

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3911666号

(P3911666)

(45) 発行日 平成19年5月9日(2007.5.9)

(24) 登録日 平成19年2月9日(2007.2.9)

(51) Int. Cl.

G 1 1 B 21/10 (2006.01)

F I

G 1 1 B 21/10

W

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-27406 (P2002-27406)	(73) 特許権者	503361248
(22) 出願日	平成14年2月4日(2002.2.4)		富士電機デバイステクノロジー株式会社
(65) 公開番号	特開2003-228931 (P2003-228931A)		東京都品川区大崎一丁目11番2号
(43) 公開日	平成15年8月15日(2003.8.15)	(74) 代理人	100077481
審査請求日	平成16年11月19日(2004.11.19)		弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915
			弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	佐藤 公紀
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
			富士電機株式会社内
		審査官	松尾 淳一
		(56) 参考文献	特開昭64-088972 (JP, A)
			特許第3057282 (JP, B2)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サーボ信号生成装置、サーボパターンシミュレータ、および、サーボ信号生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

特定サーボパターンを用い、所定の媒体に記録されている所望のサーボパターンに対するサーボ信号を生成する装置であって、
 前記特定サーボパターンとして、磁気転写若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象を考慮し、該特定サーボパターンを再生して得られる孤立した再生波形に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向に対して一定以上の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列されたパターンを用い、
 前記所定の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターンから、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形を生成する再生手段と、
 前記所望のサーボパターンが転写された媒体のサーボ信号分布を算出する分布算出手段と、
 前記生成された各孤立した再生波形を、前記算出された所望のサーボパターンのサーボ信号分布に重ね合わせて、1次元サーボ信号列を作成する重ね合わせ手段と、
 前記所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの軌道に対するサーボ信号を、前記作成された1次元サーボ信号列の補間処理によって算出する補間手段とを具備したことを特徴とするサーボ信号生成装置。

【請求項2】

前記特定サーボパターンは、前記所望のサーボパターンに対するサーボ信号の少なくとも数倍の周期を有する長周期パターンであることを特徴とする請求項1記載のサーボ信号

生成装置。

【請求項 3】

所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの位置決め精度を推定することが可能なサーボパターンシミュレータであって、
特定サーボパターンから再生されるサーボ信号の実測値に基づいて、前記所望のサーボパターンに対するサーボ信号を求めるサーボ信号生成手段として構成された、請求項 1 又は 2 記載のサーボ信号生成装置と、
前記サーボ信号生成装置から出力された前記サーボ信号から、磁気ヘッドの位置誤差信号を復調するサーボ復調手段と、
前記復調された位置誤差信号から、前記磁気ヘッドを駆動するための駆動電流を算出するサーボコントロール手段と、
前記算出された駆動電流が入力され、前記磁気ヘッドの位置を求めるアクチュエータモデルとを具えたことを特徴とするサーボパターンシミュレータ。

10

【請求項 4】

特定サーボパターンを用い、所定の媒体に記録されている所望のサーボパターンに対するサーボ信号を生成する方法であって、
前記特定サーボパターンとして、磁気転写若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象を考慮し、該特定サーボパターンを再生して得られる孤立した再生波形に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向に対して一定以上の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列されたパターンを用い、
前記所定の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターンから、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形を生成する工程と、前記所望のサーボパターンが転写された媒体のサーボ信号分布を算出する工程と、
前記生成された各孤立した再生波形を、前記算出された所望のサーボパターンのサーボ信号分布に重ね合わせて、1 次元サーボ信号列を作成する工程と、
前記所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの軌道に対するサーボ信号を、前記作成された 1 次元サーボ信号列の補間処理によって算出する工程とを具えたことを特徴とするサーボ信号生成方法。

20

【請求項 5】

前記特定サーボパターンは、前記所望のサーボパターンに対するサーボ信号の少なくとも数倍の周期を有する長周期パターンであることを特徴とする請求項 4 記載のサーボ信号生成方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ハードディスク装置で使用されるサーボパターンについて評価解析を行うことが可能な、サーボ信号生成装置、サーボパターンシミュレータ、および、サーボ信号生成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

40

図 12 は、従来の ハードディスク装置 の構成例を示す。

【0003】

図 12 (a) のハードディスク装置 100 は、図 12 (b) のメディア 101 上に磁気記録されたサーボパターン 104 より、磁気ヘッド 102 の現在位置と目標位置との誤差を検出し、この差が小さくなるようにヘッドアクチュエータ 103 を駆動し、磁気ヘッド 102 を位置決めする。

【0004】

図 12 において、サーボ復調回路 105 は、サーボパターン 104 から磁気ヘッド 102 が読み取ったサーボ信号をもとに、位置誤差信号を求める回路であり、サーボコントローラ 106 は、位置誤差信号をもとに、誤差が小さくなるよう、ヘッドアクチュエータ 10

50

3 への指令値を演算するユニットである。

【0005】

図13に示すように、従来のサーボパターン104は、サーボトラックライター108と呼ばれる装置を使用して、ビット毎に書き込まれてきた。近年、書き込み時間の短縮、サーボトラックライター108の削減を狙い、磁気転写と呼ばれる方式により、サーボパターン104の原盤であるマスターディスク110からメディア101にサーボパターン104を一括して書き込む技術が提案されている。

