

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7166165号

(P7166165)

(45)発行日 令和4年11月7日(2022.11.7)

(24)登録日 令和4年10月27日(2022.10.27)

(51)国際特許分類

F I

G 1 1 B 5/596(2006.01)

G 1 1 B 5/596

G 1 1 B 21/10 (2006.01)

G 1 1 B 21/10

J

G 1 1 B 21/10

E

請求項の数 9 (全29頁)

(21)出願番号	特願2018-244893(P2018-244893)	(73)特許権者	000003078
(22)出願日	平成30年12月27日(2018.12.27)		株式会社東芝
(65)公開番号	特開2020-107375(P2020-107375 A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43)公開日	令和2年7月9日(2020.7.9)	(73)特許権者	317011920
審査請求日	令和3年8月26日(2021.8.26)		東芝デバイス&ストレージ株式会社
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74)代理人	110001737弁理士法人スズエ国際特許事務所
		(72)発明者	前東 信宏
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
		(72)発明者	原 武生
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内
		(72)発明者	河辺 享之
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気ディスク装置及びリード処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のサーボデータを有するディスクと、

前記ディスクに対してデータをライトするライトヘッドと、前記ディスクからデータをリードする第1リードヘッド及び第2リードヘッドとを有するヘッドと、
前記ディスクの半径方向における前記第1リードヘッドと前記第2リードヘッドとの間隔が所定の値よりも大きくなる半径位置に前記ヘッドが位置している場合に、前記ディスクの前記複数のサーボデータの間に位置するライトデータを前記第1リードヘッドでリードした第1信号と前記第2リードヘッドで前記ライトデータをリードした第2信号とに基づいて前記ヘッドを前記半径方向に位置決めする、コントローラと、を備える磁気ディスク装置。

10

【請求項2】

前記コントローラは、前記第1信号の大きさと前記第2信号の大きさに基づいて前記ヘッドを位置決めする、請求項1に記載の磁気ディスク装置。

【請求項3】

前記コントローラは、前記第1信号の大きさが減少し、前記第2信号の大きさが増大している場合、前記半径方向において前記第1リードヘッドから前記第2リードヘッドへ向かう第1方向に前記ヘッドをずらす、請求項2に記載の磁気ディスク装置。

【請求項4】

前記コントローラは、前記第1信号の大きさが減少し、前記第2信号の大きさが減少し

20

ている場合、前記半径方向において前記第 2 リードヘッドから前記第 1 リードヘッドへ向かう第 2 方向に前記ヘッドをずらす、請求項 2 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】

前記コントローラは、前記第 1 信号をフ リエ変換して前記第 1 信号の大きさを検出し、前記第 2 信号をフ リエ変換して前記第 2 信号の大きさを検出する、請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 6】

前記コントローラは、前記第 1 信号の第 1 振幅と前記第 2 信号の第 2 振幅とに基づいて前記ヘッドを位置決めする、請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】

前記第 1 リードヘッドの前記半径方向の第 1 幅は、前記第 2 リードヘッドの前記半径方向の第 2 幅よりも大きい、請求項 2 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 8】

前記コントローラは、前記第 1 信号の大きさが変化せず、前記第 2 信号の大きさが減少した場合、前記半径方向において前記第 2 リードヘッドから前記第 1 リードヘッドに向かう第 2 方向に前記ヘッドをずらす、請求項 7 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 9】

複数のサーボデータを有するディスクと、前記ディスクに対してデータをライトするライトヘッドと、前記ディスクからデータをリードする第 1 リードヘッド及び第 2 リードヘッドとを有するヘッドと、を備える磁気ディスク装置に適用されるリード処理方法であって、

前記ディスクの半径方向における前記第 1 リードヘッドと前記第 2 リードヘッドとの間隔が所定の値よりも大きくなる半径位置に前記ヘッドが位置している場合に、前記ディスクの前記複数のサーボデータの間に位置するライトデータを前記第 1 リードヘッドでリードした第 1 信号と前記第 2 リードヘッドで前記ライトデータをリードした第 2 信号とに基づいて前記ヘッドを前記半径方向に位置決めする、リード処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、磁気ディスク装置及びリード処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気ディスク装置は、外部からの振動などによるサーボ処理の非線形性や機械的な特性等により、目標とする位置に対してディスクの半径方向にずれた位置にデータをライトする可能性がある。この場合、磁気ディスク装置では、目標とする位置にリードヘッドを位置決めしてリードするために、このデータをリードした信号の S/N 比 (signal to noise ratio : SNR) が減少し得る。そのため、目標とする位置に対してずれた位置にライトしたデータを追従してリード可能な磁気ディスク装置が開発されている。

一方、近年、複数のリードヘッドを有する 2 次元記録 (Two-Dimensional Magnetic Recording : TDMR) 方式の磁気ディスク装置が開発されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】米国特許出願公開 2004 / 0252399 号明細書

米国特許 6266205 号明細書

米国特許 9837110 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態が解決しようとする課題は、リード処理の精度を向上することが可能

10

20

30

40

50

な磁気ディスク装置及びリード処理方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本実施形態に係る磁気ディスク装置は、複数のサーボデータを有するディスクと、前記ディスクに対してデータをライトするライトヘッドと、前記ディスクからデータをリードする第1リードヘッド及び第2リードヘッドとを有するヘッドと、前記ディスクの半径方向における前記第1リードヘッドと前記第2リードヘッドとの間隔が所定の値よりも大きくなる半径位置に前記ヘッドが位置している場合に、前記ディスクの前記複数のサーボデータの間に位置するライトデータを前記第1リードヘッドでリードした第1信号と前記第2リードヘッドで前記ライトデータをリードした第2信号とに基づいて前記ヘッドを前記半径方向に位置決めする、コントローラと、を備える

10

【0006】

本実施形態に係るリード処理方法は、複数のサーボデータを有するディスクと、前記ディスクに対してデータをライトするライトヘッドと、前記ディスクからデータをリードする第1リードヘッド及び第2リードヘッドとを有するヘッドと、を備える磁気ディスク装置に適用されるリード処理方法であって、前記ディスクの半径方向における前記第1リードヘッドと前記第2リードヘッドとの間隔が所定の値よりも大きくなる半径位置に前記ヘッドが位置している場合に、前記ディスクの前記複数のサーボデータの間に位置するライトデータを前記第1リードヘッドでリードした第1信号と前記第2リードヘッドで前記ライトデータをリードした第2信号とに基づいて前記ヘッドを前記半径方向に位置決めする。

20

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、第1実施形態に係る磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、第1実施形態に係るディスクに対するヘッドの配置の一例を示す模式図である。

【図3】図3は、リードヘッドを基準位置に位置決めした場合のライトヘッドと2つのリードヘッドとの幾何学的配置の一例を示す模式図である。

【図4】図4は、リードヘッドを半径位置に位置決めした場合のライトヘッドと2つのリードヘッドとの幾何学的配置の一例を示す図である。

【図5】図5は、スキュー角に対するクロストラック間隔の変化の一例を示す図である。

30

【図6】図6は、第1実施形態に係るリード系の構成例を示すブロック図である。

【図7】図7は、第1実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。

【図8】図8は、複数のリードヘッドにより図7に示したユーザデータをそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。

【図9】図9は、第1実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。

【図10】図10は、複数のリードヘッドにより図9に示したユーザデータをそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。

【図11】図11は、第1実施形態に係るリード処理の一例を示すフローチャートである。

【図12】図12は、第2実施形態に係るリード系の構成例を示すブロック図である。

【図13】図13は、第2実施形態に係るリード処理の一例を示すフローチャートである。

40

【図14】図14は、第3実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。

【図15】図15は、複数のリードヘッドにより図14に示したユーザデータをそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。

【図16】図16は、第3実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。

【図17】図17は、複数のリードヘッドにより図16に示したユーザデータをそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図面は、一例であって、発明の範囲を限定するものではない。

50

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る磁気ディスク装置1の構成を示すブロック図である。

磁気ディスク装置1は、後述するヘッドディスクアセンブリ(HDA)と、ドライバIC20と、ヘッドアンプ集積回路(以下、ヘッドアンプIC、又はプリアンプ)30と、揮発性メモリ70と、バッファメモリ(バッファ)80と、不揮発性メモリ90と、1チップの集積回路であるシステムコントローラ130とを備える。また、磁気ディスク装置1は、ホストシステム(ホスト)100と接続される。磁気ディスク装置1は、例えば、2次元記録(Two-Dimensional Magnetic Recording:TDMR)方式の磁気ディスク装置である。

【0009】

HDAは、磁気ディスク(以下、ディスク)10と、スピンドルモータ(SPM)12と、ヘッド15を搭載しているアーム13と、ボイスコイルモータ(VCM)14とを有する。ディスク10は、スピンドルモータ12に取り付けられ、スピンドルモータ12の駆動により回転する。アーム13及びVCM14は、アクチュエータを構成している。アクチュエータは、VCM14の駆動により、アーム13に搭載されているヘッド15をディスク10の所定の位置まで移動制御する。ディスク10およびヘッド15は、2つ以上の数が設けられてもよい。以下、磁気ディスク装置1の各部又は外部機器、例えば、ホスト100から転送されてディスク10にライトしたデータをライトデータと称し、磁気ディスク装置1の各部又は外部機器、例えば、ホスト100に転送されるディスク10からリードされたデータをリードデータと称する場合もある。

