

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4807496号
(P4807496)

(45) 発行日 平成23年11月2日(2011.11.2)

(24) 登録日 平成23年8月26日(2011.8.26)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 B 21/08 (2006.01) G 1 1 B 21/08 H

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-349364 (P2005-349364)	(73) 特許権者	390019839
(22) 出願日	平成17年12月2日(2005.12.2)		三星電子株式会社
(65) 公開番号	特開2006-164501 (P2006-164501A)		Samsung Electronics
(43) 公開日	平成18年6月22日(2006.6.22)		Co., Ltd.
審査請求日	平成20年11月28日(2008.11.28)		大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416
(31) 優先権主張番号	10-2004-0100356		416, Maetan-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si,
(32) 優先日	平成16年12月2日(2004.12.2)		Gyeonggi-do, Republic of Korea
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(74) 代理人	110000981
			アイ・ピー・ディー国際特許業務法人
		(74) 代理人	100095957
			弁理士 亀谷 美明
		(74) 代理人	100096389
			弁理士 金本 哲男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハードディスクドライブのトラック探索制御方法、記録媒体、およびハードディスクドライブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するハードディスクドライブのトラック探索制御方法において、

前記周波数についての前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を測定する過程と、

測定された利得歪曲及び位相遅延を複素数を利用して表現する過程と、

前記周波数の正弦波及び前記複素数を利用して、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程と、

前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させる過程と、

前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動する過程と、

を含むことを特徴とする、ハードディスクドライブのトラック探索制御方法。

【請求項2】

前記新たな正弦波を得る過程は、前記複素数を利用してサンプリング周期ごとに前記周波数の理想的な正弦波の大きさ及び位相を補正して、前記新たな正弦波を得ることを特徴とする、請求項1に記載のハードディスクドライブのトラック探索制御方法。

【請求項3】

10

20

前記VCM駆動電流は、位置成分、速度成分及び加速度成分を含み、

前記VCM駆動電流を発生させる過程は、加速度成分についてのみ補償を行うことを特徴とする、請求項1に記載のハードディスクドライブのトラック探索制御方法。

【請求項4】

VCM駆動電流をフィルタリングするノッチフィルタと、前記ノッチフィルタの出力に相当してVCMを駆動するVCMドライバと、を備えるハードディスクドライブのトラック探索制御装置において、

トラック探索距離に相当する理想的な正弦波と、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波形態の加速度軌跡による位置 y^* 、速度 v^* 及び加速度 a^* を演算する正弦波軌跡生成器と、

変換器がディスクで移動する位置 y 、速度 v 及び加速度 a を推定する状態推定器と、

前記位置 y^* から前記推定位置 y を減算して出力させる第1合算器と、

前記第1合算器の結果値に位置補正のための所定の位置利得 K_p を乗算して、位置補正値を生成させるための位置制御利得補償器と、

前記位置補正値と前記速度 v^* とを合算し、前記推定速度 $v(n)$ を減算して出力させる第2合算器と、

前記第2合算器の結果値に速度補正のための所定の速度利得 K_v を乗算して、速度補正値を生成させるための速度制御利得補償器と、

前記速度補正値と前記加速度 a^* とを合算し、前記推定加速度 $a(n)$ を減算してVCM駆動電流 $u(n)$ を生成させる第3合算器と、

を備えることを特徴とする、ハードディスクドライブのトラック探索制御装置。

【請求項5】

前記新たな正弦波は、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を有する複素数の逆数に相当することを特徴とする、請求項4に記載のハードディスクドライブのトラック探索制御装置。

【請求項6】

前記正弦波軌跡生成器は、

トラック探索距離に相当する前記理想的な正弦波形態の加速度軌跡による位置 y^* 及び速度 v^* を演算し、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡による加速度 a^* を演算することを特徴とする、請求項4に記載のハードディスクドライブのトラック探索制御装置。

【請求項7】

トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するハードディスクドライブのトラック探索制御方法を具現するコンピュータで読み取り可能なプログラムコードを記録する記録媒体において、

前記周波数についての前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を測定する過程と、

測定された利得歪曲及び位相遅延を複素数を利用して表現する過程と、

前記周波数の正弦波と前記利得歪曲及び位相遅延を表す複素数とに基づいて、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程と、

前記利得歪曲及び位相遅延を補償した新たな正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させる過程と、

前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動する過程と、

を含むプログラムが記録されたことを特徴とする、記録媒体。

【請求項8】

前記新たな正弦波を得る過程は、前記複素数を利用してサンプリング周期ごとに前記周波数の理想的な正弦波の大きさ及び位相を補正して、前記新たな正弦波を得ることを特徴とする、請求項7に記載の記録媒体。

【請求項9】

10

20

30

40

50

前記VCM駆動電流は、位置成分、速度成分及び加速度成分を含み、

前記VCM駆動電流を発生させる過程は、加速度成分についてのみ補償を行うことを特徴とする、請求項7に記載の記録媒体。

【請求項10】

トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するコントローラを備え、

前記コントローラは、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を表す複素数とを利用して、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得させ、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させ、また、前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動することを特徴とする、ハードディスクドライブ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハードディスクドライブ(HDD)の制御方法、記録媒体及びハードディスクドライブに係り、特に正弦波の加速度軌跡によるトラック探索制御装置において、利得歪曲と位相遅延とを補償するトラック探索制御方法、記録媒体及びハードディスクドライブに関する。

20

【背景技術】

【0002】

記録/再生装置、例えばハードディスクドライブ(HDD)は、回転する記録媒体、例えばディスク上の磁界を感知して磁化させることによって、情報を書き込み/読み出し可能な複数の磁気変換器を備えている。情報は、同心円状のトラック上に保存される。それぞれのトラックは、ディスク番号及びトラック番号を有し、複数のディスクにおいて同じトラック番号を有するトラックをシリンダと称する。したがって、各トラックは、シリンダ番号により定義されることもある。

【0003】

記録/再生装置がHDDである場合、変換器は、典型的にHGA(Head Gimbal Assembly)に組み込まれているスライダ内に統合されている。各HGAは、アクチュエータアームに付着されている。アクチュエータアームは、ボイスコイルモータ(Voice Coil Motor:VCM)を共に特定するマグネチックアセンブリに隣接して位置したボイスコイルを有している。HDDは、典型的にVCMを励起させる電流を供給する駆動回路及びコントローラを備えている。励起されたVCMは、アクチュエータアームを回転させて、変換器をディスクの表面を横切って移動させる。

30

【0004】

情報を書き込み/読み出しするとき、HDDは、変換器を一つのシリンダから他のシリンダに移動させるためのトラック探索制御ルーチンを実行する可能性がある。トラック探索動作中にVCMは、変換器がディスクの表面のあるシリンダから新たなシリンダ位置に移動させるように励起される。コントローラは、例えば変換器が正確に新たなシリンダのトラック中央に移動可能にVCMに印加される電流を制御する。