【0006】

図14および図15は、従来における磁気転写プロセスの概略を示す。図14は初期磁化、図15は磁気転写である。

10

【0007】

まず、図14において、メディア101近傍に磁石109を近接させ、メディア101を一方向に磁化する。

【0008】

次に、図15において、サーボパターン104の原盤であるマスターディスク110をメディア101に密着させた後、マスターディスク110上から初期磁化と逆向きの磁界を発生する磁石111を近接して、サーボ信号を転写する。マスターディスク110はSi基板表面に、軟磁性体によるパターン112を形成したものである。軟磁性体のギャップで発生する漏れ磁界により、メディア101は軟磁性パターン112のない部分（スペーシング部分）のみ初期磁界と逆向きに磁化される。

20

【0009】

そして、最後に、マスターディスク110とメディア101とを引き離す。

【0010】

このように磁気転写方式の場合、サーボパターン104の原版であるマスターディスク110は、半導体の製造技術を用いて、軟磁性体をパターン形成するものであるから、かなり複雑な形状のサーボパターンを生成・導入することが可能である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

一般に、サーボパターン104の品質は、そのサーボパターン104を採用したハードディスク装置100のヘッド位置決め精度が高いか低いかにより評価できる。

30

【0012】

パターンが単純であれば、机上検討により、これを考察できるが、パターンが複雑になると机上検討だけでは不十分ゆえ、実機検証が必須となる。

【0013】

前述した従来例のように、サーボパターン104の品質は、そのサーボパターン104を採用したハードディスク装置100のヘッド位置決め精度を測定することによって判定できる。

【0014】

しかし、磁気転写方式を採用するハードディスク装置100の場合、上記従来の測定には、次の作業が必要である。

40

【0015】

▲1▼開発したサーボパターンに対応するマスターディスクを製造する。

【0016】

▲2▼製造したマスターディスクを使い、磁気転写により、媒体にサーボパターンを書き込む。

【0017】

▲3▼開発したサーボパターンに対応したサーボ復調回路を新規開発する。

【0018】

▲4▼転写したメディア、サーボ復調回路をドライブに組み込む。

【0019】

50

▲5▼サーボをかけ、そのときのヘッド位置決め精度を測定する。

【0020】

▲6▼サーボパターンとヘッド位置決め精度との相関を調べる。

【0021】

つまり、ドライブを組み立てる設備と共に、長いリードタイムも必要になる。

【0022】

そこで、本発明の目的は、短いリードタイムで、かつ、開発設備をもつことなく低コストでサーボパターンの評価を実施することが可能な、サーボ信号生成装置、サーボパターンシミュレータ、および、サーボ信号生成方法を提供することにある。

【0023】

また、本発明の他の目的は、磁気転写に固有な現象を利用して、高精度な信号検出処理を実行することが可能な、サーボ信号生成装置、サーボパターンシミュレータ、および、サーボ信号生成方法を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明は、特定サーボパターンを用い、所定の媒体に記録されている所望のサーボパターンに対するサーボ信号を生成する装置であって、前記特定サーボパターンとして、磁気転写若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象を考慮し、該特定サーボパターンを再生して得られる孤立した再生波形に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向に対して一定以上の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列されたパターンを用い、前記所定の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターンから、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形を生成する再生手段と、前記所望のサーボパターンが転写された媒体のサーボ信号分布を算出する分布算出手段と、前記生成された各孤立した再生波形を、前記算出された所望のサーボパターンのサーボ信号分布に重ね合わせて、1次元サーボ信号列を作成する重ね合わせ手段と、前記所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの軌道に対するサーボ信号を、前記作成された1次元サーボ信号列の補間処理によって算出する補間手段とを具備することによって、サーボ信号生成装置を構成する。

【0025】

ここで、特定サーボパターンは、前記所望のサーボパターンに対するサーボ信号の少なくとも数倍の周期を有する長周期パターンとしてもよい。

【0026】

本発明は、所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの位置決め精度を推定することが可能なサーボパターンシミュレータであって、特定サーボパターンから再生されるサーボ信号の実測値に基づいて、前記所望のサーボパターンに対するサーボ信号を求めるサーボ信号生成手段として構成された、上記サーボ信号生成装置と、前記サーボ信号生成装置から出力された前記サーボ信号から、磁気ヘッドの位置誤差信号を復調するサーボ復調手段と、前記復調された位置誤差信号から、前記磁気ヘッドを駆動するための駆動電流を算出するサーボコントロール手段と、前記算出された駆動電流が入力され、前記磁気ヘッドの位置を求めるアクチュエータモデルとを具備することによって、サーボパターンシミュレータを構成する。

【0027】

本発明は、特定サーボパターンを用い、所定の媒体に記録されている所望のサーボパターンに対するサーボ信号を生成する方法であって、前記特定サーボパターンとして、磁気転写若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象を考慮し、該特定サーボパターンを再生して得られる孤立した再生波形に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向に対して一定以上の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列されたパターンを用い、前記所定の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターンから、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形を生成する工程と、前記所望のサーボパターンが転写された媒体のサーボ信号分布を算出する工程と、前記生成された各孤立した再

10

20

30

40

50

生波形を、前記算出された所望のサーボパターンのサーボ信号分布に重ね合わせて、1次元サーボ信号列を作成する工程と、前記所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの軌道に対するサーボ信号を、前記作成された1次元サーボ信号列の補間処理によって算出する工程とを具えることによって、サーボ信号生成方法を提供する。