【0010】

ディスク10は、その記録領域に、ユーザから利用可能なユーザデータ領域10aと、システム管理に必要な情報をライトするシステムエリア10bとが割り当てられている。以下、ディスク10の円周、つまり、ディスク10の所定のトラックに沿う方向を円周方向と称し、円周方向に交差する方向を半径方向と称する。以下、ディスク10の所定の円周方向の位置を円周位置と称し、ディスク10の所定の半径方向の位置を半径位置と称する。また、ディスク10のトラックにライトされたデータ、ディスク10の所定の半径位置や、ディスク10の所定のトラックの半径方向の幅(以下、単に、トラック幅と称する)の中心位置(以下、トラックセンタと称する)や、ディスク10の所定のトラックのトラック幅内の所定の半径位置等を単にトラックと称する場合もある。

【0011】

ヘッド15は、スライダを本体として、当該スライダに実装されているライトヘッド15Wとリードヘッド15R1、15R2とを備える。ライトヘッド15Wは、ディスク10にデータをライトする。リードヘッド15R1、15R2は、ディスク10に記録されているデータをリードする。リードヘッド15R1は、例えば、ライトヘッド15Wから最も離れた位置に設けられている。リードヘッド15R2は、例えば、ライトヘッド15Wからリードヘッド15R1の次に離れた位置に設けられている。言い換えると、リードヘッド15R2は、ライトヘッド15W及びリードヘッド15R1の間に位置している。なお、リードヘッドは、3つ以上設けられていてもよい。以下、磁気ディスク装置1は、リードヘッド15R1を基準としてヘッド15を位置決めするものとして説明する。なお、磁気ディスク装置1は、リードヘッド15R1以外のリードヘッド、例えば、リードヘッド15R2を基準としてヘッド15を位置決めしてもよい。以下、磁気ディスク装置1において、ヘッド15を位置決めする際に基準となる複数のリードヘッドの内の所定のリードヘッドを基準リードヘッドと称する場合もある。

【0012】

図2は、本実施形態に係るディスク10に対するヘッド15の配置の一例を示す模式図である。図2に示すように、半径方向においてディスク10の外周に向かう方向を外方向(外側)と称し、外方向と反対方向を内方向(内側)と称する。また、図2に示すように、円周方向において、ディスク10の回転する方向を回転方向と称する。なお、図2に示した例では、回転方向は、時計回りで示しているが、逆方向(反時計回り)であってもよ

10

20

30

40

50

い。図 2 において、ユーザデータ領域 10a は、内方向に位置する内周領域 IR と、外方向に位置する外周領域 OR と、内周領域 IR と外周領域 OR との間に位置する中周領域 MR とに区分されている。図 2 に示した例では、半径位置 IRP、半径位置 RPO、及び半径位置 ORP を示している。半径位置 IRP は、半径位置 RPO よりも内方向の位置であり、半径位置 ORP は、半径位置 RPO よりも外方向の位置である。図 2 に示した例では、半径位置 RPO は、中周領域 MR にあり、半径位置 ORP は、外周領域 OR にあり、半径位置 IRP は、内周領域 IR にある。なお、半径位置 RPO は、外周領域 OR にあってもよいし、内周領域 IR にあってもよい。半径位置 IRP 及び ORP は、それぞれ、中周領域 MR に位置していてもよい。図 2 において、半径位置 IRP は、内周領域 IR の所定のトラックのトラックセンタ IIL に相当し、半径位置 RPO は、中周領域 MR の所定のトラックのトラックセンタ IL0 に相当し、半径位置 ORP は、外周領域 OR の所定のトラックのトラックセンタ OIL に相当する。トラックセンタ IIL は、所定のトラック、例えば、内周領域 IR の所定のトラックにおけるヘッド 15 の目標とする軌跡又は経路（以下、目標軌跡又は目標経路と称する場合もある）に相当する。トラックセンタ IL0 は、所定のトラック、例えば、中周領域 MR の所定のトラックにおけるヘッド 15 の目標経路に相当する。トラックセンタ OIL は、所定のトラック、例えば、外周領域 OR の所定のトラックにおけるヘッド 15 の目標経路に相当する。例えば、トラックセンタ IIL、IL0、及び OIL は、それぞれ、真円である。トラックセンタ IIL、IL0、及び OIL は、ディスク 10 に対して同心円状に配置されている。このようにディスク 10 に対して同心円状に配置されているトラックセンタ IIL、IL0、及び OIL を目標トラックと称する場合もある。

【0013】

ディスク 10 は、複数のサーボパターン SV を有している。以下、サーボパターン SV をサーボセクタやサーボ領域と称する場合もある。複数のサーボパターン SV は、ディスク 10 の半径方向に放射状に延出して円周方向に所定の間隔を空けて離散的に配置されている。サーボパターン SV は、ヘッド 15 をディスク 10 の所定の半径位置に位置決めするためのサーボデータなどを含んでいる。以下、サーボセクタ SV 以外のユーザデータ領域にライトされているサーボデータ以外のデータをユーザデータと称する場合もある。

サーボデータは、例えば、サーボマーク (Servo Mark)、アドレスデータ、及びバーストデータ等を含んでいる。アドレスデータは、所定のトラックのアドレス (シリンダアドレス) と、所定のトラックのサーボセクタのアドレスとから構成される。バーストデータは、所定のトラックのトラックセンタに対するヘッド 15 の半径方向の位置ずれ (位置誤差) を検出するために使用されるデータ (相対位置データ) であり、所定の周期の繰返しパターンから構成される。バーストデータは、対外に隣接するトラックに跨って千鳥状にライトされている。

【0014】

ヘッド 15 が半径位置 RPO に位置する場合、スキュー角は、例えば、0° となる。以下、半径位置 RPO を基準位置 RPO と称する場合もある。ヘッド 15 が半径位置 ORP に位置する場合、スキュー角は、例えば、正の値となる。ヘッド 15 が半径位置 IRP に位置する場合、スキュー角は、例えば、負の値となる。なお、ヘッド 15 が半径位置 ORP に位置する場合、スキュー角が負の値であってもよい。また、ヘッド 15 が半径位置 IRP に位置する場合、スキュー角が正の値であってもよい。

【0015】

図 3 は、リードヘッド 15R1 を基準位置 RPO に位置決めした場合のライトヘッド 15W と 2 つのリードヘッド 15R1、15R2 との幾何学的配置の一例を示す模式図である。以下、リードヘッド 15R1 の位置を基準としてヘッド 15 におけるライトヘッド 15W と 2 つのリードヘッド 15R1、15R2 との幾何学的配置を説明する。図 3 には、ライトヘッド 15W の中心部 WC と、リードヘッド 15R1 の中心部 RC1 と、リードヘッド 15R2 の中心部 RC2 とを示している。以下、リードヘッド 15R1 の中心部 RC1 とリードヘッド 15R2 の中心部 RC2 との間の円周方向の間隔をダウントラック間隔

10

20

30

40

50

(Down Track Separation:DTS)と称する場合もある。また、リードヘッド15R1の中心部RC1とリードヘッド15R2の中心部RC2との間の半径方向の間隔をクロストラック間隔(Cross Track Separation:CTS)と称する場合もある。以下、説明の便宜上、「ライトヘッドの中心部」を単に「ライトヘッド」と称し、「リードヘッドの中心部」を単に「リードヘッド」と称する場合もある。

【0016】

図3に示した例では、リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合、ライトヘッド15W、リードヘッド15R1、及びリードヘッド15R2は、円周方向に沿って並んでいる。この場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、半径方向にずれていない。つまり、リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合のクロストラック間隔CTS0は、0である。なお、リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合、ライトヘッド15Wとリードヘッド15R1及び15R2とは、半径方向にずれていてもよい。また、リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、半径方向にずれていてもよい。

10

【0017】

図3に示した例では、リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合、ライトヘッド15Wとリードヘッド15R1とは、円周方向に間隔GP0で離間している。リードヘッド15R1を基準位置RP0に位置決めした場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、円周方向にダウントラック間隔DTS0で離間している。

20

【0018】

図4は、リードヘッド15R1を半径位置IRPに位置決めした場合のライトヘッド15Wと2つのリードヘッド15R1、15R2との幾何学的配置の一例を示す図である。

図4に示した例では、リードヘッド15R1を半径位置IRPに位置決めした場合、ライトヘッド15W、リードヘッド15R1、及びリードヘッド15R2は、円周方向に対してスキュー角 s_w で内方向に傾いている。この場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、半径方向にクロストラック間隔CTS x で離間している。

図4に示した例では、リードヘッド15R1を半径位置IRPに位置決めした場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、円周方向にダウントラック間隔DTS x で離間している。