40

【0005】

このような動作において、可能な限りディスクから/に情報の読み出し/書き込みに必要な時間を最小化させることが望ましい。したがって、HDDにより実行されるトラック探索制御ルーチンは、変換器を最も短い時間内に新たなシリンダ位置に移動させねばならない。さらに、HGAの安定時間は、変換器が速く情報を書き込み/読み出しすることができ、新たなシリンダに隣接して位置させるために最小化されねばならない。

【0006】

従来において、あるトラックから目標トラックに変換器を速く移動させるために、矩形

50

波形態の加速度軌跡を適用してトラック探索制御を実行した。あいにく、矩形波は、高い周波数成分の高調波を含んでおり、このような高い周波数成分の高調波は、HGAで機械的な共振をもたらして機械的な構成要素またはアセンブリを振動させる。これにより、残余振動による聴覚的なノイズ、所望しない振動などがもたらされ、情報を書き込み/読み出しするために必要とする安定時間及び全体的な探索時間の両方を増加させるという問題点があった。

【0007】

このような問題点を解決するために開発された技術が、正弦波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御方法である。正弦波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御器は、矩形波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御方法に比べて振動及びノイズ側面で有利である。なお、正弦波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御に関しては、特許文献1～4に開示されている。

10

【0008】

図1は、従来の正弦波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御装置の構成を示す図面である。

【0009】

図1に示したトラック探索制御器100は、正弦波軌跡生成器102、ノッチフィルタ116、VCMドライバ122、HGA128及び状態推定器104を備える。

【0010】

図1に示したトラック探索制御器100は、変換器を第1トラックからトラック探索距離 X_{SK} ほど離れた目標トラックに移動させるトラック探索制御ルーチンを実行する。

20

【0011】

正弦波軌跡生成器102は、各サンプリング周期 n ごとに正弦波形態の加速度軌跡による位置 $y^*(n)$ 、速度 $v^*(n)$ 及び加速度 $a^*(n)$ を発生させる。

【0012】

正弦波形態の加速度軌跡による位置 $y^*(n)$ 、速度 $v^*(n)$ 及び加速度 $a^*(n)$ は、次の式1により決定される。

【0013】

【数1】

30

$$\begin{bmatrix} X_{\cos}(n) \\ X_{\sin}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & -\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \\ \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{\cos}(n-1) \\ X_{\sin}(n-1) \end{bmatrix}$$

$$a^*(n) = K_{AM} I_M X_{\sin}(n), \quad I_M = \frac{2\pi X_{SK}}{K_A T_{SK}^2}$$

40

$$v^*(n) = K_{AM} \frac{T_{SK}}{2\pi} [1 - X_{\cos}(n)]$$

$$y^*(n) = K_{AM} \frac{T_{SK}}{2\pi} \left[\frac{T_{SK}}{N_{SK}} n - \frac{T_{SK}}{2\pi} X_{\sin}(n) \right]$$

… (式1)

【0014】

正弦波形態の加速度軌跡を発生させるための \sin 関数及び \cos 関数値を得るために

50

、 \sin 関数及び \cos 関数をサンプリング周期 n に合わせてサンプリングしてROM (Read Only Memory) テーブルに保存し、サンプリング周期 n に合わせて読み取ることができる。

【0015】

しかし、ある位相での \sin 関数及び \cos 関数は、他の位相での \sin 関数及び \cos 関数により得られることが周知されている。したがって、最初のサンプリング周期での \sin 関数及び \cos 関数の値をROMテーブルに保存し、数式1の最上に示すような \sin/\cos 計算式を使用し、あるサンプリング周期 n での \sin 関数及び \cos 関数値を算出することによって、ROMテーブルの必要な容量を低減できる。

【0016】

ROMテーブルは、代表的な幾つかの周波数、すなわち代表周波数についての最初のサンプリング周期での \sin 関数及び \cos 関数値を保存する。代表周波数の間の周波数についての最初の周期の \sin 関数及び \cos 関数値は、補間により決定される。ここで、周波数は、トラック探索距離及び探索時間に対応する。すなわち、トラック探索距離が与えられれば、これにより、探索時間、すなわち正弦波信号の周波数が決定される。

【0017】

前記の式1において、定数 K_A 、 I_M 、 X_{SK} 及び T_{SK} は、それぞれ加速度定数、最大電流値、トラック探索距離及びトラック探索時間を表す。トラック探索時間(あるいは、探索周波数)は、トラック探索距離、ノッチフィルタ116及びVCMドライバ122についての理想化された対積分器モデル、電流及び電圧制限を考慮して予め計算され、ROMテーブルに保存されて使われる。

【0018】

図1に示すように、このような従来のシステムにおいて、加速度軌跡 a 、速度軌跡 v 及び位置軌跡 y は、上記式1により得られる。時間軸は、トラック探索時間 T_{SK} に基づいたものである。与えられたトラック探索時間 T_{SK} を1に仮定すれば、加速度軌跡 a 、速度軌跡 v 及び位置軌跡 y は、式1により得られる。

【0019】

トラック探索時間 T_{SK} は、正弦波形態の加速度軌跡 a の一週りに相当する。ここで、変換器は、トラック探索時間 T_{SK} の間に加速度軌跡 a を有するようにトラック探索距離 X_{SK} まで移動する。

【0020】

加速度定数 K_A 、最大電流値 I_M 、トラック探索距離 X_{SK} 及びトラック探索時間 T_{SK} の関係は、次の式2で表現される。

【0021】

【数2】

$$T_{SK} = \sqrt{\frac{2\pi}{K_A I_M} X_{SK}}$$

… (式2)

【0022】

上記式2は、トラック探索時間 T_{SK} がトラック探索距離 X_{SK} に対してルートの関係性を有することを表す。

【0023】

図2は、トラック探索時間 T_{SK} とトラック探索距離 X_{SK} とを比較したことを示す図面である。

【0024】

状態推定器104は、変換器の以前のサンプリング周期 $n-1$ 、 $n-2$ 、…での位置及び現在のサンプリング周期 n での位置を参照して、変換器の推定位置 $y(n)$ 及び推定速

10

20

30

40

50

度 $v(n)$ を出力する。

【0025】

ディスクのセクタに記録されたグレーコードは、トラックの位置、すなわちトラック番号を得るために利用され、ディスク上で移動する変換器により読み取られる。変換器を通じて読み取られたグレーコードは、状態推定器 104 に提供される。

【0026】

図 1 に示した装置において、ノッチフィルタ 116 に印加される VCM 駆動電流 $u(n)$ は、次の式 3 により決定される。

【0027】

【数 3】

$$u(n) = a^*(n) + K_v(v^*(n) - v(n)) + K_v K_p(y^*(n) - y(n)) \quad \dots (式 3)$$