【0028】

【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詳細に説明する。

＜システム構成＞

図1は、本発明に係るパターンシミュレータ1のシステム構成例を示す。なお、本発明のサーボパターンを採用したハードディスク装置100の磁気ヘッド102の構成は、前述した図12と同様な構成を用いるものとする。

10

【0029】

本システムは、所望のサーボパターンに対し、このパターンを採用したハードディスク装置100の磁気ヘッド102のサーボ信号を求めることが可能なものであり、サーボ信号生成部2と、サーボ復調部3と、サーボコントロール部4と、ヘッドアクチュエータモデル5とからなる。

【0030】

サーボ信号生成部2は、特定サーボパターン200から再生されるサーボ信号300の実測値をもとに、所望のサーボパターン220に対するサーボ信号300を求める機能をもつ。

20

【0031】

ここでいう、特定サーボパターン200とは、使用するサーボ信号300の少なくとも数倍の周期（例えば、2倍～5倍程度の長周期）を有する長周期パターンのことをいう。また、所望のサーボパターン220とは、所望のメディア7に記録されたパターンであり、このパターンを採用したハードディスク装置100の磁気ヘッド102のサーボ信号300に対応する。

【0032】

サーボ復調部3は、サーボ信号300から磁気ヘッド102の位置誤差信号31を復調する機能をもつ。

【0033】

サーボコントロール部4は、位置誤差信号31からヘッドアクチュエータモデル5に入力する駆動電流41を求め、磁気ヘッド102の位置を計算する機能をもつ。

30

【0034】

ヘッドアクチュエータモデル5は、算出された駆動電流41が入力され、磁気ヘッド102の位置を求め、ヘッド位置信号51としてサーボ信号生成部2に送る機能をもつ。

【0035】

これにより、本システムは、サーボ信号生成部2により求めたサーボ信号300を、サーボ復調部3に入力して、磁気ヘッド102の位置誤差信号31を復調し、得られた位置誤差信号31をサーボコントロール部4に入力して、ヘッドアクチュエータモデル5の駆動電流41を計算し、駆動電流41をヘッドアクチュエータモデル5に入力して、磁気ヘッド102の位置を示すヘッド位置信号51を求め、得られたヘッド位置信号51を再度サーボ信号生成部2に導いて、サーボ信号300を再度求める計算プロセスを実行する。

40

【0036】

以下、各部の構成を詳細に説明する。

（サーボ信号生成部）

図5は、サーボ信号生成部2の構成例を示す。

【0037】

サーボ信号生成部2は、孤立波形再生部10と、1次元パターン列抽出部11と、線形重ね合わせ部12と、補間演算部13とからなっている。

【0038】

50

孤立波形再生部 10 は、所定の長さに設定されかつ該長さに対応した間隔で配置された特定サーボパターン 200 から、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形 210 を生成する機能をもつ。

【0039】

1次元パターン列抽出部 11 は、所望のサーボパターン（2次元サーボパターン 220）が転写されたメディア 7 のサーボ信号分布（1次元パターンデータ列 221）を算出する機能をもつ。

【0040】

線形重ね合わせ部 12 は、生成された各孤立した再生波形 210 を、算出された 2次元サーボパターン 220 の 1次元パターンデータ列 221 に重ね合わせて、1次元サーボ信号列 230 を作成する機能をもつ。

10

【0041】

補間演算部 13 は、所望のサーボパターン（2次元サーボパターン 220）を採用したハードディスク装置 100 の磁気ヘッド 102 の軌道に対するサーボ信号 300 を、作成された 1次元サーボ信号列 230 の補間処理によって算出する機能をもつ。

【0042】

より具体的には、1次元パターン列抽出部 11 において、2次元サーボパターン 220 から、1次元パターンデータ列 221（後述する（1）式の a_i , b_j ）を求め、線形重ね合わせ部 12 において、式（1）の通り、この 1次元パターンデータ列 221 と孤立した再生波形 210 の線形重ね合わせにより、1次元サーボ信号列 230 を求める。そして、補間演算部 13 において、軌道近傍の 1次元サーボ信号列 230 から、磁気ヘッド 102 の軌道上のサーボ信号 300 を求める。実機 Read/Write 系で混入するノイズは、ランダムノイズとして表現し、出力に加算する。

20

【0043】

以上説明したように、サーボ信号生成部 2 は、▲1▼長周期パターンである特定サーボパターン 200 に対する、孤立した再生波形（実測データ） 210 と、所望の 2次元サーボパターン 220 とから、2次元サーボパターン 220 を転写したメディア 7 のサーボ信号分布を求めておき、▲2▼入力された磁気ヘッド 102 の位置に対応したサーボ信号 300 を出力するものである。

【0044】

30

（サーボ復調部）

図 3 は、サーボ復調部 3 の構成例を示す。

【0045】

サーボ復調部 3 は、サーボ信号 300 からクロック信号 33 を抽出するクロック再生部 14 と、クロック信号 33 とサーボ信号 300 とから位置誤差信号 31 を求める位置検出部 15 と、クロック信号 33 とサーボ信号 300 とから各種タイミング信号を生成するタイミング信号生成部 16 とからなる。