30

なお、リードヘッド15R1を半径位置ORPに位置決めした場合にもリードヘッド15R1を半径位置IRPに位置決した場合と同様に、ライトヘッド15Wと2つのリードヘッド15R1、15R2とは、所定のスキュー角 s_w で外方向に傾いている。リードヘッド15R1を半径位置ORPに位置決めした場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、円周方向に所定のダウントラック間隔DTS x で離間し得る。また、この場合、リードヘッド15R1とリードヘッド15R2とは、半径方向に所定のクロストラック間隔CTS x で離間し得る。

【0019】

図5は、スキュー角に対するクロストラック間隔の変化の一例を示す図である。図5において、横軸は、スキュー角、例えば、図4に示したスキュー角 s_w を示し、縦軸は、ヘッド15が所定のスキュー角、例えば、スキュー角 s_w で円周方向に対して傾いている場合のクロストラック間隔、例えば、図4に示したクロストラック間隔CTS x を示している。図5の横軸において、スキュー角(s_w)は、 $s_w = 0$ (原点)よりも正の矢印の方向に進むに従って正の値の方向へ大きくなり、 $s_w = 0$ よりも負の矢印の方向に進むに従って負の値の方向へ小さくなる。一例では、スキュー角が正の値に大きくなることは、ヘッド15が外方向に向かって傾くことに相当し、スキュー角が負の値に小さくなることは、ヘッド15が内方向に向かって傾くことに相当する。図5の縦軸において、クロストラック間隔(CTS x)は、大の矢印の方向に進むに従って大きくなり、小の矢印の方向に進むに従って小さくなる。図5には、スキュー角(s_w)に対するクロストラック間隔(CTS x)の変化LCを示している。

40

50

【 0 0 2 0 】

図 5 のクロストラック間隔の変化 LC で示すように、スキュー角 (sw) が 0 である場合、クロストラック間隔 (CTS_x) は 0 である。言い換えると、スキュー角が 0 である場合、リードヘッド 15 R 1 とリードヘッド 15 R 2 とは、円周方向に沿って並んでいる。図 5 のクロストラック間隔の変化 LC で示すように、スキュー角 (sw) が負の値の方向へ小さくなるに従って、クロストラック間隔 (CTS_x) は大きくなっている。言い換えると、スキュー角が負の値である場合、リードヘッド 15 R 1 とリードヘッド 15 R 2 とは、半径方向にクロストラック間隔 (CTS_x) で離間している。図 5 のクロストラック間隔の変化 LC に示すように、スキュー角 (sw) が正の値の方向へ大きくなるに従って、クロストラック間隔 (CTS_x) は大きくなっている。言い換えると、スキュー角が正の値である場合、リードヘッド 15 R 1 とリードヘッド 15 R 2 とは、半径方向にクロストラック間隔 (CTS_x) で離間している。

10

【 0 0 2 1 】

ドライバ IC 20 は、システムコントローラ 130 (詳細には、後述する MPU 60) の制御に従って、SPM 12 および VCM 14 の駆動を制御する。

ヘッドアンプ IC (プリアンプ) 30 は、リードアンプ及びライトドライバを備えている。リードアンプは、ディスク 10 からリードしたリード信号を増幅して、システムコントローラ 130 (詳細には、後述するリード/ライト (R/W) チャンネル 50) に出力する。ライトドライバは、R/W チャンネル 50 から出力されるライトデータに応じたライト電流をヘッド 15 に出力する。

20

【 0 0 2 2 】

揮発性メモリ 70 は、電力供給が断たれると保存しているデータが失われる半導体メモリである。揮発性メモリ 70 は、磁気ディスク装置 1 の各部での処理に必要なデータ等を格納する。揮発性メモリ 70 は、例えば、DRAM (Dynamic Random Access Memory)、又は SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) である。

【 0 0 2 3 】

バッファメモリ 80 は、磁気ディスク装置 1 とホスト 100 との間で送受信されるデータ等を一時的に記録する半導体メモリである。なお、バッファメモリ 80 は、揮発性メモリ 70 と一体に構成されていてもよい。バッファメモリ 80 は、例えば、DRAM、SRAM (Static Random Access Memory)、SDRAM、FeRAM (Ferroelectric Random Access memory)、又は MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) 等である。

30

【 0 0 2 4 】

不揮発性メモリ 90 は、電力供給が断たれても保存しているデータを記録する半導体メモリである。不揮発性メモリ 90 は、例えば、NOR 型または NAND 型のフラッシュ ROM (Flash Read Only Memory : F-ROM) である。

システムコントローラ (コントローラ) 130 は、例えば、複数の素子が単一チップに集積された System-on-a-Chip (SoC) と称される大規模集積回路 (LSI) を用いて実現される。システムコントローラ 130 は、ハードディスクコントローラ (HDC) 40 と、リード/ライト (R/W) チャンネル 50 と、マイクロプロセッサ (MPU) 60 と、を含む。HDC 40、R/W チャンネル 50、及び MPU 60 は、それぞれ、互いに電氣的に接続されている。システムコントローラ 130 は、例えば、ドライバ IC 20、ヘッドアンプ IC 60、揮発性メモリ 70、バッファメモリ 80、不揮発性メモリ 90、及びホストシステム 100 等に電氣的に接続されている。

40

【 0 0 2 5 】

HDC 40 は、後述する MPU 60 からの指示に応じて、ホスト 100 と R/W チャンネル 50 との間のデータ転送を制御する。HDC 40 は、例えば、揮発性メモリ 70、バッファメモリ 80、及び不揮発性メモリ 90 等に電氣的に接続されている。

R/W チャンネル 50 は、MPU 60 からの指示に応じて、リードデータ及びライトデータの信号処理を実行する。R/W チャンネル 50 は、リードデータの信号品質を測定する回

50

路、又は機能を有している。R / Wチャンネル50は、例えば、ヘッドアンプIC30等に電氣的に接続されている。

【0026】

M P U 6 0は、磁気ディスク装置1の各部を制御するメインコントローラである。M P U 6 0は、ドライバIC20を介してV C M 1 4を制御し、ヘッド15の位置決めを実行する。M P U 6 0は、ディスク10へのデータのライト動作を制御すると共に、ホスト100から転送されるライトデータの保存先を選択する。また、M P U 6 0は、ディスク10からのデータのリード動作を制御すると共に、ディスク10からホスト100に転送されるリードデータの処理を制御する。M P U 6 0は、磁気ディスク装置1の各部に接続されている。M P U 6 0は、例えば、ドライバIC20、H D C 4 0、及びR / Wチャンネル50等に電氣的に接続されている。

10

【0027】

以下で、V C M 1 4、ヘッド15、ヘッドアンプIC30、バッファメモリ80、及びシステムコントローラ130等において、リード処理を実行する系をリード系と称する。

図6は、本実施形態に係るリード系の構成例を示すブロック図である。図6には、ディスク10の所定の領域、例えば、内周領域IRにライトされたトラックT R nと、トラックT R nにリードヘッド15 R 1を位置決めした場合のヘッド15とを示している。図6において、リードヘッド15 R 1とリードヘッド15 R 2とは、半径方向にクロストラック間隔C T S xで離間している。また、図6には、リードヘッド15 R 1及び15 R 2でそれぞれリードするトラック(データ)T R nの区分Wを示している。区分Wは、例えば、Windowと称される場合もある。

20

【0028】

ヘッドアンプIC30は、リード系として、プリアンプ301と、プリアンプ302とを有している。例えば、プリアンプ301は、リードヘッド15 R 1によりトラックT R nのユーザデータを区分W毎にリードした信号を増幅して出力する。例えば、プリアンプ302は、リードヘッド15 R 1から内方向にクロストラック間隔C T S xで離間しているリードヘッド15 R 2によりトラックT R nのユーザデータを区分W毎にリードした信号を増幅して出力する。なお、ヘッド15が3つ以上のリードヘッドを有している場合、ヘッドアンプIC30は、これらのリードヘッドにそれぞれ対応する3つ以上のプリアンプを有していてもよい。

30

【0029】

バッファメモリ80は、リード系として、バッファ801と、バッファ802とを有している。例えば、バッファ801は、プリアンプ301から入力されたデータを区分W毎に保持する。例えば、バッファ802は、プリアンプ302から入力されたデータを区分W毎に保持する。なお、ヘッド15が3つ以上のリードヘッドを有している場合、バッファメモリ80は、これらのリードヘッドにそれぞれ対応する3つ以上のバッファを有していてもよい。また、バッファ801及び802は、システムコントローラ130に設けられていてもよい。

【0030】

システムコントローラ130は、リード系として、信号処理回路、例えば、フーリエ変換回路F C 1と、信号処理回路、例えば、フーリエ変換回路F C 2と、M P U 6 0とを有している。例えば、フーリエ変換回路F C 1は、バッファ801から取得した区分W毎のデータをフーリエ変換し、フーリエ変換したデータをM P U 6 0に出力する。例えば、フーリエ変換回路F C 2は、バッファ802から取得した区分W毎のデータをフーリエ変換し、フーリエ変換したデータをM P U 6 0に出力する。

40

【0031】

M P U 6 0は、リード系として、リード制御部601と、補正部602とを有している。リード制御部601は、ドライバIC20を介してV C M 1 4を制御し、ヘッド15をディスク10の所定の位置に位置決めし、データをリードする。例えば、リード制御部601は、ドライバIC20を介してV C M 1 4を制御し、基準リードヘッドをディスク1