10

【0028】

トラック探索時の振動及びノイズを減らすように、式 3 により誘導される VCM 駆動電流は、ノッチフィルタ 116 を通過させて VCM ドライバ 106 に印加する。このようなシステムにおいて、ノッチフィルタ 116 は、各周波数での共振をよく抑制可能に設計される。ここで、ノッチフィルタ 116 及び VCM ドライバ 126 は、探索軌跡の設計の複雑性を避けるために、通常、定数の利得として表現される。そして、HGA 128 は、VCM、アーム、ヘッド及びディスクからなり、ヘッドを特定の位置に移動させるように、VCM に作用する電流によりアームが移動してディスクに書き込まれたトラックの位置を読み取り、探索軌跡の設計の複雑性を避けるために、通常、対積分器モデルとして表現される。

20

【0029】

【特許文献 1】特開 2002 - 133799 号公報

【特許文献 2】特開平 2 - 7506 号公報

【特許文献 3】特開平 10 - 241306 号公報

【特許文献 4】大韓民国特許公開公報 2004 - 52273 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0030】

しかし、図 1 に示した装置による変換器の移動において、ノッチフィルタ 116 及び VCM ドライバ 126 による利得歪曲及び位相遅延が表れる。その理由は、上記式 1 によるトラック探索制御は、ノッチフィルタ 116、VCM ドライバ 126 及び HGA 128 を合わせて対積分器モデルを仮定して設計されるが、ノッチフィルタ 116 及び VCM ドライバ 126 による利得歪曲及び位相遅延により、ノッチフィルタ 116、VCM ドライバ 126 及び HGA 128 を備える実際のシステムは、理想的な対積分器モデルとは実際に差が発生するためである。

40

【0031】

図 3 A 及び図 3 B は、ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延を示す図面である。図 3 A において、参照符号 302、304 は、それぞれノッチフィルタ 116 及び VCM ドライバ 126 の利得特性を示すものであり、参照符号 306 は、ノッチフィルタ 116 及び VCM ドライバ 126 の両方による全体の利得特性を示すものである。図 3 A を参照すれば、低い周波数においては理想的な利得特性を示すが、周波数が高くなるほど、すなわちトラック探索距離が狭くなるほど、利得歪曲が大きくなるということが分かる。

【0032】

一方、図 3 B において、参照符号 312、314 は、それぞれノッチフィルタ 116 及

50

びVCMドライバ126の位相特性を示すものであり、参照符号316は、ノッチフィルタ116及びVCMドライバ126の両方による全体の位相特性を示すものである。図3Bを参照すれば、低い周波数においては理想的な位相特性を示すが、周波数が高くなるほど、すなわちトラック探索距離が狭くなるほど、位相歪曲が大きくなるということが分かる。

【0033】

ノッチフィルタ及びVCMドライバによる実際の利得歪曲及び位相遅延は、理想的なモデルと実際システムとの差を誘発して、変換器が正しい軌跡に沿って動くことを妨害する。

【0034】

このような非理想的なノッチフィルタ及びVCMドライバによるエラーを解決するために、高利得の制御器、すなわち感度が非常に鋭敏な制御器を使用するか、または保守的な基準軌跡、すなわち相対的に遅い軌跡によって制御されるように設計することが講じられる。しかし、従来に係る高利得の制御器は、ノイズと共に全体システムを不安定にする。したがって、従来の標準軌跡の設計は、探索時間を遅延させるという問題点がある。

【0035】

本発明の目的は、ハードディスクドライブの正弦波形態の加速度軌跡によるトラック探索制御方法において、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を効率的に補償するトラック探索制御方法、装置及び記録媒体を提供するところにある。

【課題を解決するための手段】

【0036】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点によれば、HDDのトラック探索制御方法は、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するHDDのトラック探索制御方法において、前記周波数についての前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を測定する過程、測定された利得歪曲及び位相遅延を複素数を利用して表現する過程、前記周波数の正弦波及び前記複素数を利用して、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させる過程、及び前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動する過程を含むことを特徴とする。

【0037】

ここで、前記新たな正弦波を得る過程は、前記複素数を利用してサンプリング周期ごとに前記周波数の理想的な正弦波の大きさ及び位相を補正して、前記新たな正弦波を得ることが望ましい。

【0038】

また、前記VCM駆動電流は、位置成分、速度成分及び加速度成分を含み、前記VCM駆動電流を発生させる過程は、加速度成分についてのみ補償を行うことが望ましい。

【0039】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、トラック探索制御装置は、VCM駆動電流をフィルタリングするノッチフィルタと、前記ノッチフィルタの出力に相当してVCMを駆動するVCMドライバと、を備えるHDDのトラック探索制御装置において、トラック探索距離に相当する理想的な正弦波と、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波形態の加速度軌跡による位置 y^* 、速度 v^* 及び加速度 a^* を演算する正弦波軌跡生成器、変換器がディスクで移動する位置 y 、速度 v 及び加速度 a を推定する状態推定器、前記位置 y^* から前記推定位置 y を減算して出力させる第1合算器、前記第1合算器の結果値に位置補正のための所定の位置利得 K_p を乗算して、位置補正值を生成させるための位置制御利得補償器、前記位置補正值と前記速度 v^* とを合算し、前記推定速度 $v(n)$ を減算して出力させる第2合算器、前記第2合算器の結果値に速度補正のための所定の速度利得 K_v を乗算して、速度補

10

20

30

40

50

正值を生成させるための速度制御利得補償器，及び前記速度補正值と前記加速度 a^* とを合算し，前記推定加速度 $a(n)$ を減算して VCM 駆動電流 $u(n)$ を生成させる第 3 合算器を備えることを特徴とする。

【0040】

ここで，前記新たな正弦波は，前記ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延を有する複素数の逆数に相当することが望ましい。

【0041】

また，前記正弦波軌跡生成器は，トラック探索距離に相当する前記理想的な正弦波形態の加速度軌跡による位置 y^* 及び速度 v^* を演算し，前記新たな正弦波形態の加速度軌跡による加速度 a^* を演算することが望ましい。

10

【0042】

また，上記課題を解決するために，本発明の別の観点によれば，HDD は，所定の情報を保存するディスク，前記ディスクを回転させるスピンドルモータ，前記ディスクにノッチ情報を書き込みノッチ読み出しする変換器，前記変換器を前記ディスクの表面を横切って移動させる VCM を駆動する VCM ドライバ，前記 VCM を駆動するための VCM 駆動電流をフィルタリングして，前記 VCM ドライバに印加するノッチフィルタ，及びトラック探索距離に相当する理想的な正弦波と，前記ノッチフィルタ及び前記 VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波形態の加速度軌跡によって前記変換器を移動させるように，前記 VCM 駆動電流を発生させるコントローラを備え，前記コントローラは，トラック探索距離に相当する周波数についての前記ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延を測定する過程，測定された利得歪曲及び位相遅延を有する複素数から，前記周波数についての利得歪曲及び位相遅延を補償した新たな正弦波を得る過程，前記新たな正弦波形態の加速度軌跡による VCM 駆動電流を発生させる過程，及び前記 VCM 駆動電流を，前記ノッチフィルタを通じて前記 VCM ドライバに印加して VCM アクチュエータを駆動する過程を行うことを特徴とする。

