部 7 2 は、磁気ヘッド 4 がサーボデータ領域 2 1 s の終点に達する都度、ライトクロック W C L の位相を検出している。

【 0 0 3 5 】

ここで、図 6 A 及び図 6 B は上記図 5 の要部拡大図であり、これらの図に示されるように、始点 t_0 でのライトクロック W C L の位相を $p w 0$ とし、終点 t_1 でのライトクロック W C L の位相を $p w 1$ とする。

【 0 0 3 6 】

なお、終点 t_1 でのライトクロック W C L の位相 $p w 1$ は、ライトクロック W C L の同期が行われる前までに検出される。このため、位相検出部 7 2 は、終点 t_1 でのライトクロック W C L の位相 $p w 1$ を検出するとともに、同期後のライトクロック W C L の位相も、次の範囲の始点での位相として検出する。

【 0 0 3 7 】

M P U 5 0 は、位相差算出部 5 2 及び判定処理部 5 4 を機能的に有している。位相差算出部 5 2 は、磁気ヘッド 4 によりデータが書き込まれる前後のライトクロック W C L の位相差を算出し、判定処理部 5 4 へ出力する。具体的には、位相差算出部 5 2 は、磁気ヘッド 4 が範囲 2 1 u s の始点 t_0 に達したときのライトクロック W C L の位相 $p w 0$ が入力されると、これをメモリ等の記憶部に一時的に保持しておき、磁気ヘッド 4 が範囲 2 1 u s の終点 t_1 に達したときのライトクロック W C L の位相 $p w 1$ が入力されたときに、これらの位相差（検出位相差） $p w 1 - p w 0$ を算出する。

【 0 0 3 8 】

判定処理部 5 4 は、磁気ヘッド 4 が範囲 2 1 u s の終点 t_1 に達したときのライトクロック W C L の位相の予想値 $p w 1_i$ と検出値 $p w 1$ との差分に基づいて、データの書き込みの成否を判定する。具体的には、判定処理部 5 4 は、位相差算出部 5 2 から入力される検出位相差 $p w 1 - p w 0$ と、範囲 2 1 u s の長さ等から求まる予想位相差 $p w 1_i - p w 0$ とを比較して、データの書き込みの成否を判定する。この予想位相差 $p w 1_i - p w 0$ は、範囲 2 1 u s の長さ、磁性ビット 2 1 b の配列周期 Δt_b に基づいて求められる。具体的な算出方法については、後に詳しく述べる。

【 0 0 3 9 】

なお、予想位相差 $p w 1_i - p w 0$ が既知の値である場合には、上記算出を行うことなく、検出位相差 $p w 1 - p w 0$ と比較することができる。換言すると、始点 t_0 でのライトクロック W C L の位相 $p w 0$ が既知の値である場合には、終点 t_1 でのライトクロック W C L の位相の予想値 $p w 1_i$ も既知の値であるので、予想値 $p w 1_i$ を求めずとも、予想値 $p w 1_i$ と検出値 $p w 1$ との差分を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

また、判定処理部 5 4 は、終点 t_1 でのライトクロック W C L の位相の予想値 $p w 1_i$ と検出値 $p w 1$ との差分が所定の許容範囲以下である場合にはデータの書き込みが成功であると判定し、この差分が所定の許容範囲を超えている場合にはデータの書き込みが失敗であると判定する。データの書き込みが失敗であると判定された場合には、M P U 5 0 は、再度の書き込みを H D C 6 0 に指示する。

【 0 0 4 1 】

以上のように、磁気ヘッド 4 が範囲 2 1 u s の終点 t_1 に達したときのライトクロック W C L の位相の予想値 $p w 1_i$ と検出値 $p w 1$ との差分に基づいて、データの書き込みの成否を判定することで、ベリファイ処理を行うことなく、迅速にデータの書き込みの成否を判定することができる。特に、磁性ビット 2 1 b の配列周期 Δt_b に対応するライトク