【0046】

このサーボ復調部 3 は、磁気ヘッド 102 から得られるサーボ信号 300 をもとに、位置誤差信号 31 を求める機能であり、実機のサーボ復調回路 105（図 12 参照）と同様な構成である。

40

【0047】

（サーボコントロール部）

図 4 は、サーボコントロール部 4 の構成例を示す。

【0048】

サーボコントロール部 4 は、制御指令値を求める補償器 17 と、指令値をタイミング信号に合わせて出力するラッチ 18 と、指令値を駆動電流 41 に切り替える電流アンプ 19 とからなる。

【0049】

このサーボコントロール部 4 は、位置誤差信号 31 をもとに、ヘッドアクチュエータ 10

50

3（図12参照）の制御指令値を演算するものである。

【0050】

（ヘッドアクチュエータモデル）

ヘッドアクチュエータモデル5は、磁気ヘッド102を駆動するヘッドアクチュエータ103の動特性を模擬するものである。2次バネ・マス系と高次共振系との直列結合で近似する。

【0051】

（背景／現象）

次に、本発明に係る処理において”磁気転写の固有現象”を考慮した理由について、また、その磁気転写の固有現象である、パルスアシンメトリとサブパルスと呼ばれる現象について説明する。

10

【0052】

パルスアシンメトリは、磁化遷移点が、軟磁性パターンとスペーシングの境界から軟磁性パターンの内側にシフトする現象である。軟磁性パターンでの磁気飽和現象が、軟磁性パターンのエッジよりも内側で発生することによる。

【0053】

一方、サブパルスは、転写プロセスにおいて、外部磁界が弱く、スペーシング中央部での磁化反転が十分でない場合、もしくは外部磁界が強すぎ、本来外部磁界による影響を受けないはずの軟磁性パターンの中央部で磁化反転が生じる場合に発生する。

【0054】

20

前者のパルスアシンメトリは、スペーシング下において、メインパルスとは逆向きにサブパルスが発生する。後者のサブパルスは、軟磁性体下において、メインパルスとは逆向きのサブパルスが発生する。また、パルスアシンメトリおよびサブパルスは、長周期パターンにおいて顕著に現れる現象である。

【0055】

図5および図6は、サーボ信号生成部2において発生する2つの現象（パルスアシンメトリ、サブパルス）を説明したものである。

【0056】

図5は、本発明に係る長周期パターンとして構成された軟磁性パターン9に対するサーボ信号300を示す。

30

【0057】

図6は、任意のサーボパターンとして構成された軟磁性パターン9に対するサーボ信号300を示す。

【0058】

パルスアシンメトリは、サーボ信号生成部2では、孤立した再生波形210として実測値を用いているため、そのピーク点は、設計上の磁化遷移点ではなく、パルスアシンメトリを含んだ実効的な磁化遷移点となる（図5参照）。線形重ね合わせ後も、パルスアシンメトリは保存される。

【0059】

サブパルスは、長周期パターンに対する孤立波を取り込むので、もともと基本波の中にサブパルス成分を含んでいる。これを長周期で重ね合わせた場合は、サブパルス成分が顕著に現れるが、短周期で重ね合わせた場合は、サブパルス成分同士が干渉し、影響が小さくなる（図6参照）。これは、実際の磁気転写で見られる傾向と一致している。

40

【0060】

なお、長周期パターンを磁気ヘッドにより記録しておき、この長周期パターンから再生される孤立再生信号を取り込み、この孤立再生信号をもとに任意パターンに対する再生信号を生成することもできる。孤立再生信号はヘッド形状に起因する非線形（パルス振幅のアシンメトリやパルスの前後のアシンメトリ）を全て含むものであるから、上記生成した任意パターンに対する再生信号は実際に磁気ヘッドで任意パターンを記録した場合の再生信号を模擬したものとなる。

50

【0061】

<システム動作>

次に、本システムの動作について説明する。

(検出原理)

本システムの動作説明を行う前に、サーボ信号300のサーボパターンの検出原理を、図7～図10について説明する。

【0062】

まず、図7および図8について説明する。

【0063】

長周期(使用するサーボ信号の5倍以上の周期)のサーボパターンが形成されたマスターディスク6を使用して、メディア7に長周期のサーボ信号を磁気転写し、磁化遷移点a(マスターディスク6では、スペーシング部分8から軟磁性部分9に切り替わる箇所、図7では長手記録方向が右向きから左向きに変わる箇所)での孤立波形 $V_a(t)$ と、磁化遷移点b(マスターディスク6では、軟磁性体部分9から、スペーシング部分8に切り替わる箇所、図8では長手方向Yが左向きから右向きに変わる箇所)での孤立波形 $V_b(t)$ をそれぞれメモリに記録する(例えば、磁気ヘッド102が、長周期パターンを通過したときのサーボ信号をデジタルオシロスコープに順次記録していけばよい)。

10

【0064】

図8に示すように、長手方向(メディア7の径方向Xに交差するトラック方向)Yの1次元のみに限定すれば、任意のサーボ信号は、磁化遷移点a、bでの孤立波形の線形重ね合わせで表現することができる。

20

【0065】

【数1】

$$V(t) = \sum_i a_i \times V_a(t - t_i) + \sum_j b_j \times V_b(t - t_j) \quad \cdots (1)$$