20

【0043】

また，上記課題を解決するために，本発明の別の観点によれば，記録媒体は，トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡による VCM 駆動電流を発生させ，前記 VCM 駆動電流を，ノッチフィルタを通じて VCM アクチュエータを駆動する VCM ドライバに印加する HDD のトラック探索制御方法を具現するコンピュータで読み取り可能なプログラムコードを記録する記録媒体において，前記周波数についての前記ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延を測定する過程，測定された利得歪曲及び位相遅延を複素数を利用して表現する過程，前記周波数の正弦波と，前記利得歪曲及び位相遅延を表す複素数とに基づいて，利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程，前記利得歪曲及び位相遅延を補償した新たな正弦波形態の加速度軌跡による VCM 駆動電流を発生させる過程，及び前記 VCM 駆動電流を，前記ノッチフィルタを通じて前記 VCM ドライバに印加して VCM アクチュエータを駆動する過程を含むプログラムが記録されたことを特徴とする。

30

【0044】

ここで，前記新たな正弦波を得る過程は，前記複素数を利用してサンプリング周期ごとに前記周波数の理想的な正弦波の大きさ及び位相を補正して，前記新たな正弦波を得ることが望ましい。

40

【0045】

また，前記 VCM 駆動電流は，位置成分，速度成分及び加速度成分を含み，前記 VCM 駆動電流を発生させる過程は，加速度成分についてのみ補償を行うことが望ましい。

【0046】

また，上記課題を解決するために，本発明の別の観点によれば，記録/再生装置は，他の正弦波と，ドライバ及びフィルタの利得歪曲及び位相遅延に相当する複素数とを利用して，前記利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る手段，前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用して駆動電流を発生させる手段，及び前記駆動電流を，前記フィ

50

ルタを通じて前記ドライバに印加してアクチュエータを駆動する手段を備えることを特徴とする。

【0047】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDの制御方法は、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するHDDの制御方法において、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延に相当する複素数とを利用して、前記利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用して、前記VCM駆動電流を発生させる過程、及び前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してアクチュエータを駆動する過程を含むことを特徴とする。

10

【0048】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDは、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するコントローラを備え、前記コントローラは、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を表す複素数とを利用して、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させ、また、前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動することを特徴とする。

20

【0049】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDの制御方法は、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するHDDの制御方法において、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲に相当する複素数とを利用して、利得歪曲が補償された新たな正弦波を得る過程、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用して、前記VCM駆動電流を発生させる過程、及び前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してアクチュエータを駆動する過程を含むことを特徴とする。

30

【0050】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDの制御方法は、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するHDDの制御方法において、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる位相遅延に相当する複素数とを利用して、位相遅延が補償された新たな正弦波を得る過程、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡を利用して、前記VCM駆動電流を発生させる過程、及び前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してアクチュエータを駆動する過程を含むことを特徴とする。

40

【0051】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDは、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するコントローラを備え、前記コントローラは、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲を表す複素数とを利用して、利得歪曲が補償された新たな正弦波を得、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させ、また、前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて

50

前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動することを特徴とする。

【0052】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、HDDは、トラック探索距離に相当する周波数を有する正弦波形態の加速度軌跡を利用してVCM駆動電流を発生させ、前記VCM駆動電流を、ノッチフィルタを通じてVCMアクチュエータを駆動するVCMドライバに印加するコントローラを備え、前記コントローラは、前記周波数の正弦波と、前記ノッチフィルタ及びVCMドライバによる位相遅延を表す複素数とを利用して、位相遅延が補償された新たな正弦波を得、前記新たな正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を発生させ、また、前記VCM駆動電流を、前記ノッチフィルタを通じて前記VCMドライバに印加してVCMアクチュエータを駆動することを特徴とする。

10

【0053】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を補償するハードディスクドライブ、方法及び記録媒体を提供する。

【発明の効果】

【0054】

以上説明したように、本発明によれば、HDDのトラック探索制御方法において、VCM駆動電流で利得歪曲及び位相遅延を補償することによって、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を効率的に補償する。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0055】

以下、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の説明及び添付図面において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付することにより、重複説明を省略する。

【0056】

本発明の特徴及び長所は、添付された図面を参照して説明する次の実施形態から明白かつ容易に分かる。

【0057】

添付された図面に示す本発明の実施形態についての参照が詳細に行われ、ここで、類似した参照符号は類似した構成要素を表す。図面を参照することによって本発明を説明するために、実施形態が後述される。

30

【0058】

図4は、本発明の一実施例によるトラック探索制御方法を示す図面である。図4に示すように、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延が複素数 $C(j2\pi f)$ で表現されるとき、ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を防止するように、VCM駆動信号 $u(n)$ がノッチフィルタに印加される前に $1/C(j2\pi f)$ ほど補償される。

【0059】

ノッチフィルタ及びVCMドライバの両方による全体の利得歪曲 mag_tot 及び全体の位相遅延 pha_tot は、ノッチフィルタ及びVCMドライバが直列に連結されているので、それぞれ以下のように表すことができる。

40

【0060】

$$mag_tot = mag_not * mag_vcm$$

$$pha_tot = pha_not + pha_vcm + pha_compdly$$

【0061】

ここで、 mag_not 、 mag_vcm は、それぞれノッチフィルタによる利得歪曲及びVCMドライバによる利得歪曲を表す。また、 pha_not 、 pha_vcm 、 $pha_compdly$ は、それぞれノッチフィルタによる位相遅延、VCMドライバによる位相遅延及び演算時間遅延による位相遅延を表す。

【0062】

50

利得歪曲及び位相遅延 $C(j2\pi f)$ は、次の式 4 のように表れる。

【 0 0 6 3 】

【 数 4 】

$$C(j2\pi f) = \text{mag_tot}(f) \exp^{j2\pi \text{pha_tot}(f)} \quad \dots \text{(式 4)}$$

【 0 0 6 4 】

また、利得歪曲及び位相遅延 $C(j2\pi f)$ を補償するための補償値 $V(j2\pi f)$ は、次の式 5 のように表れる。

10

【 0 0 6 5 】

【 数 5 】

$$V = \frac{1}{C} = \frac{1}{\text{mag_tot}(f) \exp^{j2\pi \text{pha_tot}(f)}}$$

$$\text{Re}(V(j2\pi f)) = \frac{1}{\text{mag_tot}(f)} \cos(2\pi \text{pha_tot}(f))$$

$$\text{Im}(V(j2\pi f)) = - \frac{1}{\text{mag_tot}(f)} \sin(2\pi \text{pha_tot}(f)) \quad \dots \text{(式 5)}$$