50

0 の所定のトラックに位置決めし、この所定のトラックをリードする。

【 0 0 3 2 】

補正部 6 0 2 は、複数のリードヘッドにより所定のトラックをそれぞれリードした信号（以下、リード信号と称する場合もある）に基づいて、ヘッド 1 5 の位置を補正する。例えば、補正部 6 0 2 は、フーリエ変換回路 F C 1 及び F C 2 から入力されたデータからリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数のリード信号の大きさ、例えば、マグニチュード(Magnitude)又は信号パワーを検出する。補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこのトラックのユーザデータを

10

【 0 0 3 3 】

一例では、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこの所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさに基づいて、リードヘッド 1 5 R 1 によりこのユーザデータをリードしているリード信号の大きさが所望の値になるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。例えば、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこの所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさに基づいて、リード

20

【 0 0 3 4 】

言い換えると、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこの所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさに基づいて、基準リードヘッド、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 によりこのユーザデータをリードしたリード信号の S N 比 (signal to noise ratio : SNR) が所望の値になるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。例えば、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこの所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさに基づいて、リードヘッド 1 5 R 1 でこのユーザデータをリードしたリード信号の S N 比が大きくなるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。リード信号の S N 比は、リード信号の大きさに対応している。例えば、リード信号の S N 比が大きくなると、リード信号の大きさも大きくなる。また、リード信号の S N 比が小さくなると、リード信号の大きさも小さくなる。

30

【 0 0 3 5 】

なお、リードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 が円周方向に並んでいる、つまり、リードヘッド 1 5 R 1 及びリードヘッド 1 5 R 2 の半径方向のクロストラック間隔 (C T S) が 0 である場合、補正部 6 0 2 は、ヘッド 1 5、例えば、基準リードヘッドであるリードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正しなくてもよい。言い換えると、スキュー角が 0 となる半径位置に基準リードヘッド、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 を位置決めした場合、補正部 6 0 2 は、ヘッド 1 5、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正しない。補正部 6 0 2 は、クロストラック間隔が 0 から所定の値までのディスク 1 0 の領域において、ヘッド 1 5、例えば、基準リードヘッドであるリードヘッド 1 5 R 1 を補正しなくてもよい。言い換えると、補正部 6 0 2 は、スキュー角が 0 から所定の値までのディスク 1 0 の領域において、ヘッド 1 5、例えば、基準リードヘッドであるリードヘッド 1 5 R 1 を補正しなくても

40

50

よい。また、補正部 602 は、リードヘッド 15R1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 15R1 から半径方向にクロストラック間隔で離間しているリードヘッド 15R2 によりこの所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさに応じて、この所定のトラックにおいてヘッド 15、例えば、基準リードヘッドであるリードヘッド 15R1 を半径方向に補正する量を調整してもよい。

【0036】

図 7 は、本実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。図 7 に示すように、円周方向においてデータをリードしていく方向をリード方向と称する。図 7 に示した例では、リード方向は、円周方向において、回転方向と反対方向である。なお、リード方向は、円周方向において、回転方向と同じ方向であってもよい。図 7 には、内周領域 IR において、リードヘッド 15R1 を目標とする半径位置（以下、目標位置と称する）に位置決めして、ライトヘッド 15W により目標経路 TRTm に従ってディスク 10 に対して同心円状にライトされた理想的なトラック（以下、目標トラックと称する）ITRm を示している。目標経路 TRTm は、目標トラック ITRm のトラックセンタに相当する。図 7 には、2 つの連続するサーボセクタ SV の間に位置する目標トラック ITRm のユーザデータ IUDm を示している。また、図 7 には、内周領域 IR において、リードヘッド 15R1 を目標位置に位置決めして、ライトヘッド 15W により実際の経路（以下、実経路と称する）ISRm に従ってディスク 10 にライトしたトラック（以下、実トラックと称する）ISTm を示している。実経路 ISRm は、実トラック ISTm のトラックセンタに相当する。図 7 には、2 つの連続するサーボセクタ SV の間に位置する実トラック ISTm のユーザデータ ISDm を示している。実トラック ISTm は、目標トラック ITRm に対して内方向にずれている。リードヘッド 15R2 は、リードヘッド 15R1 に対してクロストラック間隔 CTS1 で内方向に離間している。図 7 には、目標トラック ITRm のセクタ ISC1 と、セクタ ISC1 に対してリード方向に位置している目標トラック ITRm のセクタ ISC2 とを示している。図 7 には、実トラック ISTm のセクタ ISS1 と、セクタ ISS1 よりもリード方向に位置している実トラック ISTm のセクタ ISS2 とを示している。セクタ ISS1 は、セクタ ISC1 が内方向にずれ量（以下、オフトラック量と称する）OFT1 でずれたセクタに相当する。セクタ ISS2 は、セクタ ISC2 が内方向にオフトラック量 OFT2 でずれたセクタに相当する。セクタ ISS2 は、ユーザデータ ISDm において、ユーザデータ IUDm に対して最も半径方向にずれているセクタである。

【0037】

図 7 に示した例では、MPU60 は、内周領域 IR において、目標経路 TRTm に沿って目標トラック ITRm をライトヘッド 15W によりディスク 10 にライトしている際に、外部からの振動などによるサーボ処理の非線形性や機械的な特性等によりライトヘッド 15W が内方向にずれたために、目標経路 TRTm から内方向にずれた実経路 ISRm に沿って実トラック ISTm をライトした。

【0038】

図 7 に示した例では、MPU60 は、リードヘッド 15R1 を目標トラック ITRm に位置決めし、リードヘッド 15R1 で目標経路 TRTm を追従して、リードヘッド 15R1 及び 15R2 により実トラック ISTm のユーザデータ ISDm をリードする。MPU60 は、リードヘッド 15R1 でユーザデータ ISDm をリードしたリード信号とリードヘッド 15R2 でユーザデータ ISDm をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 ISRm を追従するようにリードヘッド 15R1 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。言い換えると、MPU60 は、リードヘッド 15R1 でユーザデータ ISDm をリードしたリード信号とリードヘッド 15R2 でユーザデータ ISDm をリードしたリード信号とに基づいて、リードヘッド 15R1 ユーザデータ ISDm をリードしたリード信号の SN 比が大きくなるようにリードヘッド 15R1 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。例えば、MPU60 は、リードヘッド 15R1 でユーザデータ ISDm を

リードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とに基づいて、セクタ I S S 1 及びセクタ I S S 2 をリードするようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置を内方向にずらす。言い換えると、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とに基づいて、セクタ I S S 1 及びセクタ I S S 2 をリードするようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置をリードヘッド 15 R 1 からリードヘッド 15 R 2 に向かう方向にずらす。

【 0 0 3 9 】

なお、リードヘッド 15 R 2 を基準としてヘッド 15 を位置決めする場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 2 で目標経路 T R T m を追従して、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 により実トラック I S T m をリードしてもよい。この場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 I S R m を追従するようにリードヘッド 15 R 2 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。言い換えると、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とに基づいて、リードヘッド 15 R 2 で実トラック I S T m をリードしたリード信号の S N 比が大きくなるようにリードヘッド 15 R 2 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。

【 0 0 4 0 】

また、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 の中間部を基準としてヘッド 15 を位置決めする場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 及びリードヘッド 15 R 2 の中間部で目標経路 T R T m を追従して、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 により実トラック I S T m をリードしてもよい。この場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 I S R m を追従するようにリードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 の中間部の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。言い換えると、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 で実トラック I S T m をリードしたリード信号とに基づいて、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 で実トラック I S T m をそれぞれリードした複数のリード信号の S N 比が大きくなるようにリードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 の中間部の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。

【 0 0 4 1 】

図 8 は、複数のリードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 により図 7 に示したユーザデータ I S D m をそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。図 8 において、横軸は、図 7 に示したユーザデータ I S D m における円周位置を示し、縦軸は、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさを示している。図 8 の横軸において、円周位置の矢印の方向に進むに従ってリード方向に進む。図 8 の縦軸において、リード信号の大きさは、大の矢印の方向に進むに従って大きくなり、小の矢印の方向に進むに従って小さくなる。図 8 には、リードヘッド 15 R 1 より目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 1 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 1 1 と、リードヘッド 15 R 1 により目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 2 1 とを示している。リード信号の大きさの変化 L 1 1 は、リード方向においてセクタ I S S 2 (I S C 2) に相当する円周位置 (以下、単に、セクタ I S S 2 と称する) に向かって減少し、セクタ I S S 2 からリード方向に向かって増大している。リード信号の大きさの変化 L 2 1 は、セクタ I S S 2 に向かって増加し、セクタ I S S 2 からリード方向に向かって減少している。図 8 のリード信号の大きさの変化 L 1 1 には、円周位置 C P 1 1 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 と、円周位置 C P 1 2 におけるリード信号の大きさ S M 1 2 と、円周位置 C P 1 3 におけるリード信号の大きさ S M 1 3 と、円周位置 C P