【0066】

ただし、 t 、 t_i 、 t_j は時間である。

【0067】

a_i は、時間 $(t - t_i)$ において、磁化遷移点aが存在すれば1、そうでなければ0となる係数である。

30

【0068】

b_j は、時間 $(t - t_j)$ において、磁化遷移点bが存在すれば1、そうでなければ0となる係数である。

【0069】

なお、記録信号周波数の帯域では、線形重ね合わせだけではなく、非線型のビットシフトが報告されているが、サーボ信号帯域では、非線型効果を考慮する必要はない。

【0070】

(1)式を用い、ディスクの径方向に対して、十分小さい間隔(例えばトラック間隔)で長手方向Yの1次元サーボ信号列を求める。任意の磁気ヘッド102の軌道に対するサーボ信号は、1次元サーボ信号列の補間演算により計算する。

40

【0071】

ここで、図9に示すような軟磁性パターンを例に考える。磁気ヘッド102の軌道上のサーボ信号は、近傍にある1次元サーボ信号列の線形補間により求めることができる。例えば、記録の長手方向Yが右向きから左向きに変わる箇所は、ラインkとラインk+1との間にあるので、ラインkに対する1次元サーボ信号 $v(k, t)$ とラインk+1に対するサーボ信号 $v(k+1, t)$ の線形補間、

$$V_{\text{head}}(t) = p \times v(k, t) + (1 - p) \times v(k+1, t) \quad \cdots (2)$$

により求めることができる(ただし、 p は $0 \leq p \leq 1$ の任意数)。

50

【0072】

一方、記録の長手方向Yが左向きから右向きに変わる箇所は、ラインk+1とラインk+2との間にあるので、ラインk+1に対する1次元サーボ信号 $v(k+1, t)$ とラインk+2に対するサーボ信号 $v(k+2, t)$ の線形補間、

$$V_{\text{head}}(t) = q \times v(k+1, t) + (1-q) \times v(k+2, t)$$

…(3)

により求めることができる(ただし、 q は $0 \leq q \leq 1$ の任意数)。

【0073】

また、他の例として、磁気ヘッド102のセンサ幅を考慮して、求める方法もある。図10に示すような軟磁性パターンを例に考える。

10

【0074】

磁気ヘッド102は、軌道中心から $\pm d$ に対して感度を有しているものとする(センサ幅 $2d$)。このとき、磁気ヘッド102により検出されるサーボ信号は、軌道中心から $\pm d$ の範囲内にある1次元サーボ信号列の線形結合によって求めることができる。

【0075】

例えば、記録の長手方向Yが右向きから左向きに変わる箇所は、ラインk～ラインk+7に対するサーボ信号 $v(i, t)$ ($i = k, \dots, k+7$)を用い、

【0076】

【数2】

$$V_{\text{head}}(t) = \sum_{i=k}^{k+7} v(i, t) / 8 \quad \dots (4)$$

20

【0077】

により求めることができる。

【0078】

一方、記録の長手方向Yが左向きから右向きに変わる箇所は、ラインk+1～ラインk+8に対するサーボ信号 $v(j, t)$ ($j = k+1, \dots, k+8$)を用い、

【0079】

【数3】

$$V_{\text{head}}(t) = \sum_{j=k+1}^{k+8} v(j, t) / 8 \quad \dots (5)$$

30

【0080】

により求めることができる。

【0081】

(サーボ信号の生成処理：フローチャート)

次に、サーボ信号の生成処理について説明する。

【0082】

図11は、サーボ信号の生成処理を示すフローチャートである。

【0083】

40

本処理は、特定サーボパターン200を用いて、所定の媒体(すなわち、メディア7)に記録されている所望のサーボパターン(すなわち、2次元サーボパターン220)に対するサーボ信号300を生成するための処理である。

【0084】

ステップS1では、メディア7に記録されている特定サーボパターン200の長手方向Yへの長さを設定する。すなわち、前述したような磁気転写の固有現象(パルスアシンメトリ、サブパルス)若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象(パルス振幅のアシンメトリやパルスの前後のアシンメトリ)を考慮し、特定サーボパターン200を再生して得られる孤立した再生波形210に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向Yに対して一定以上の長さを有し、かつ、該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパ

50

ターン200を構成する。例えば、特定サーボパターン200の周期が、採用した所望のサーボパターン120に対応したサーボ信号300の数倍（5倍程度）となるような長さを有する長周期パターンに設定し、しかも、このパターン長さと略同一間隔をあけて順次トラック上に該パターンを記録する。

【0085】

ステップS2では、所定の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターン200（長周期パターン）から、該パターンのエッジに対応して孤立した再生波形210を検出し再生する。

【0086】

ステップS3では、所望のサーボパターン220が転写されたメディア7のサーボ信号分布を算出する。なお、この分布処理は、別途予め算出しておいてもよい。

【0087】

ステップS4では、生成された各孤立した再生波形210を、算出された所望のサーボパターン220のサーボ信号分布に重ね合わせて、1次元サーボ信号列230を作成する。

【0088】

ステップS5では、所望のサーボパターン220を採用したハードディスク装置100の磁気ヘッド102の軌道に対するサーボ信号300を、作成された1次元サーボ信号列230の補間処理によって算出する。