20

【 0 0 6 6 】

ここで、 $\text{Re}(V(j2\pi f))$ 及び $\text{Im}(V(j2\pi f))$ は、理想的なモデルに基づいた基準正弦波についての利得及び位相歪曲の複素数表現を表す。すなわち、利得歪曲及び位相遅延値 $C(j2\pi f)$ から、利得歪曲及び位相遅延を補償するための複素数 $1/C(j2\pi f)$ を得ることができる。

【 0 0 6 7 】

30

上記式 1 を参照して、前述した正弦波の加速度軌跡による位置 $y^*(n)$ 、速度 $v^*(n)$ 及び加速度 $a^*(n)$ を得るための理想的な正弦波と、利得歪曲及び位相遅延を表す複素数値 $1/C(j2\pi f)$ とを利用して新たな正弦波が生成される。この新たな正弦波により生成された新たな加速度軌跡は、ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延 $C(j2\pi f)$ を補償するための VCM 駆動信号 $u^*(n)$ を発生させるのに利用できる。

【 0 0 6 8 】

すなわち、利得歪曲及び位相遅延が発生しても、変更された VCM 駆動電流 $u^*(n)$ は、利得歪曲及び位相遅延 $C(j2\pi f)$ に相当する値ほど補償できる。したがって、トラック探索制御は、依然として例えば、理想的な正弦波形態の加速度軌跡による VCM 駆動電流 $u(n)$ を利用して行われうる。

40

【 0 0 6 9 】

利得歪曲及び位相遅延は、加速度 a^* によってのみ補償できる。それは、利得歪曲及び位相遅延は、ノッチフィルタ及び VCM ドライバよりは位置 y^* 及び速度 v^* での変更によりさらに大きく変化するため、加速度 a^* を補償することにより得られる効果が十分であるためである。

【 0 0 7 0 】

次に、図 5 は、本発明の一実施例によるトラック探索制御方法を示すフローチャートである。

【 0 0 7 1 】

50

図5に示すように、利得歪曲及び位相遅延、及び演算時間による位相遅延を測定する(S502)。ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延は、それぞれノッチフィルタ及びVCMドライバに印加される正弦波信号の周波数をスイープしつつ出力を測定することによって分かる。利得歪曲及び位相遅延を測定することにより、図3A及び図3Bに示したような利得特性及び位相特性が得られる。

【0072】

ステップS502の測定結果から、トラック探索時間 T_{SK} についての利得歪曲及び位相遅延を表す複素数 $C(j2\pi f)$ を求める(S504)。

【0073】

本発明の実施形態において、代表周波数についての複素数 $C(j2\pi f)$ の逆数 $V(j2\pi f)$ を得る。具体的に、 $V(j2\pi f)$ の実数部 $Re(V(j2\pi f))$ 及び虚数部 $Im(V(j2\pi f))$ を求め、それをトラック探索時間 T_{SK} 別にメモリ、例えばROMテーブルに保存する(S506)。

【0074】

トラック探索時間 T_{SK} についての利得歪曲及び位相遅延を補償するための正弦波、すなわち $\cos(p(T_{SK}))$ 及び $\sin(p(T_{SK}))$ は、次の式6のように決定される。

【0075】

【数6】

$$\cos(p(T_{SK})) = \frac{1}{\text{mag_tot}(\frac{1}{T_{SK}})} \cos(2\pi \text{pha_tot}(\frac{1}{T_{SK}}))$$

$$\sin(p(T_{SK})) = - \frac{1}{\text{mag_tot}(\frac{1}{T_{SK}})} \sin(2\pi \text{pha_tot}(\frac{1}{T_{SK}}))$$

…(式6)

【0076】

トラック探索時間 T_{SK} についての利得歪曲及び位相遅延の補償値に相当する複素数の $V(2\pi/N_{SK})$ の実数部 $\cos(p(T_{SK}))$ 及び虚数部 $\sin(p(T_{SK}))$ は、代表探索時間についてサンプリングされてROMテーブルに保存される。ROMテーブルには、理想的な正弦波の生成のための $\cos(2\pi/N_{SK})$ 、 $\sin(2\pi/N_{SK})$ 及び利得歪曲及び位相遅延の補償値を表す $\cos(p(T_{SK}))$ 、 $\sin(p(T_{SK}))$ がトラック探索時間 N_{SK} (あるいは T_{SK})別に(あるいは、周波数別に)保存される。

【0077】

実際においては、代表のトラック探索時間 $T_{SK}(N_{SK})$ についての最初のサンプリング周期での $\cos(2\pi/N_{SK})$ 、 $\sin(2\pi/N_{SK})$ 、利得歪曲及び位相遅延の補償値 $\cos(p(T_{SK}))$ 、 $\sin(p(T_{SK}))$ の値のみを保存し、他の探索時間及び2番目以後のサンプリング周期については、数式7のように \sin/\cos の関係及び補間を利用して得られる。

【0078】

トラック探索時間 T_{SK} についてのそれぞれのサンプリング周期で、利得歪曲及び位相遅延が補償されたVCM駆動電流 $u^*(n)$ を得る(S508)。VCM駆動電流 $u^*($

10

20

30

40

50

n) は、位置命令 $y^*(n)$ 、速度命令 $v^*(n)$ 、加速度命令 $a^*(n)$ 、実在位置 $y(n)$ 及び速度の推定値 $v(n)$ の成分から構成される。ここで、数式 1 のように位置命令 $y^*(n)$ 及び速度命令 $v^*(n)$ を計算するための理想的な正弦波と、利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな加速度命令 $a^*(n)$ を計算するための新たな正弦波とが数式 7 によってそれぞれ計算され、VCM 駆動信号を発生させることによって、ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延 $C(j\omega)$ を補償する。

【0079】

【数 7】

$$\begin{bmatrix} X_{\cos}(n) \\ X_{\sin}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & -\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \\ \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{\cos}(n-1) \\ X_{\sin}(n-1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_{\cos}(n) \\ \bar{X}_{\sin}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(p) & -\sin(p) \\ \sin(p) & \cos(p) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{\cos}(n-1) \\ X_{\sin}(n-1) \end{bmatrix}, n=1, 2, \dots, N_{SK}$$

$$a^*(n) = K_{AM} \bar{X}_{\sin}(n), I_M = \frac{2\pi X_{SK}}{K_A T_{SK}^2}$$

$$v^*(n) = K_{AM} \frac{T_{SK}}{2\pi} [1 - X_{\cos}(n)]$$

$$y^*(n) = K_{AM} \frac{T_{SK}}{2\pi} \left[\frac{T_{SK}}{N_{SK}} n - \frac{T_{SK}}{2\pi} X_{\sin}(n) \right]$$

… (式 7)