14におけるリード信号の大きさSM14とを示している。円周位置CP12は、円周位置CP11よりもリード方向で、且つセクタISS2よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置CP13は、セクタISS2よりもリード方向で、且つ円周位置CP14よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさSM11は、リード信号の大きさSM12よりも大きい。リード信号の大きさSM13は、リード信号の大きさSM12以上であってもよいし、リード信号の大きさSM12より小さくてもよい。リード信号の大きさSM14は、リード信号の大きさSM13よりも大きい。図8のリード信号の大きさの変化L21には、円周位置CP21におけるリード信号の大きさSM21と、円周位置CP22におけるリード信号の大きさSM22と、円周位置CP23におけるリード信号の大きさSM23と、円周位置CP24におけるリード信号の大きさSM24とを示している。円周位置CP22は、円周位置CP21よりもリード方向で、且つセクタISS2よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置CP23は、セクタISS2よりもリード方向で、且つ円周位置CP24よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさSM22は、リード信号の大きさSM21よりも大きい。リード信号の大きさSM23は、リード信号の大きさSM22以上であってもよいし、リード信号の大きさSM22より小さくてもよい。リード信号の大きさSM23は、リード信号の大きさSM24よりも大きい。なお、円周位置CP11とCP21とは一致していてもよいし、円周位置CP12とCP22とは一致していてもよい。また、円周位置CP13とCP23とは一致していてもよいし、円周位置CP14とCP24とは、一致していてもよい。

【0042】

図8に示した例では、MPU60は、図7に示したようにリードヘッド15R1及び15R2により実トラックISTmのユーザデータISDmをリードする。MPU60は、リードヘッド15R1によりリードしたユーザデータISDmをフーリエ変換してリードヘッド15R1によりユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさを検出する。例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により円周位置CP11に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM11と、リードヘッド15R1により円周位置CP12に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM12とからリードヘッド15R1によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R2により円周位置CP21に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM21と、リードヘッド15R2により円周位置CP22に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM22とからリードヘッド15R2によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが増大していることから、図7に示すようにユーザデータISDmがユーザデータIUDmから内方向に離れる方向に向かっていると判定する。ユーザデータISDmがユーザデータIUDmから内方向に離れる方向に向かっていると判定した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を内方向にずらして補正する。言い換えると、リードヘッド15R2がリードヘッド15R1から内方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが増大していること検出した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を半径方向においてリードヘッド15R1からリードヘッド15R2へ向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

【0043】

例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により円周位置CP13に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM13と、リードヘッド15R1により円周位置CP14に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM14とからリードヘッド15R1によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R2により円周位置

10

20

30

40

50

C P 2 3 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 3 と、リードヘッド 1 5 R 2 により円周位置 C P 2 4 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 4 とからリードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが減少していることから、図 7 に示すようにユーザデータ I S D m がユーザデータ I U D m に対して内方向に離間した位置から外方向に向かっていると判定する。ユーザデータ I S D m がユーザデータ I U D m に対して内方向に離間した位置から外方向に向かっていると判定した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を内方向にずらした位置から外方向に向かうように補正する。言い換えると、リードヘッド 1 5 R 2 がリードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが減少していること検出した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を半径方向においてリードヘッド 1 5 R 1 からリードヘッド 1 5 R 2 に向かう方向にずらした位置からリードヘッド 1 5 R 2 からリードヘッド 1 5 R 1 に向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

10

【 0 0 4 4 】

なお、図 7 及び図 8 では、基準リードヘッドを内周領域 I R の所定のトラックに位置決めした場合について記載したが、基準リードヘッドを中周領域 M R、又は外周領域 O R に位置決めした場合であっても、M P U 6 0 は、内周領域 I R の所定のトラックに基準リードヘッド 1 5 R 1 を位置決めした場合と同様の処理により、複数のリードヘッドによるリード信号の大きさに基づいてヘッド 1 5、例えば、基準リードヘッドの位置を補正することができる。

20

【 0 0 4 5 】

図 9 は、本実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。図 9 には、内周領域 I R において、リードヘッド 1 5 R 1 を目標位置に位置決めして、ライトヘッド 1 5 W により実経路 O S R m に従ってディスク 1 0 にライトした実トラック O S T m を示している。実経路 O S R m は、実トラック O S T m のトラックセンタに相当する。図 9 には、2 つの連続するサーボセクタ S V の間に位置する実トラック O S T m のユーザデータ O S D m を示している。実トラック O S T m は、目標トラック I T R m に対して外方向にずれている。リードヘッド 1 5 R 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 に対してクロストラック間隔 C T S 2 で内方向に離間している。図 9 には、目標トラック I T R m のセクタ I S C 1 と、セクタ I S C 1 に対してリード方向に位置している目標トラック I T R m のセクタ I S C 2 とを示している。図 9 には、実トラック O S T m のセクタ O S S 1 と、セクタ O S S 1 よりもリード方向に位置している実トラック O S T m のセクタ O S S 2 とを示している。セクタ O S S 1 は、セクタ I S C 1 が外方向にオフトラック量 O F T 3 でずれたセクタに相当する。セクタ O S S 2 は、セクタ I S C 2 が外方向にオフトラック量 O F T 4 でずれたセクタに相当する。セクタ O S S 2 は、ユーザデータ O S D m において、ユーザデータ I U D m に対して最も半径方向にずれているセクタである。

30

【 0 0 4 6 】

図 9 に示した例では、M P U 6 0 は、内周領域 I R において、目標経路 T R T m に沿って目標トラック I T R m をライトヘッド 1 5 W によりディスク 1 0 にライトしている際に、外部からの振動などによるサーボ処理の非線形性や機械的な特性等によりライトヘッド 1 5 W が外方向にずれたために、目標経路 T R T m から外方向にずれた実経路 O S R m に沿って実トラック O S T m をライトした。

40

【 0 0 4 7 】

図 9 に示した例では、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を目標トラック I T R m に位置決めし、リードヘッド 1 5 R 1 で目標経路 T R T m を追従して、リードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により実トラック O S T m のユーザデータ O S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とリード

50

ヘッド 15 R 2 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 O S R m を追従するようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。言い換えると、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とに基づいて、リードヘッド 15 R 1 ユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の S N 比が大きくなるようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とに基づいて、セクタ O S S 1 及びセクタ O S S 2 をリードするようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置を外方向にずらす。言い換えると、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 15 R 2 でユーザデータ O S D m をリードしたリード信号とに基づいて、セクタ O S S 1 及びセクタ O S S 2 をリードするようにリードヘッド 15 R 1 の半径位置をリードヘッド 15 R 2 からリードヘッド 15 R 1 に向かう方向にずらす。

【 0 0 4 8 】

図 10 は、複数のリードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 により図 9 に示したユーザデータ O S D m をそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。図 10 において、横軸は、図 9 に示したユーザデータ O S D m における円周位置を示し、縦軸は、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 によりユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさを示している。図 10 の横軸において、円周位置の矢印の方向に進むに従ってリード方向に進む。図 10 の縦軸において、リード信号の大きさは、大の矢印の方向に進むに従って大きくなり、小の矢印の方向に進むに従って小さくなる。図 10 には、リードヘッド 15 R 1 より目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 1 によりユーザデータ O S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 1 2 と、リードヘッド 15 R 1 により目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 2 によりユーザデータ O S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 2 2 とを示している。リード信号の大きさの変化 L 1 2 は、リード方向においてセクタ O S S 2 に相当する円周位置（以下、単に、セクタ O S S 2 と称する）に向かって減少し、セクタ O S S 2 からリード方向に向かって増大している。リード信号の大きさの変化 L 2 2 は、リード方向においてセクタ O S S 2 に向かって減少し、セクタ O S S 2 からリード方向に向かって増大している。図 10 のリード信号の大きさの変化 L 1 2 には、円周位置 C P 1 5 におけるリード信号の大きさ S M 1 5 と、円周位置 C P 1 6 におけるリード信号の大きさ S M 1 6 と、円周位置 C P 1 7 におけるリード信号の大きさ S M 1 7 と、円周位置 C P 1 8 におけるリード信号の大きさ S M 1 8 とを示している。円周位置 C P 1 6 は、円周位置 C P 1 5 よりもリード方向で、且つセクタ O S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 1 7 は、セクタ O S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 1 8 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 1 5 は、リード信号の大きさ S M 1 6 よりも大きい。リード信号の大きさ S M 1 7 は、リード信号の大きさ S M 1 6 以上であってもよいし、リード信号の大きさ S M 1 6 より小さくてもよい。リード信号の大きさ S M 1 8 は、リード信号の大きさ S M 1 7 よりも大きい。図 10 のリード信号の大きさの変化 L 2 2 には、円周位置 C P 2 5 におけるリード信号の大きさ S M 2 5 と、円周位置 C P 2 6 におけるリード信号の大きさ S M 2 6 と、円周位置 C P 2 7 におけるリード信号の大きさ S M 2 7 と、円周位置 C P 2 8 におけるリード信号の大きさ S M 2 8 とを示している。円周位置 C P 2 6 は、円周位置 C P 2 5 よりもリード方向で、且つセクタ O S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 2 7 は、セクタ O S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 2 8 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 2 5 は、リード信号の大きさ S M 2 6 よりも大きい。リード信号の大きさ S M 2 7 は、リード信号の大きさ S M 2 6 以上であってもよいし、リード信号の大きさ S M 2 6 より小さくてもよい。リード信号の大きさ S M 2 8 は、リード信号の大きさ S M 2 7 よりも大きい。なお、円周位置 C P 1 5 と C P 2 5