10

20

30

40

50

ロックWCLの位相を利用しているので、記録磁界の極性反転のタイミングと磁性ビット21bの配列とのずれを直接的に判断することができる。

【0042】

次に、上述の予想位相差 $pw1_i - pw0$ の算出方法を、数式を交えながら説明する。

【0043】

ここでは、図4に示されるように、ユーザデータ領域21uの始点 t_0 から記録開始位置 t_{ws} までの N_p ビット分の磁性ビット21bにはデータを書き込まず、記録開始位置 t_{ws} から記録終了位置 t_{we} までの N ビット分の磁性ビット21bにはデータを書き込み、記録終了位置 t_{we} からユーザデータ領域21uの終点 t_{de} までの N_n ビット分の磁性ビット21bにはデータを書き込まない場合を、データの書き込みの条件とする。

10

【0044】

このユーザデータ領域21uを構成する磁性ビット21bの数 $N_p + N + N_n$ は、既知の値である。また、範囲21usの長さ Δt_{ss} 、サーボデータ領域21sの長さ Δt_s 、及び記録素子41の主磁極41mと再生素子43の間隔 Δt_{rw} は、いずれも既知の値である。

【0045】

ここで、記録開始位置 t_{ws} は $t_0 + N_p \times \Delta t_b$ として、記録終了位置 t_{we} は $t_{ws} + N \times \Delta t_b$ として、ユーザデータ領域21uの終点 t_{de} は $t_{we} + N_n \times \Delta t_b$ として表すことができる。また、次のサーボデータ領域21sの終点 t_1 は、 $t_0 + \Delta t_s$ または $t_{de} + \Delta t_s$ として表すことができる。

20

【0046】

上記信号処理部70の位相検出部72は、範囲21usの始点 t_0 に再生素子43が達したときに、記録素子41の主磁極41mと再生素子43の間隔 Δt_{rw} を考慮して、ライトクロックWCLの位相 $pw0$ を検出する(図6Aを参照)。このとき、位置 t におけるライトクロックWCLは数式1のように表される。

【0047】

【数1】

$$WCL = X(2\pi \times \frac{(t-t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0)$$

30

【0048】

この数式1では、 $X(t) = \text{sgn}(\sin(t))$ であり、 $\text{sgn}(x) = 1 (x > 0)$ or $0 (x = 0)$ or $-1 (x < 0)$ である。

【0049】

次に、再生素子43が範囲21usの始点 t_0 を通過した後、 $\Delta t_{dw} + \Delta t_{wr}$ だけ移動し、記録素子41の主磁極41mが記録開始位置 t_{ws} に達したところから記録磁界の印加が開始される。そして、主磁極41mが $N \times \Delta t_b$ だけ移動し、記録終了位置 t_{we} に達したところで記録磁界の印加が終了される。そして、再生素子43が $N_n \times \Delta t_b - \Delta t_{rw}$ だけ移動すると、ユーザデータ領域21uの終点(すなわち、次のサーボデータ領域21sの始点) t_{de} に達する。その後、再生素子43はサーボデータ領域21sを通過しながらサーボデータを読み出す。

40

【0050】

位相検出部72は、範囲21usの終点 t_1 に再生素子43が達したときに、記録素子41の主磁極41mと再生素子43の間隔 Δt_{rw} を考慮して、ライトクロックWCLの位相 $pw1$ を検出する(図6Bを参照)。この位相 $pw1$ の検出は、ライトクロックWCLの同期を取る前までに行われる。このとき、位置 t におけるライトクロックWCLは数式2のように表される。

【0051】

【数 2】

$$WCL = X(2\pi \times \frac{(t-t_1)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw1)$$

【0052】

MPU50の位相差算出部52は、始点 t_0 でのライトクロックWCLの位相 $pw0$ と、終点 t_1 でのライトクロックWCLの位相 $pw1$ との位相差（検出位相差） $pw1 - pw0$ を算出し、判定処理部46に出力する。