【0080】

利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波は、式 7 に示すように、上記式 1 で使われた理想的な正弦波と、利得歪曲及び位相遅延の補償のための複素数とを利用して、正弦波の大きさ及び位相を修正して得られる。本発明によるトラック探索制御方法においては、代表探索時間についての利得歪曲及び位相遅延の補償値を ROM テーブルに保存し、上記式 7 に示すように、与えられた探索時間について理想的な正弦波と、利得歪曲及び位相遅延を補償する複素数とを利用して、サンプリング周期ごとに利得歪曲及び位相遅延が補償された新たな正弦波を得る。このような方法は、与えられたトラック探索時間 T_{SK} において、正弦波信号の一週期間の利得歪曲及び位相遅延をいずれも使用しなくてもよいので、ROM テーブルの容量を低減できる。

【0081】

利得歪曲及び位相遅延が補償された VCM 駆動電流 $u^*(n)$ をノッチフィルタ及び VCM ドライバに印加する (S510)。

【0082】

図 5 に示した本発明の一実施例によるトラック探索制御方法によれば、ノッチフィルタ及び VCM ドライバによる利得歪曲及び位相遅延 $C(j\omega)$ を予め補償して VCM 駆動電流 $u^*(n)$ を発生させることによって、結果的に理想的な正弦波形態の加速度軌跡による VCM 駆動電流 $u(n)$ によりトラック探索制御が行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

一方、上記式 1 及び上記式 7 を比較すれば、本発明の実施形態において、VCM 駆動電流中で加速度 $a^*(n)$ についてのみ補償が行われるということが分かる。それは、利得歪曲及び位相遅延は、ノッチフィルタ及びVCMドライバよりは位置 y^* 及び速度 v^* での変更によりさらに大きく変化するため、加速度 a^* を補償することにより得られる効果が十分であるためである。

【 0 0 8 4 】

図 6 は、本発明の実施形態による HDD 10 の概略的な構成を示す図面である。図 6 に示した HDD 10 は、スピンドルモータ 14 により回転される少なくとも一つのディスク 12 を備えている。また、HDD

10

10 は、ディスク 12 の表面に隣接して位置した変換器 16 を備えている。

【 0 0 8 5 】

変換器 16 は、ディスク 12 の磁界を感知して磁化させることによって、回転するディスク 12 から / に情報を読み出し / 書き込みできる。典型的に、変換器 16 は、各ディスク 12 の表面に結合されている。たとえ単一の変換器 16 で図示して説明しているとしても、これは、ディスク 12 を磁化させるための記録用の変換器及びディスク 12 の磁界を感知するための分離された読み取り用の変換器からなると理解せねばならない。読み取り用の変換器は、磁気抵抗 (Magnetoresistive: MR) 素子から構成される。

20

【 0 0 8 6 】

変換器 16 は、スライダ 20 に統合されうる。スライダ 20 は、変換器 16 とディスク 12 の表面との間に空気軸受を生成させる構造でなっている。スライダ 20 は、HGA 22 に結合されている。HGA 22 は、ボイスコイル 26 を有するアクチュエータアーム 24 に付着されている。ボイスコイル 26 は、VCM 30 を特定するマグネチックアセンブリ 28 に隣接して位置している。ボイスコイル 26 に供給される電流は、軸受アセンブリ 32 についてアクチュエータアーム 24 を回転させるトルクを発生させる。アクチュエータアーム 24 の回転は、ディスク 12 の表面を横切って変換器 16 を移動させる。

【 0 0 8 7 】

情報は、典型的にディスク 12 の環状トラック内に保存される。各トラック 34 は、一般的に複数のセクタを備えている。各セクタは、データフィールド及び識別フィールドを備えている。識別フィールドは、セクタ及びトラック (シリンダ) を識別するグレーコードで構成されている。変換器 16 は、他のトラックにある情報を読み取り / 記録するためにディスク 12 の表面を横切って移動する。

30

【 0 0 8 8 】

図 7 は、本発明の実施形態による HDD 10 を制御することが可能な電気システム 40 を示す図面である。図 7 に示した電気システム 40 は、リード / ライト (R/W) チャンネル 44 及びプリアンプ回路 46 により変換器 16 に結合されたコントローラ 42 を備えている。コントローラ 42 は、例えばデジタル信号プロセッサ (Digital Signal Processor: DSP)、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラなどである。コントローラ 42 は、ディスク 12 から / に情報を読み取り / 記録するために R/W チャンネル 44 に制御信号を供給する。情報は、典型的に R/W チャンネルからホストインターフェース回路 54 へ伝送される。ホストインターフェース回路 54 は、PC (Personal Computer) のようなシステムにインターフェースするためのバッファメモリ及び制御回路を備えている。

40

【 0 0 8 9 】

また、コントローラ 42 は、ボイスコイル 26 に駆動電流を供給する VCM ドライバ 48 に結合されている。コントローラ 42 は、VCM の励起及び変換器 16 の移動を制御するために、VCM ドライバ 48 に制御信号を供給する。

【 0 0 9 0 】

コントローラ 42 は、ROM またはフラッシュメモリ素子 50 のような不揮発性メモリ

50

及びRAM (Random Access Memory) 素子52に結合されている。メモリ素子50, 52は, ソフトウェアルーチンを実行させるために, コントローラ42により使われる命令語及びデータを含んでいる。ソフトウェアルーチンの一つとして, 一つのトラックから他のトラックに変換器16を移動させる探索制御ルーチンがある。探索制御ルーチンは, 変換器16を正確なトラックに移動させることを保障するためのサーバ制御ルーチンを備えている。一実施形態として, メモリ素子50には, 図5と上記式4~式7による利得歪曲及び位相遅延が補償された正弦波形態の加速度軌跡によるVCM駆動電流を生成させるための実行コード, ROMテーブルが保存される。

【0091】

図8は, 本発明の実施形態によるトラック探索制御装置800を示す図面である。図8に示したトラック探索制御装置800は, ハードウェア及び図7に示したコントローラ42により実行されるソフトウェアで具現されうる。本発明の実施形態によれば, 図8に示したトラック探索制御装置800は, 変換器16をディスク12の目標トラックに正確に位置させる。

10

【0092】

コントローラ42は, 変換器16を現在トラックからトラック探索距離 X_{sk} に位置した目標トラックに移動させる探索制御ルーチンを実行する。現在トラックと目標トラックとの間に位置した一つまたはそれ以上のトラックのグレーコードは, ディスク16を横切って動く変換器により読み取られる。これは, 変換器16がトラックを横切って目標速度及び加速度で動くかを周期的にコントローラ42が決定するのに利用される。

20

【0093】

図8に示したトラック探索制御装置800は, ソフトウェア及びハードウェアで構成された状態推定器804を備える。変換器16の位置がグレーコードにより知られても, 変換器16の実際位置は, グレーコードにより表れる位置と異なる。変換器16の実際位置とグレーコードにより表れる位置との差は, 推定により把握される。