10

20

30

40

50

とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 6 と C P 2 6 とは一致していてもよい。また、円周位置 C P 1 7 と C P 2 7 とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 8 と C P 2 8 とは一致していてもよい。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 に示した例では、M P U 6 0 は、図 9 に示したようにリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により実トラック O S T m のユーザデータ O S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によりリードしたユーザデータ O S D m をフーリエ変換してリードヘッド 1 5 R 1 によりユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさを検出する。例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 により円周位置 C P 1 5 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 5 と、リードヘッド 1 5 R 1 により円周位置 C P 1 6 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 6 とからリードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 2 により円周位置 C P 2 5 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 5 と、リードヘッド 1 5 R 2 により円周位置 C P 2 6 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 6 とからリードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが減少していることから、図 9 に示すようにユーザデータ O S D m がユーザデータ I U D m から外方向に離れる方向に向かっていていると判定する。ユーザデータ I S D m がユーザデータ I U D m から外方向に離れる方向に向かっていていると判定した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を外方向にずらして補正する。言い換えると、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが減少していること検出した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を半径方向においてリードヘッド 1 5 R 2 からリードヘッド 1 5 R 1 へ向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

【 0 0 5 0 】

例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 により円周位置 C P 1 7 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 7 と、リードヘッド 1 5 R 1 により円周位置 C P 1 8 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 8 とからリードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 2 により円周位置 C P 2 7 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 7 と、リードヘッド 1 5 R 2 により円周位置 C P 2 8 に対応するユーザデータ O S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 8 とからリードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが増大していることから、図 9 に示すようにユーザデータ O S D m がユーザデータ I U D m に対して外方向に離間した位置から内方向に向かっていていると判定する。ユーザデータ O S D m がユーザデータ I U D m に対して外方向に離間した位置から内方向に向かっていていると判定した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を外方向にずらした位置から内方向に向かうように補正する。言い換えると、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の大きさが増大していること検出した場合、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を半径方向においてリードヘッド 1 5 R 2 からリードヘッド 1 5 R 1 に向かう方向にずらした位置から半径方向においてリードヘッド 1 5 R 1 からリードヘッド 1 5 R 2 に向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

【 0 0 5 1 】

なお、図 9 及び図 1 0 では、基準リードヘッドを内周領域 I R の所定のトラックに位置決めした場合について記載したが、基準リードヘッドを中周領域 M R、又は外周領域 O R

10

20

30

40

50

に位置決めした場合であっても、MPU60は、内周領域IRの所定のトラックに基準リードヘッド15R1を位置決めした場合と同様の処理により、複数のリードヘッドによるリード信号の大きさに基づいてヘッド15、例えば、基準リードヘッドの位置を補正することができる。

【0052】

図11は、本実施形態に係るリード処理の一例を示すフローチャートである。

MPU60は、所定のトラックに基準リードヘッドを位置決めして、複数のリードヘッドでこの所定のトラックをリードする(B1101)。例えば、MPU60は、所定のトラックにリードヘッド15R1を位置決めして、リードヘッド15R1及び15R2によりこの所定のトラックをリードする。MPU60は、クロストラック間隔が所定の値(x)よりも大きいのか所定の値(x)以下であるかを判定する(B1102)。例えば、MPU60は、クロストラック間隔が最大値に対して10%の間隔に相当する値(以下、単に、10%の値と称する)よりも大きいのか10%の値以下であるかを判定する。クロストラック間隔が所定の値(x)以下であると判定した場合(B1102のNO)、MPU60は、処理を終了する。クロストラック間隔が所定の値(x)よりも大きいと判定した場合(B1102のYES)、MPU60は、複数のリードヘッドにより所定のトラックをそれぞれリードした複数のリード信号の大きさを検出する(B1103)。例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号をフーリエ変換して取得したリード信号の大きさと、リードヘッド15R1から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド15R2によりこのユーザデータをリードしたリード信号をフーリエ変換して取得したリード信号の大きさを検出する。MPU60は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号の大きさに基づいてヘッド15の位置を補正し(B1104)、処理を終了する。例えば、MPU60は、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさと、リードヘッド15R1から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド15R2によるリード信号の大きさに基づいて、基準リードヘッド、例えば、リードヘッド15R1の位置を補正し、処理を終了する。

【0053】

一例では、MPU60は、所定のトラックをリードヘッド15R1とリードヘッド15R1から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド15R2とでリードしている際に、基準リードヘッドであるリードヘッド15R1によるリード信号が減少し、リードヘッド15R1に対して所定のクロストラック間隔で内方向にリードヘッド15R2によるリード信号が増大することを検出した場合、リードヘッド15R1を内方向にずらし、処理を終了する。

【0054】

他の例では、MPU60は、所定のトラックをリードヘッド15R1とリードヘッド15R1から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド15R2とでリードしている際に、基準リードヘッドであるリードヘッド15R1によるリード信号が減少し、リードヘッド15R1に対して所定のクロストラック間隔で内方向にリードヘッド15R2によるリード信号が減少することを検出した場合、リードヘッド15R1を外方向にずらし、処理を終了する。

【0055】

本実施形態によれば、磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドを備えている。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドの内の基準リードヘッドを所定のトラックに位置決めして、このトラックを複数のリードヘッドでリードする。磁気ディスク装置1は、クロストラック間隔が0であるか0でないかを判定する。クロストラック間隔が0でないと判定した場合、磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数のリード信号の大きさを検出する。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号に大きさに基づいてヘッド15の位置を補正する。そのため、磁気ディスク装置1

10

20

30

40

50

は、リード処理の精度を向上することが可能である。

【 0 0 5 6 】

次に、他の実施形態や他の実施形態の変形例に係る磁気ディスク装置について説明する。他の実施形態や他の実施形態の変形例において、前述の実施形態と同一の部分には同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略する。

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態の磁気ディスク装置 1 は、リード系の構成が第 1 実施形態の磁気ディスク装置 1 と異なる。

図 1 2 は、第 2 実施形態に係るリード系の構成例を示すブロック図である。

システムコントローラ 1 3 0 は、リード系として、信号処理回路、例えば、Automatic gain control (A G C) 回路 A G 1 と、信号処理回路、例えば、A G C 回路 A G 2 と、M P U 6 0 とを有している。例えば、A G C 回路 A G 1 は、パッファ 8 0 1 から取得した区分 W 毎のデータの利得を制御し、利得を制御したデータを M P U 6 0 に出力する。例えば、A G C 回路 A G 2 は、パッファ 8 0 2 から取得した区分 W 毎のデータの利得を制御し、利得を制御したデータを M P U 6 0 に出力する。

【 0 0 5 7 】

例えば、補正部 6 0 2 は、A G C 回路 A G 1 及び A G 2 から入力されたデータからリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数のリード信号の振幅を検出する。補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅とに基づいて、このトラックのトラックセンタに追従するように基準リードヘッド、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。

【 0 0 5 8 】

一例では、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅とに基づいて、リードヘッド 1 5 R 1 によりこのユーザデータをリードしたリード信号の振幅が所望の値になるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。例えば、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさと、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の大きさとに基づいて、リードヘッド 1 5 R 1 によりこのユーザデータをリードしたリード信号の振幅が大きくなるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。

【 0 0 5 9 】

言い換えると、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅とに基づいて、基準リードヘッド、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 でこのユーザデータをリードしたリード信号の S N 比が所望の値になるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。例えば、補正部 6 0 2 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から内方向にクロストラック間隔 C T S x で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅とに基づいて、リードヘッド 1 5 R 1 によりこのユーザデータをリードしたリード信号の S N 比が大きくなるように、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正する。リード信号の S N 比は、リード信号の振幅に対応している。例えば、リード信号の S N 比が大きくなると、リード信号の振幅も大きくなる。また、リード信号の S N 比が小さくなると、リード信号の振幅も小さく

10

20

30

40

50

なる。

【 0 0 6 0 】

図 1 3 は、第 2 実施形態に係るリード処理の一例を示すフローチャートである。

M P U 6 0 は、所定のトラックに基準リードヘッドを位置決めして、複数のリードヘッドでこの所定のトラックをリードし (B 1 1 0 1)、クロストラック間隔が所定の値 (x) よりも大きいのか所定の値 (x) 以下であるかを判定する (B 1 1 0 2)。クロストラック間隔が所定の値 (x) 以下であると判定した場合 (B 1 1 0 2 の N O)、M P U 6 0 は、処理を終了する。クロストラック間隔が所定の値 (x) よりも大きいと判定した場合 (B 1 1 0 2 の Y E S)、M P U 6 0 は、複数のリードヘッドにより所定のトラックをそれぞれリードした複数のリード信号の振幅を検出する (B 1 3 0 1)。例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 により所定のトラックのユーザデータをリードしたリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によりこのユーザデータをリードしたリード信号の振幅とを検出する。M P U 6 0 は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号の振幅に基づいてヘッド 1 5 の位置を補正し (B 1 3 0 2)、処理を終了する。例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によるリード信号の振幅と、リードヘッド 1 5 R 1 から半径方向に所定のクロストラック間隔で離間しているリードヘッド 1 5 R 2 によるリード信号の振幅とに基づいて、基準リードヘッド、例えば、リードヘッド 1 5 R 1 の位置を補正し、処理を終了する。