【0053】

ここで、上記スピンドルモータ3の回転速度の変動やライトクロックWCLの周波数の変動が生じていない場合には、上記数式1と数式2とが同じになることから、この場合に予想される終点 t_1 でのライトクロックWCLの位相（予想値 $pw1_i$ ）を用いて、数式3を得ることができる。

10

【0054】

【数 3】

$$WCL = X(2\pi \times \frac{(t-t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0) = X(2\pi \times \frac{(t-t_1)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw1_i)$$

【0055】

この数式3を $t = t_1$ で整理すると、数式4を得ることができる。

20

【0056】

【数 4】

$$X(2\pi \times \frac{(t_1-t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0) = X(pw1_i)$$

【0057】

そして、この数式4を変形すると、数式5を得ることができ、更には数式6及び数式7のように変形することができる。これらの式における「mod」は 2π で除算した余りを表す。

30

【0058】

【数 5】

$$pw1_i = (2\pi \times \frac{(t_1-t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0) \bmod 2\pi$$

【0059】

【数 6】

$$\begin{aligned} pw1_i &= (2\pi \times \frac{(t_1-t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0) \bmod 2\pi \\ &= (2\pi \times \frac{(\Delta t_b \times (N_p + N + N_n) + \Delta t_s)}{(2 \times \Delta t_b)} + pw0) \bmod 2\pi \end{aligned}$$

40

【0060】

【数 7】

$$\begin{aligned} pw1_i - pw0 &= (2\pi \times \frac{(t_1 - t_0)}{(2 \times \Delta t_b)}) \bmod 2\pi \\ &= (2\pi \times \frac{(\Delta t_b \times (N_p + N + N_n) + \Delta t_s)}{(2 \times \Delta t_b)}) \bmod 2\pi \end{aligned}$$

【0061】

ここで、上記スピンドルモータ3の回転速度の変動やライトクロックWCLの周波数の変動が生じた場合には、上記数式7で示される予想位相差 $pw1_i - pw0$ と、上記位相差算出部52により算出される検出位相差 $pw1 - pw0$ とがずれることになる。すなわち、終点 t_1 でのライトクロックWCLの位相の予想値 $pw1_i$ と検出値 $pw1$ とがずれることになる。

10

【0062】

上記判定処理部54は、これらの差分が所定の許容範囲以下である場合にはデータの書き込みが成功したと判定し、他方、これらの差分が所定の許容範囲を超えている場合にはデータの書き込みが失敗したと判定する。ここで、許容範囲は、例えば磁性ビット21bの配列周期 Δt_b の半分程度とすることができる。更には、上記図2に示される、隣り合う磁性ビット21bの間に形成された非磁性領域の幅（すなわち溝21cの幅） Δt_c の半分程度であることが好ましい。

20

【0063】

なお、以上に説明した本実施形態では、ライトクロックWCLの位相を検出する位置を範囲21usの始点 t_0 及び終点 t_1 としたが、これに限られず、トラック21中の位置が特定可能であり、ライトクロックWCLの位相が検出可能な位置であれば、何れの位置であってもよい。このとき、ライトクロックWCLの位相を検出する開始位置と終了位置の間隔が狭いほど、記録成否の判定精度を高めることができる。

【0064】

以下、本発明の変形例について説明する。図7は、変形例に係る回路構成例を表すブロック図である。なお、上記実施形態と重複する構成については、同番号を付すことで詳細な説明を省略する。

30

【0065】

本変形例において、信号処理部70は、ライトクロックWCLの数を計数する計数処理部（カウンタ）74を有している。MPU50の判定処理部54は、計数されたライトクロックWCLの数も利用して、磁気ヘッド4が範囲21usの終点 t_1 に達したときのライトクロックWCLの位相の予想値 $pw1_i$ と検出値 $pw1$ との差分を求める。