【0094】

状態推定器804は, 変換器16の以前のサンプリング周期 $(n-1)$, $(n-2)$, ...での位置及び現在のサンプリング周期 (n) での位置から, 変換器16の推定位置 $y(n)$ を決定する。なお, HDDのトラック探索制御に使われる状態推定器804での推定動作に関しては, 大韓民国特許公開公報2004-55273号に詳細に開示される。

30

【0095】

また, 状態推定器804は, 推定位置 $y(n)$ から変換器16の推定速度 $v(n)$ 及び推定加速度 $a(n)$ を決定できる。

【0096】

変換器16が新たなトラック位置に移動する間に, グレーコードは周期的にサンプリングされうる。したがって, コントローラ42は, 変換器16の移動を正確に制御できる。本発明の実施形態によれば, VCM駆動電流 $u^*(n)$ 及び位置 y が状態推定器804に入力され, ここで, 位置 y は, $1/T_s$ のサンプリング間隔でADC822及びサーボ復調器824によりサンプリングされる。

【0097】

正弦波軌跡生成器802は, 変換器16がトラック34のグレーコードを読み取るたびに, 上記式4~式7から誘導した加速度軌跡, 及び加速度軌跡を積分して得た速度軌跡及び位置軌跡から変換器16の位置 $y^*(n)$, 速度 $v^*(n)$ 及び加速度 $a^*(n)$ を計算する。

40

【0098】

第1合算器806は, 位置 $y^*(n)$ から推定位置 $y(n)$ を減算する。そして, 位置制御利得補償器808は, 第1合算器806で演算された位置 y^* と推定位置 $y(n)$ との差に, 位置補正のための位置利得 k_p を乗算した位置補正值を生成させる。

【0099】

次いで, 第2合算器810は, 位置制御利得補償器808で生成された位置補正值に速

50

度値 $v^*(n)$ を加算した後、推定速度 $v(n)$ を減算する。

【0100】

これにより、速度制御利得補償器 812 は、第 2 合算器 810 で演算された速度 $v^*(n)$ と推定速度 $v(n)$ との差に、速度補正のための速度利得 k_v を乗算した速度補正值を生成させる。

【0101】

次いで、第 3 合算器 814 は、速度補正值と加速度 $a^*(n)$ とを加算して、利得歪曲及び位相遅延が補償された VCM 駆動電流 $u^*(n)$ を生成させる。

【0102】

VCM 駆動電流 $u^*(n)$ は、ノッチフィルタ 816 を通じてフィルタリングされた後で VCM ドライバ 826 に印加される。これにより、VCM ドライバ 826 は、入力される VCM 駆動電流 $u^*(n)$ に基づいてボイスコイルに供給される電流を可変させて、結果的に変換器 16 の移動を変更させる。

10

【0103】

第 4 合算器 815 は、VCM 駆動電流 $u^*(n)$ にキャリブレーションされたバイアスを合算させる。バイアスは、ディスク上の位置によって変換器 16 が受ける力をいう。第 4 合算器 815 の出力は、ノッチフィルタ 816、DAC 820、及び選択的に VCM 駆動器 826 及び HDA 828 に提供される。

【0104】

図 8 に示した装置において、正弦波軌跡生成器 802 は、利得歪曲及び位相遅延補償器 830 により、図 8 に示すように、ノッチフィルタ 816 及び VCM ドライバ 826 による利得歪曲及び位相遅延を予め補償した正弦波軌跡による加速度 $a^*(n)$ を発生させる。その結果、VCM ドライバ 826 から出力される VCM 駆動電流 $u(n)$ は、利得歪曲及び位相遅延が補償された、すなわち理想的な正弦波形態の加速度軌跡によって発生したものとなる。

20

【0105】

なお、上述した、本発明の実施形態は、方法、装置、システムなどとして実行されうる。ソフトウェアで実行されるとき、本発明の構成手段は、必然的に必要な作業を実行するコードセグメントである。プログラムまたはコードセグメントは、プロセッサで読み取り可能な媒体に保存され、または伝送媒体または通信網で搬送波と結合されたコンピュータデータ信号により伝送されうる。プロセッサで読み取り可能な媒体は、情報を保存または伝送できるいかなる媒体も含む。プロセッサで読み取り可能な媒体の例としては、電子回路、半導体メモリ素子、ROM、フラッシュメモリ、EROM (Erasable ROM)、フロッピー（登録商標）ディスク、光ディスク、ハードディスク、光ファイバ網、無線周波数 (RF) 網などがある。コンピュータデータ信号は、電子網チャンネル、光ファイバ、空気、電子系、RF 網のような伝送媒体上に伝播可能ないかなる信号も含まれる。

30

【0106】

ここで、本明細書において、コンピュータに各種の処理を行わせるためのプログラムを記述する処理ステップは、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含むものである。

40

【0107】

また、プログラムは、1 のコンピュータにより処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。

【0108】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例を想定し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

50

【産業上の利用可能性】

【0109】

本発明は、ハードディスクドライブの制御方法、記録媒体及びハードディスクドライブ関連の技術分野に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図1】従来の正弦波形態の加速度軌跡を利用したトラック探索制御装置を示す図面である。

【図2】トラック探索時間 T_{SK} とトラック探索距離 X_{SK} とを比較したことを示す図面である。

【図3A】ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を示す図面である。

【図3B】ノッチフィルタ及びVCMドライバによる利得歪曲及び位相遅延を示す図面である。

【図4】本発明の一実施形態によるトラック探索制御方法を示す図面である。

【図5】本発明の一実施形態によるトラック探索制御方法を示すフローチャートである。

【図6】本発明の一実施形態によるHDDを示す図面である。

【図7】本発明の一実施形態によるHDDを制御するための電気システムを示す図面である。

【図8】本発明の一実施形態によるトラック探索制御装置を示す図面である。

【符号の説明】

【0111】

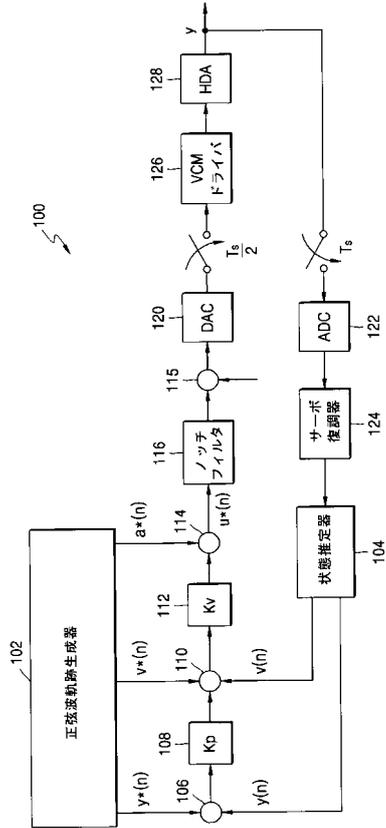
800 トラック探索制御装置
 802 正弦波軌跡生成器
 804 状態推定器
 806 第1合算器
 808 位置制御利得補償器
 810 第2合算器
 812 速度制御利得補償器
 814 第3合算器
 815 第4合算器
 816 ノッチフィルタ
 820 DAC
 822 ADC
 824 サーボ復調器
 826 VCMドライバ
 828 HDA
 830 位相遅延補償器