【 0 0 6 1 】

第 2 実施形態によれば、磁気ディスク装置 1 は、複数のリードヘッドを備えている。磁気ディスク装置 1 は、複数のリードヘッドの内の基準リードヘッドを所定のトラックに位置決めして、このトラックを複数のリードヘッドでリードする。磁気ディスク装置 1 は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数のリード信号の振幅を検出する。磁気ディスク装置 1 は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号の振幅に基づいてヘッド 1 5 の位置を補正する。そのため、磁気ディスク装置 1 は、リード処理の精度を向上することが可能である。

【 0 0 6 2 】

(第 3 実施形態)

第 3 実施形態の磁気ディスク装置 1 は、ヘッド 1 5 の構成が前述した第 1 実施形態及び第 2 実施形態の磁気ディスク装置 1 と異なる。

図 1 4 は、第 3 実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。図 1 4 において、リードヘッド 1 5 R 1 の半径方向の幅 (以下、単に、幅と称する) R W D 1 は、リードヘッド 1 5 R 1 を目標トラック I T R m に位置決めして実トラック I S T m をリード可能な幅である。リードヘッド 1 5 R 1 の幅 R W D 1 は、リードヘッド 1 5 R 2 の幅 R W D 2 よりも大きい。例えば、リードヘッド 1 5 R 1 の幅 R W D 1 は、リードヘッド 1 5 R 2 の幅 R W D 2 の 2 倍に相当する。また、リードヘッド 1 5 R 1 の幅 R W D 1 は、ライトヘッド 1 5 W の幅 W W D と同等である。

【 0 0 6 3 】

図 1 4 に示した例では、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 を目標トラック I T R m に位置決めし、リードヘッド 1 5 R 1 で目標経路 T R T m を追従して、リードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により実トラック I S T m のユーザデータ I S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 1 5 R 2 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 I S R m を追従するようにリードヘッド 1 5 R 1 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。

【 0 0 6 4 】

図 1 5 は、複数のリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により図 1 4 に示したユーザデータ I S D m をそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示

10

20

30

40

50

す図である。図 15 において、横軸は、図 14 に示したユーザデータ I S D m における円周位置を示し、縦軸は、リードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさを示している。図 15 の横軸において、円周位置の矢印の方向に進むに従ってリード方向に進む。図 15 の縦軸において、リード信号の大きさは、大の矢印の方向に進むに従って大きくなり、小の矢印の方向に進むに従って小さくなる。図 15 には、リードヘッド 15 R 1 より目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 1 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 1 3 と、リードヘッド 15 R 1 により目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 15 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 2 3 とを示している。リード信号の大きさの変化 L 1 3 は、リード方向において一定である。リード信号の大きさの変化 L 2 3 は、セクタ I S S 2 に向かって増大し、セクタ I S S 2 からリード方向に向かって減少している。図 15 のリード信号の大きさの変化 L 1 3 には、円周位置 C P 1 1 1 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 1 と、円周位置 C P 1 1 2 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 2 と、円周位置 C P 1 1 3 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 3 と、円周位置 C P 1 1 4 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 4 とを示している。円周位置 C P 1 1 2 は、円周位置 C P 1 1 1 よりもリード方向で、且つセクタ I S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 1 1 3 は、セクタ I S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 1 1 4 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 1 1 1、S M 1 1 2、S M 1 1 3、及び S M 1 1 4 は、同じである。なお、リード信号の大きさ S M 1 1 1、S M 1 1 2、S M 1 1 3、及び S M 1 1 4 は、僅かに異なってもよい。図 15 のリード信号の大きさの変化 L 2 3 には、円周位置 C P 2 1 1 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 1 と、円周位置 C P 2 1 2 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 2 と、円周位置 C P 2 1 3 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 3 と、円周位置 C P 2 1 4 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 4 とを示している。円周位置 C P 2 1 2 は、円周位置 C P 2 1 1 よりもリード方向で、且つセクタ I S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 2 1 3 は、セクタ I S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 2 1 4 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 2 1 2 は、リード信号の大きさ S M 2 1 1 よりも大きい。リード信号の大きさ S M 2 1 3 は、リード信号の大きさ S M 2 1 2 以上であってもよいし、リード信号の大きさ S M 2 1 2 より小さくてもよい。リード信号の大きさ S M 2 1 3 は、リード信号の大きさ S M 2 1 4 よりも大きい。なお、円周位置 C P 1 1 1 と C P 2 1 1 とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 1 2 と C P 2 1 2 とは一致していてもよい。また、円周位置 C P 1 1 3 と C P 2 1 3 とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 1 4 と C P 2 1 4 とは、一致していてもよい。

【 0 0 6 5 】

図 15 に示した例では、M P U 6 0 は、図 14 に示したようにリードヘッド 15 R 1 及び 15 R 2 により実トラック I S T m のユーザデータ I S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 によりリードしたユーザデータ I S D m をフーリエ変換してリードヘッド 15 R 1 によりユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさを検出する。例えば、M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 により円周位置 C P 1 1 1 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 1 1 と、リードヘッド 15 R 1 により円周位置 C P 1 1 2 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 1 1 2 とからリードヘッド 15 R 1 によるリード信号の大きさがリード方向において一定であることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 2 により円周位置 C P 2 1 1 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 1 1 と、リードヘッド 15 R 2 により円周位置 C P 2 1 2 に対応するユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさ S M 2 1 2 とからリードヘッド 15 R 2 によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。M P U 6 0 は、リードヘッド 15 R 1 によるリード信号の大きさが一定であり、リードヘッド 15 R 2 によるリード信号の大きさが増大していることから、図 14 に示すようにユーザデータ I S

10

20

30

40

50

D_mがユーザデータIUD_mから内方向に離れる方向に向かっていると判定する。ユーザデータISD_mがユーザデータIUD_mから内方向に離れる方向に向かっていると判定した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を内方向にずらして補正する。言い換えると、リードヘッド15R2がリードヘッド15R1から内方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが変化せず、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが増大していること検出した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を半径方向においてリードヘッド15R1からリードヘッド15R2へ向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

【0066】

例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により円周位置CP113に対応するユーザデータISD_mをリードしたリード信号の大きさSM113と、リードヘッド15R1により円周位置CP114に対応するユーザデータISD_mをリードしたリード信号の大きさSM114とからリードヘッド15R1によるリード信号の大きさがリード方向において一定であることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R2により円周位置CP213に対応するユーザデータISD_mをリードしたリード信号の大きさSM213と、リードヘッド15R2により円周位置CP214に対応するユーザデータISD_mをリードしたリード信号の大きさSM214とからリードヘッド15R2によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが一定であり、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが減少していることから、図14に示すようにユーザデータISD_mがユーザデータIUD_mに対して内方向に離間した位置から外方向に向かっていると判定する。ユーザデータISD_mがユーザデータIUD_mに対して内方向に離間した位置から外方向に向かっていると判定した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を内方向にずらした位置から外方向に向かうように補正する。言い換えると、リードヘッド15R2がリードヘッド15R1から内方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが変化せず、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが減少していること検出した場合、MPU60は、リードヘッド15R1を半径方向においてリードヘッド15R1からリードヘッド15R2に向かう方向にずらした位置からリードヘッド15R2からリードヘッド15R1に向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

【0067】

第3実施形態によれば、磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドを備えている。複数のリードヘッドの内の基準リードヘッドの幅は、基準ヘッド以外の複数のリードヘッドの幅よりも大きい。磁気ディスク装置1は、基準リードヘッドを所定のトラックに位置決めして、このトラックを複数のリードヘッドでリードする。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数の信号の大きさを検出する。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号の大きさに基づいてヘッド15の位置を補正する。そのため、磁気ディスク装置1は、リード処理の精度を向上することが可能である。

【0068】

(変形例1)

第3実施形態に係る変形例1の磁気ディスク装置1は、ヘッド15の構成が前述した第3実施形態の磁気ディスク装置1と異なる。

図16は、第3実施形態に係るリード処理の一例を示す模式図である。図16では、リードヘッド15R2を基準リードヘッドとしている。リードヘッド15R1は、リードヘッド15R2に対してクロストラック間隔CTS3で外方向に離間している。リードヘッド15R2の幅RWD2は、リードヘッド15R2を目標トラックITR_mに位置決めして実トラックIST_mをリード可能な幅である。リードヘッド15R2の幅RWD2は、リードヘッド15R1の幅RWD1よりも大きい。例えば、リードヘッド15R2の幅RWD2は、リードヘッド15R1の幅RWD1の2倍に相当する。また、リードヘッド1