【0066】

具体的には、範囲21usの始点 t_0 及び終点 t_1 でのライトクロックWCLの数をそれぞれ n_0 , n_1 としたとき、始点 t_0 及び終点 t_1 は、ライトクロックWCLの0を基準として、 $t_0 = 2 \times \Delta t_b \times (n_0 + pw0 / 2\pi)$ 、 $t_1 = 2 \times \Delta t_b \times (n_1 + pw1 / 2\pi)$ とそれぞれ表すことができる（図6A及び図6Bを参照）。また、 $n_1 - n_0$ は、磁気ヘッド4が範囲21usの始点 t_0 から終点 t_1 までを通過する期間に計数されるライトクロックWCLの数である。

40

【0067】

このため、上述した予想位相差 $pw1_i - pw0$ は数式8で表すことができる。

【0068】

【数 8】

$$\begin{aligned}
 pw1_i - pw0 &= 2\pi \times \frac{(t_1 - t_0)}{(2 \times \Delta t_b)} - 2\pi \times (n_1 - n_0) \\
 &= 2\pi \times \frac{(\Delta t_b \times (N_p + N + N_n) + \Delta t_s)}{(2 \times \Delta t_b)} - 2\pi \times (n_1 - n_0)
 \end{aligned}$$

【0069】

この数式 8 に表されるように、本変形例では、予想位相差 $pw1_i - pw0$ を算出する際に、上記数式 7 に示されるような mod 演算が不要であることから、演算処理の負荷が軽減されるとともに、予想位相差 $pw1_i - pw0$ をより高精度に求めることができる。また、予想位相差 $pw1_i - pw0$ と検出位相差 $pw1 - pw0$ とが 1 周期分以上ずれる場合であっても、これを検知することができる。

10

【0070】

ここで、信号処理部 70 に含まれる位相検出部 72 及び計数処理部 74 の組み合わせは、磁気ヘッド 4 が範囲 21 us の始点 t_0 から終点 t_1 までを通過する時間間隔を検出する時間検出部であると言える。すなわち、磁気ヘッド 4 が範囲 21 us の始点 t_0 から終点 t_1 までを通過する時間間隔の検出値は、位相検出部 72 が検出するライトクロック WCL の位相と、計数処理部 74 が計数するライトクロック WCL の数に基づいて求めることができる。他方、磁気ヘッド 4 が範囲 21 us の始点 t_0 から終点 t_1 までを通過する時間間隔の予測値は、既知である範囲 21 us の距離 $t_1 - t_0$ ($= \Delta t_b \times (N_p + N + N_n) + \Delta t_s$) と、トラック 21 に対する磁気ヘッド 4 の追従速度 (磁気ディスク 2 の回転速度) とに基づいて求めることができる。

20

【0071】

なお、ライトクロック WCL の代わりに、図 5 に示されるドライブクロック DCL を利用するようにしてもよい。すなわち、範囲 21 us の始点 t_0 及び終点 t_1 でのドライブクロック DCL の数をそれぞれ m_0 、 m_1 としたとき、始点 t_0 及び終点 t_1 は、ドライブクロック DCL の 0 を基準として、 $\Delta t_d \times (m_0 + \Delta p m_0 / 2\pi) + pw0 / 2\pi$ 、 $\Delta t_d \times (m_1 + \Delta p m_1 / 2\pi) + pw1 / 2\pi$ とそれぞれ表すことができる。このため、上記と同様に予想位相差 $pw1_i - pw0$ を求めることができる。ここで、 Δt_d はドライブクロック DCL の周期である。また、 $\Delta p m_0$ 及び $\Delta p m_1$ は、ドライブクロック DCL とライトクロック WCL との位相差であり、ドライブクロック DCL から求められる。ライトクロック WCL がドライブクロック DCL を基として作られるものであるから、時間間隔の検出という点においてはドライブクロック DCL を利用の方が、ライトクロック WCL を利用するよりも精度が期待できる。

30

【0072】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形実施が当業者にとって可能であるのはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【0073】