【0089】

（サーボ復調／サーボコントロール／ヘッド位置）

そして、図1において、このようなサーボ信号生成部2によって求めたサーボ信号を、サーボ復調部3に入力して、磁気ヘッド102の位置誤差信号31と、タイミング信号32と、クロック信号33と、を復調する。

【0090】

得られた位置誤差信号31、タイミング信号32、クロック信号33をサーボコントロール部4に入力して、ヘッドアクチュエータモデル5の駆動電流41を計算する。ヘッドアクチュエータモデル5では、駆動電流41の入力に対するアクチュエータ動作を求め、磁気ヘッド102の位置を導く。このようにして得られた磁気ヘッド102の位置を示すヘッド位置信号51をサーボ信号生成部2に入力する。サーボ信号生成部2では、アップデートされたヘッド位置に基づいてサーボバースト信号を再計算する。

【0091】

以上のような演算処理を繰り返して十分細かいサンプル時間刻みで実行することにより、実機ハードディスク装置でのサーボコントロールと同等の動作を模擬することができる。

【0092】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、磁気転写若しくは磁気ヘッドによる記録の固有現象を考慮し、特定サーボパターンを再生して得られる孤立した再生波形に対して所望の分解能が得られるように、パターン長手方向に対して一定以上の長さを有しかつ該長さに対応した間隔で配列された特定サーボパターンを用い、サーボ信号生成機能として、特定サーボパターンのエッジに対応して孤立した再生波形を生成し、その一方で所望のサーボパターンが転写された媒体のサーボ信号分布を算出しておき、生成された各孤立した再生波形を、算出された所望のサーボパターンのサーボ信号分布に重ね合わせて1次元サーボ信号列を作成し、所望のサーボパターンを採用したハードディスク装置の磁気ヘッドの軌道に対するサーボ信号を、その作成された1次元サーボ信号列の補間処理によって算出し、この算出により得られたヘッド位置の信号を再度サーボ信号の生成処理に利用してループ演算を行うようにしたので、実機ハードディスク装置でのサーボコントロールと同等の動作を模擬することができ、これにより、実機ハードディスク装置を組み立てることなく、新規サーボパターンを採用したハードディスク装置でのヘッド位置決め精度を推定することが可能となり、短いリードタイムでかつハードディスク装置の開発設備をもつことなく、サーボパターンの評価を実現できる。

10

20

30

40

50

【0093】

また、本発明によれば、サーボ信号生成機能は、長周期のサーボパターンを、磁気転写した媒体若しくは磁気ヘッドによる記録からの孤立再生波（実測）を基本波として、サーボ信号を生成するので、磁気転写に特徴的なパルスアシンメトリやサブパルスを模擬することもでき、これにより、高精度な信号検出処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態である、サーボパターンシミュレータのシステム構成例を示すブロック図である。

【図2】サーボパターンシミュレータのサーボ信号生成機能を示すブロック図である。

【図3】サーボパターンシミュレータのサーボ復調機能を示すブロック図である。

10

【図4】サーボパターンシミュレータのサーボコントロール機能を示すブロック図である。

【図5】長周期パターンに対するサーボ信号の生成機能（パルスアシンメトリとサブパルスの模擬）を示す説明図である。

【図6】任意パターンに対するサーボ信号の生成機能（パルスアシンメトリとサブパルスの模擬）を示す説明図である。

【図7】孤立再生波形を示す説明図である。

【図8】孤立再生波形の線形重ね合わせを示す説明図である。

【図9】サーボパターンシミュレータのサーボ信号生成における補間演算処理を示す説明図である。

20

【図10】補間演算処理の他の例を示す説明図である。

【図11】サーボ信号生成処理を示すフローチャートである。

【図12】従来のハードディスク装置の概略構成を示すものであり、（a）はシステム全体の構成を示す説明図、（b）はサーボパターンが記録されたメディアを示す平面図である。

【図13】サーボトラックライターによるサーボトラックライティングの説明図である。

【図14】サーボライティングの初期磁化を示す説明図である。

【図15】サーボライティングの磁気転写を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1 サーボパターンシミュレータ
- 2 サーボ信号生成部
- 3 サーボ復調部
- 4 サーボコントロール部
- 5 ヘッドアクチュエータモデル
- 6 マスターディスク
- 7 メディア
- 8 スペーシング
- 9, 112 軟磁性パターン
- 10 孤立波形再生部
- 11 1次元パターン列抽出部
- 12 線形重ね合わせ部
- 13 補間演算部
- 14 クロック再生部
- 15 タイミング信号発生部
- 16 位置検出部
- 17 補償器
- 17a 磁性層
- 18 ラッチ
- 19 電流アンプ
- 31 位置誤差信号