10

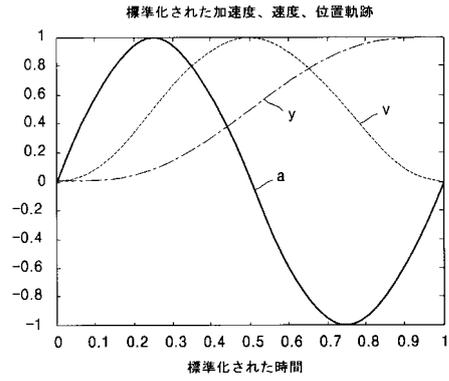
20

30

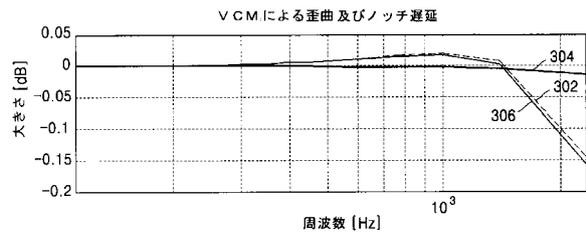
【図1】



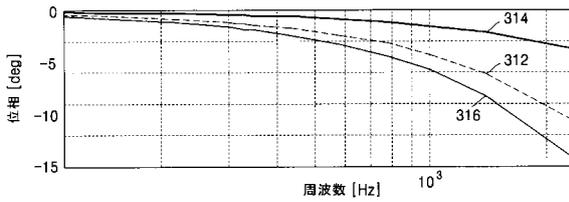
【図2】



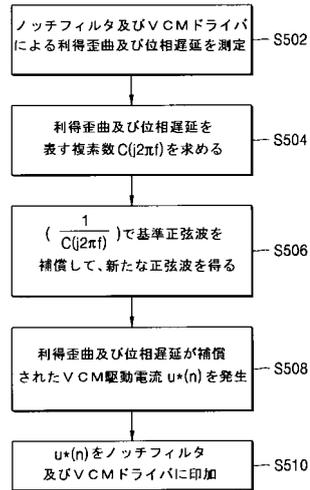
【図3A】



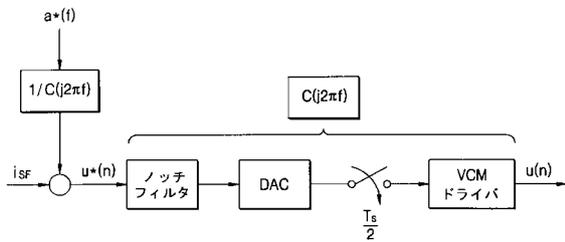
【図3B】



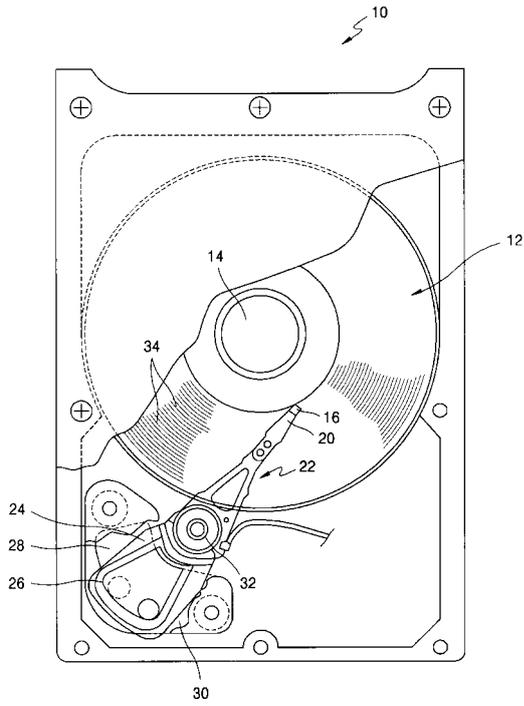
【図5】



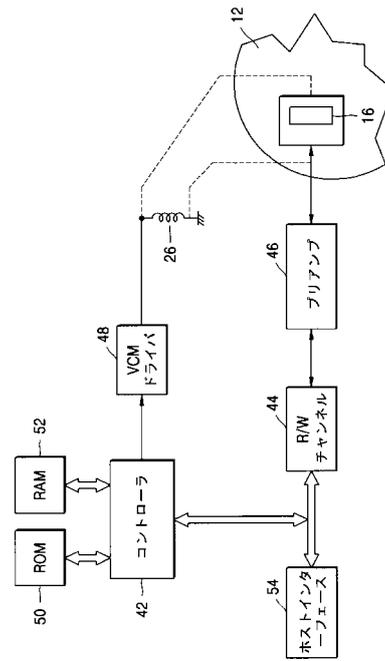
【図4】



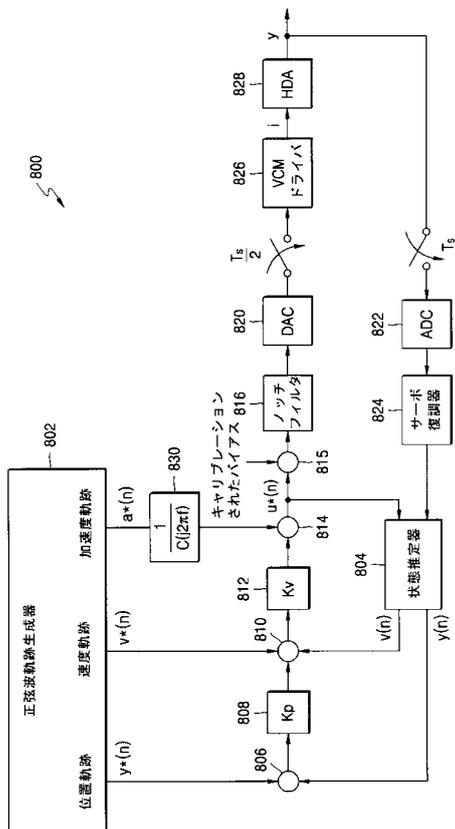
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 金 南局

大韓民国京畿道安養市東安区復興洞1103-4番地 ウンハス新星アパート301-1301

(72)発明者 秋 相勳

大韓民国京畿道龍仁市駒城邑寶亭里1169番地 現代アイパーク1次アパート210-2102

(72)発明者 朴 撤訓

大韓民国京畿道水原市靈通区靈通洞971-1番地 ロッテアパート945-1214

審査官 小山 和俊

(56)参考文献 特開2004-234835(JP,A)

特開2002-208240(JP,A)

特開2002-279740(JP,A)

特開2004-240972(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 21/08