40

【図 1】本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の平面図である。

【図 2】磁気ヘッド及び磁気ディスクの説明図である。

【図 3】磁気ディスク装置の回路構成例を表すブロック図である。

【図 4】磁気ディスクの要部拡大図である。

【図 5】ライトクロックの説明図である。

【図 6 A】図 5 の要部拡大図である。

【図 6 B】図 5 の要部拡大図である。

【図 7】磁気ディスク装置の回路構成例を表すブロック図である。

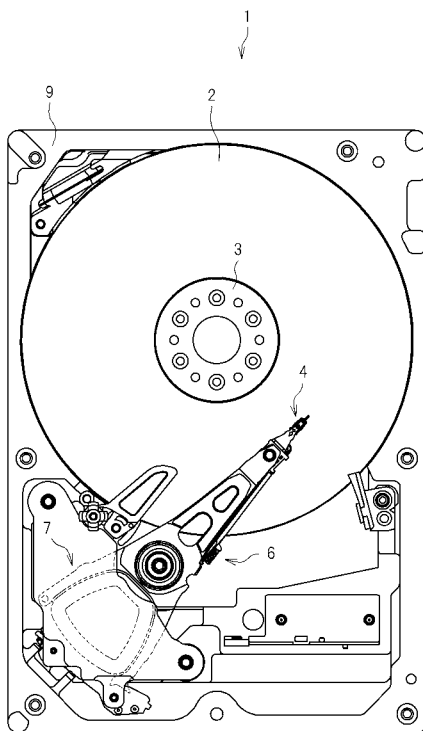
【符号の説明】

【0074】

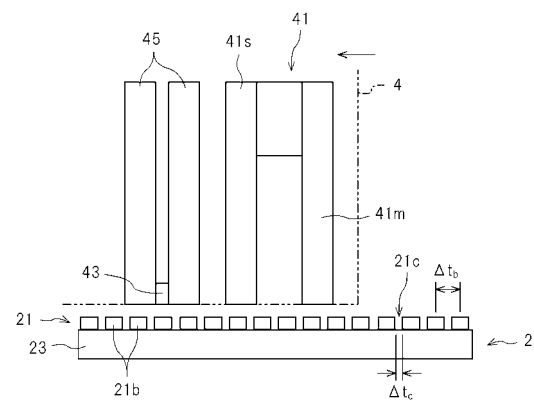
50

1 磁気ディスク装置、2 磁気ディスク、3 スピンドルモータ、4 磁気ヘッド、
 6 ヘッドアッセンブリ、7 ボイスコイルモータ、9 筐体、21 トラック、21b
 磁性ビット、21s サーボデータ領域、21u ユーザデータ領域、21us 範囲
 、23 非磁性基板、41 記録素子、41m 主磁極、41s 副磁極、43 再生素
 子、45 磁気シールド、50 MPU、52 位相差算出部、54 判定処理部、60
 HDC、70 信号処理部、72 位相検出部、74 計数処理部。