30

40

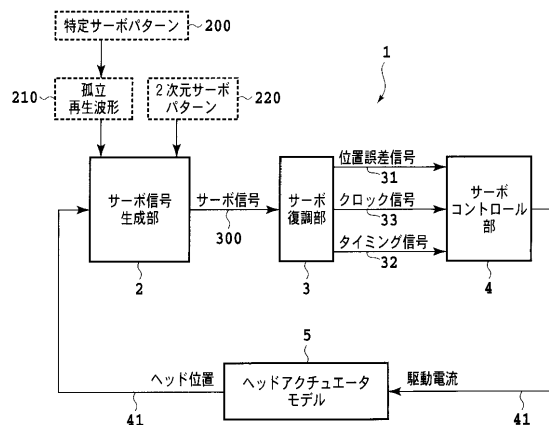
50

- | | |
|-------|-------------|
| 3 2 | タイミング信号 |
| 3 3 | クロック信号 |
| 4 1 | 駆動電流 |
| 5 1 | ヘッド位置信号 |
| 1 0 0 | ハードディスク装置 |
| 1 0 1 | メディア |
| 1 0 2 | 磁気ヘッド |
| 1 0 3 | ヘッドアクチュエータ |
| 1 0 4 | サーボパターン |
| 1 0 5 | サーボ復調回路 |
| 1 0 6 | サーボコントローラ |
| 1 0 7 | スピンドルモータ |
| 1 0 8 | サーボトラックライター |
| 1 0 9 | 磁石 |
| 1 1 0 | マスターディスク |
| 1 1 1 | 磁石 |
| 2 0 0 | 特定サーボパターン |
| 2 1 0 | 孤立した再生波形 |
| 2 2 0 | 2次元サーボパターン |
| 2 2 1 | 1次元パターンデータ列 |
| 2 3 0 | 1次元サーボ信号列 |
| 3 0 0 | サーボ信号 |