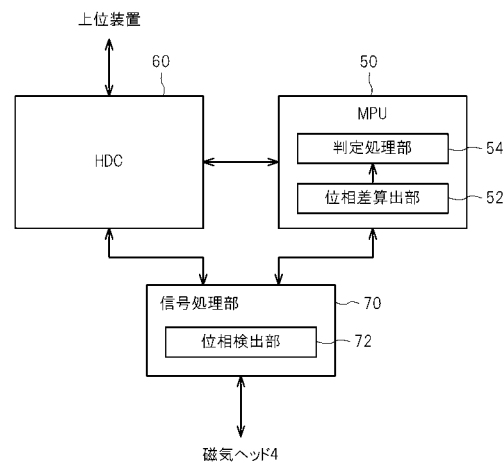
【図 1】



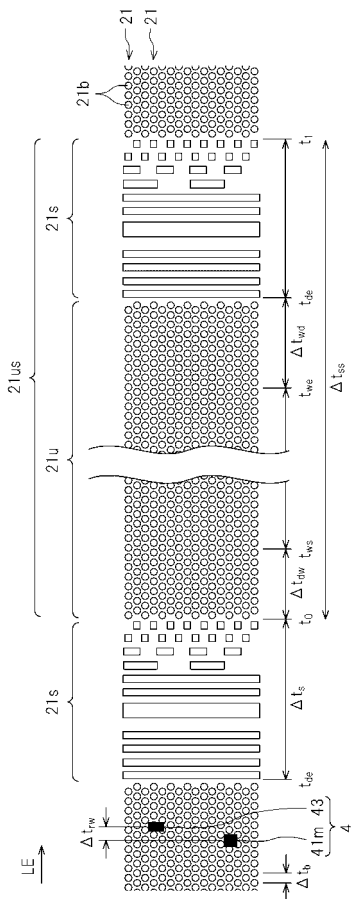
【図 2】



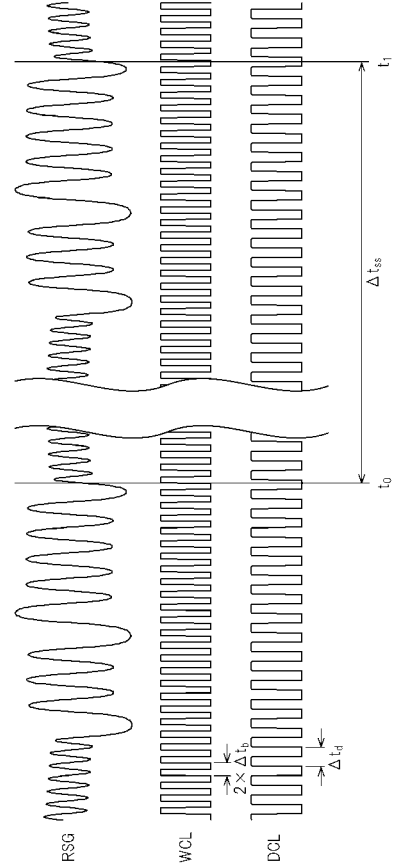
【図 3】



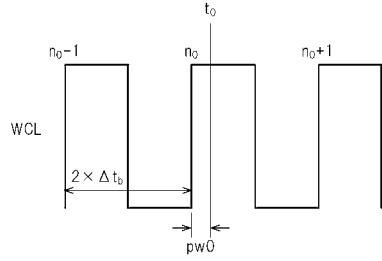
【図 4】



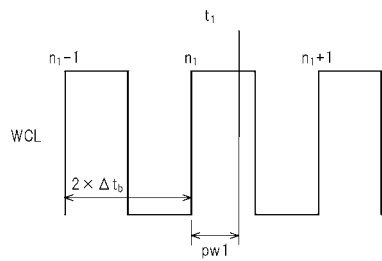
【図 5】



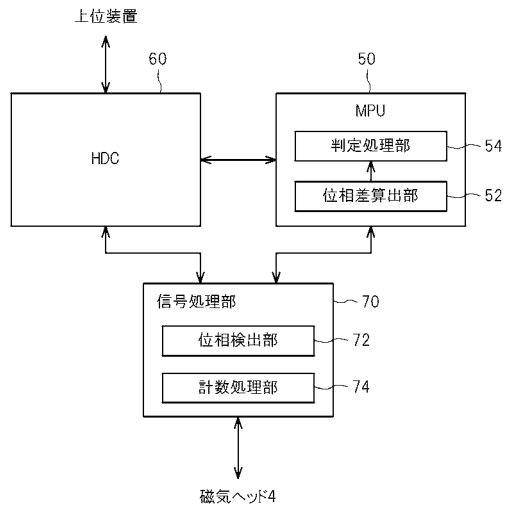
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 西田 靖孝
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ内
- (72)発明者 望月 正文
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ内
- (72)発明者 前田 英明
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ内
- F ターム(参考) 5D091 AA10 FF05 GG33