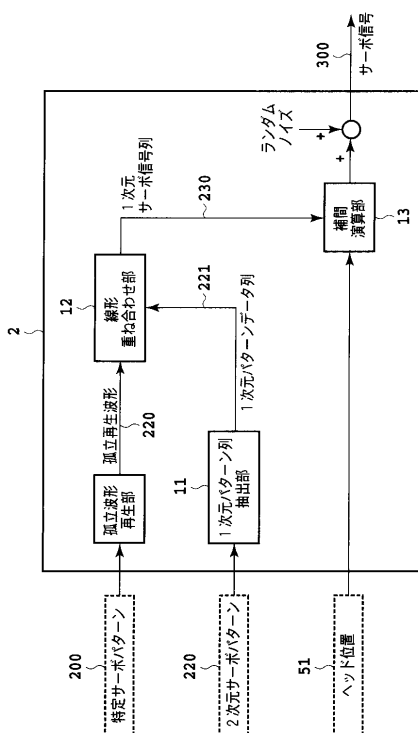
10

20

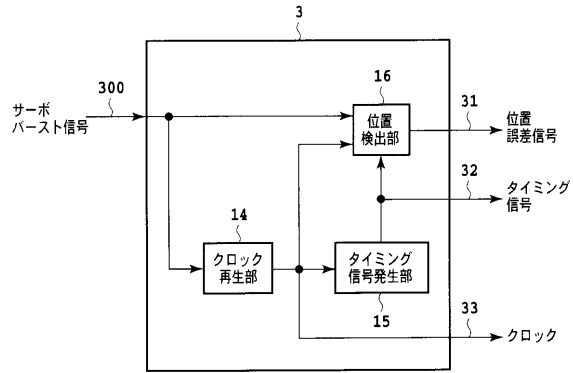
【图 1】



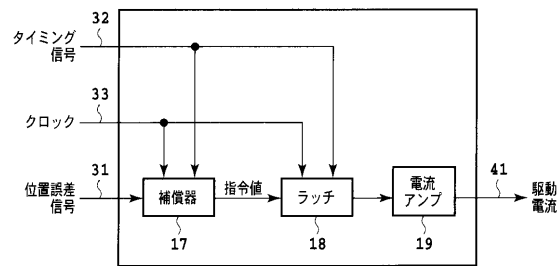
【图 2】



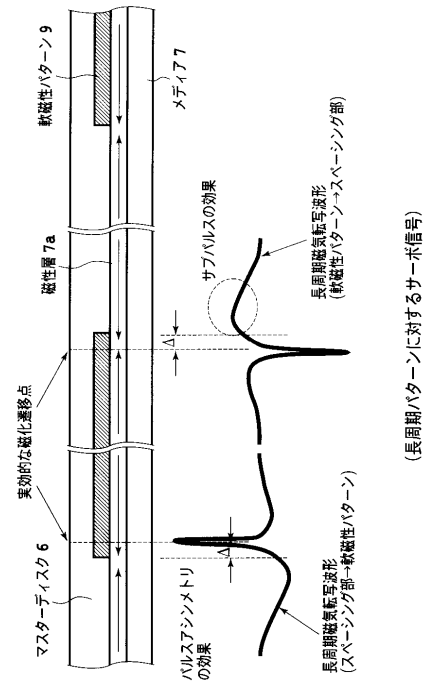
【 図 3 】



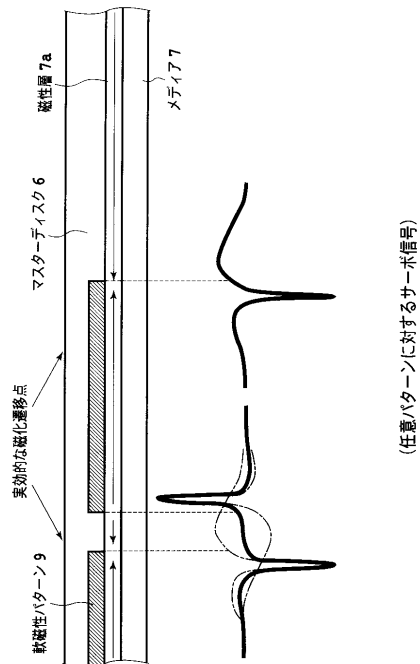
【図 4】



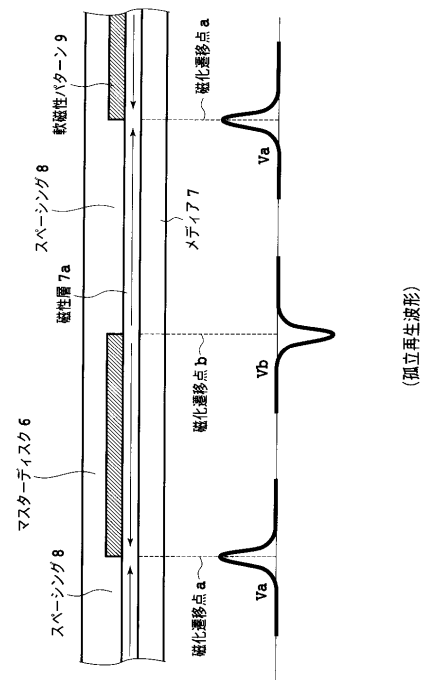
【図 5】



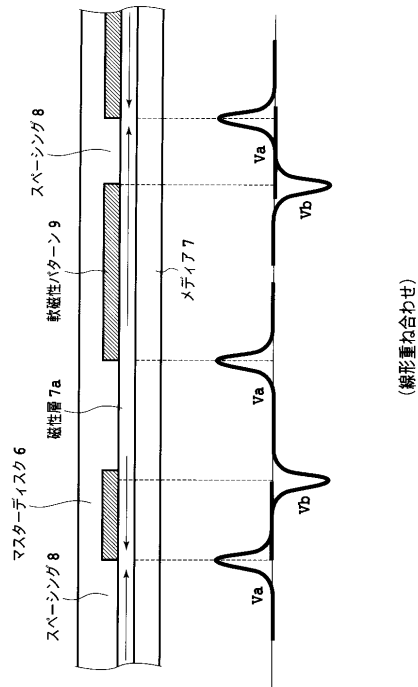
【 図 6 】



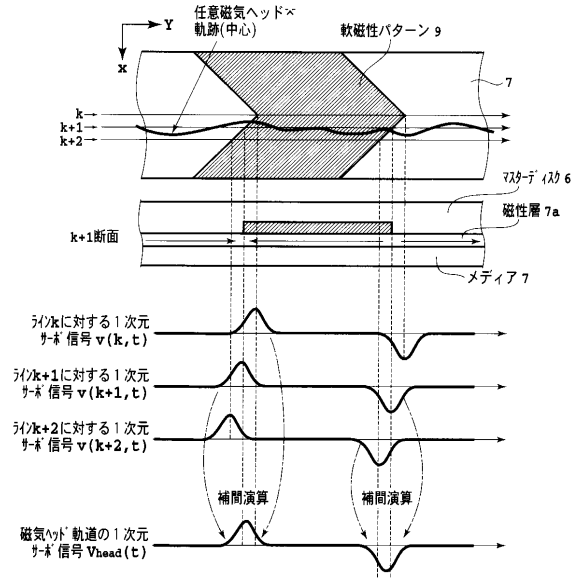
【图 7】



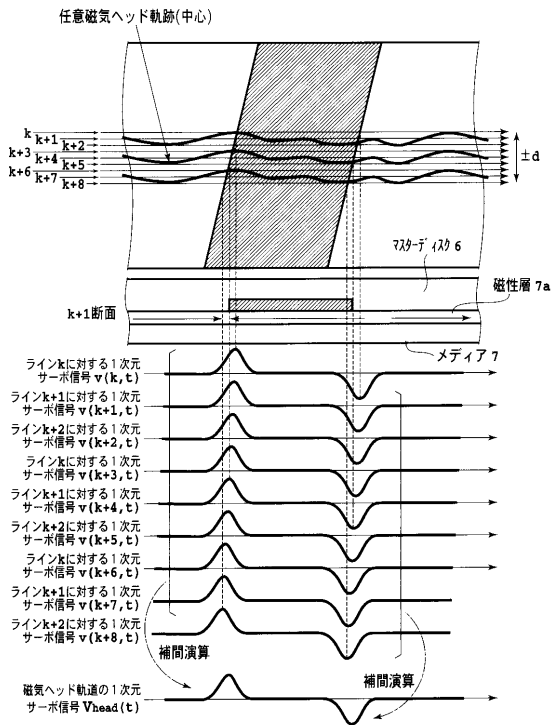
【図 8】



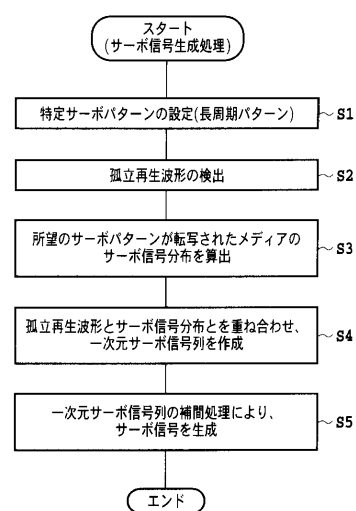
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B5/00～5/024

G11B21/10