5 R 2 の幅 R W D 2 は、ライトヘッド 1 5 W の幅 W W D と同等である。

【 0 0 6 9 】

図 1 6 に示した例では、M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 2 を目標トラック I T R m に位置決めし、リードヘッド 1 5 R 2 で目標経路 T R T m を追従して、リードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により実トラック I S T m のユーザデータ I S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とリードヘッド 1 5 R 2 でユーザデータ I S D m をリードしたリード信号とに基づいて、実経路 I S R m を追従するようにリードヘッド 1 5 R 2 の半径位置をリード方向の各円周位置で補正する。

【 0 0 7 0 】

図 1 7 は、複数のリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により図 1 6 に示したユーザデータ I S D m をそれぞれリードしたリード信号の大きさの円周方向における変化の一例を示す図である。図 1 7 において、横軸は、図 1 6 に示したユーザデータ I S D m における円周位置を示し、縦軸は、リードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードしたリード信号の大きさを示している。図 1 7 の横軸において、円周位置の矢印の方向に進むに従ってリード方向に進む。図 1 7 の縦軸において、リード信号の大きさは、大の矢印の方向に進むに従って大きくなり、小の矢印の方向に進むに従って小さくなる。図 1 7 には、リードヘッド 1 5 R 2 より目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 1 5 R 1 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 1 4 と、リードヘッド 1 5 R 2 により目標経路 T R T m を追従してリードヘッド 1 5 R 2 によりユーザデータ I S D m をリードした場合の円周位置に対するリード信号の大きさの変化 L 2 4 とを示している。リード信号の大きさの変化 L 1 4 は、セクタ I S S 2 に向かって減少し、セクタ I S S 2 からリード方向に向かって増大している。リード信号の大きさの変化 L 2 4 は、リード方向において一定である。図 1 7 のリード信号の大きさの変化 L 1 4 には、円周位置 C P 1 1 5 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 5 と、円周位置 C P 1 1 6 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 6 と、円周位置 C P 1 1 7 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 7 と、円周位置 C P 1 1 8 におけるリード信号の大きさ S M 1 1 8 とを示している。円周位置 C P 1 1 6 は、円周位置 C P 1 1 5 よりもリード方向で、且つセクタ I S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 1 1 7 は、セクタ I S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 1 1 8 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 1 1 6 は、リード信号の大きさ S M 1 1 5 よりも小さい。リード信号の大きさ S M 1 1 7 は、リード信号の大きさ S M 1 1 6 以上であってもよいし、リード信号の大きさ S M 1 1 6 より小さくてもよい。リード信号の大きさ S M 1 1 7 は、リード信号の大きさ S M 1 1 8 よりも小さい。図 1 7 のリード信号の大きさの変化 L 2 4 には、円周位置 C P 2 1 5 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 5 と、円周位置 C P 2 1 6 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 6 と、円周位置 C P 2 1 7 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 7 と、円周位置 C P 2 1 8 におけるリード信号の大きさ S M 2 1 8 とを示している。円周位置 C P 2 1 6 は、円周位置 C P 2 1 5 よりもリード方向で、且つセクタ I S S 2 よりもリード方向と反対方向の位置である。円周位置 C P 2 1 7 は、セクタ I S S 2 よりもリード方向で、且つ円周位置 C P 2 1 8 よりもリード方向と反対方向の位置である。リード信号の大きさ S M 2 1 5、S M 2 1 6、S M 2 1 7、及び S M 2 1 8 は、同じである。なお、リード信号の大きさ S M 2 1 5、S M 2 1 6、S M 2 1 7、及び S M 2 1 8 は、僅かに異なってもよい。なお、円周位置 C P 1 1 5 と C P 2 1 5 とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 1 6 と C P 2 1 6 とは一致していてもよい。また、円周位置 C P 1 1 7 と C P 2 1 7 とは一致していてもよいし、円周位置 C P 1 1 8 と C P 2 1 8 とは、一致していてもよい。

【 0 0 7 1 】

図 1 7 に示した例では、M P U 6 0 は、図 1 6 に示したようにリードヘッド 1 5 R 1 及び 1 5 R 2 により実トラック I S T m のユーザデータ I S D m をリードする。M P U 6 0 は、リードヘッド 1 5 R 1 によりリードしたユーザデータ I S D m をフーリエ変換してリ

10

20

30

40

50

ードヘッド15R1によりユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさを検出する。例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により円周位置CP115に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM115と、リードヘッド15R1により円周位置CP116に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM116とからリードヘッド15R1によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って減少していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R2により円周位置CP215に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM215と、リードヘッド15R2により円周位置CP216に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM216とからリードヘッド15R2によるリード信号の大きさが一定であることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが一定であることから、図16に示すようにユーザデータISDmがユーザデータIUDmから内方向に離れる方向に向かってしていると判定する。ユーザデータISDmがユーザデータIUDmから内方向に離れる方向に向かってしていると判定した場合、MPU60は、リードヘッド15R2を内方向にずらして補正する。言い換えると、リードヘッド15R1がリードヘッド15R2から外方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが減少し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが変化しないこと検出した場合、MPU60は、リードヘッド15R2を半径方向においてリードヘッド15R1からリードヘッド15R2へ向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

10

20

【0072】

例えば、MPU60は、リードヘッド15R1により円周位置CP117に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM117と、リードヘッド15R1により円周位置CP118に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM118とからリードヘッド15R1によるリード信号の大きさがリード方向に進むに従って増大していることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R2により円周位置CP217に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM217と、リードヘッド15R2により円周位置CP218に対応するユーザデータISDmをリードしたリード信号の大きさSM218とからリードヘッド15R2によるリード信号の大きさがリード方向において一定であることを検出する。MPU60は、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが一定であることから、図16に示すようにユーザデータISDmがユーザデータIUDmに対して内方向に離間した位置から外方向に向かってしていると判定する。ユーザデータISDmがユーザデータIUDmに対して内方向に離間した位置から外方向に向かってしていると判定した場合、MPU60は、リードヘッド15R2を内方向にずらした位置から外方向に向かうように補正する。言い換えると、リードヘッド15R1がリードヘッド15R2から外方向にクロストラック間隔を置いて位置している際に、リードヘッド15R1によるリード信号の大きさが増大し、リードヘッド15R2によるリード信号の大きさが変化しないこと検出した場合、MPU60は、リードヘッド15R2を半径方向においてリードヘッド15R1からリードヘッド15R2に向かう方向にずらした位置からリードヘッド15R2からリードヘッド15R1に向かう方向にリード方向に従って段階的にずらすように補正する。

30

40

【0073】

第3実施形態に係る変形例1によれば、磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドを備えている。複数のリードヘッドの内の基準リードヘッドの幅は、基準ヘッド以外の複数のリードヘッドの幅よりも大きい。磁気ディスク装置1は、基準リードヘッドを所定のトラックに位置決めして、このトラックを複数のリードヘッドでリードする。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをそれぞれリードした複数の信号の大きさを検出する。磁気ディスク装置1は、複数のリードヘッドにより所定のトラックのユーザデータをリードした複数のリード信号の大きさに基づいてヘッド1

50

5 の位置を補正する。そのため、磁気ディスク装置 1 は、リード処理の精度を向上することが可能である。

【 0 0 7 4 】

いくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 5 】

1 ... 磁気ディスク装置、 1 0 ... 磁気ディスク、 1 0 a ... ユーザデータ領域、 1 0 b ... システムエリア、 1 2 ... スピンドルモータ (S P M)、 1 3 ... アーム、 1 4 ... ボイスコイルモータ (V C M)、 1 5 ... ヘッド、 1 5 W ... ライトヘッド、 1 5 R 1、 1 5 R 2 ... リードヘッド、 2 0 ... ドライバ I C、 3 0 ... ヘッドアンプ I C、 4 0 ... ハードディスクコントローラ (H D C)、 5 0 ... リード / ライト (R / W) チャネル、 6 0 ... マイクロプロセッサ (M P U)、 7 0 ... 揮発性メモリ、 8 0 ... バッファメモリ、 9 0 ... 不揮発性メモリ、 1 0 0 ... ホストシステム (ホスト)、 1 3 0 ... システムコントローラ。

10

20

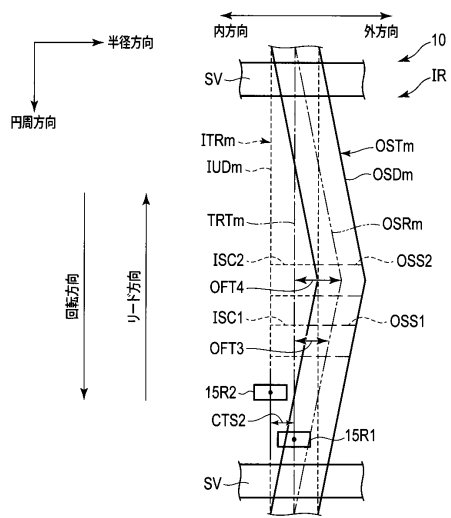
30

40

50

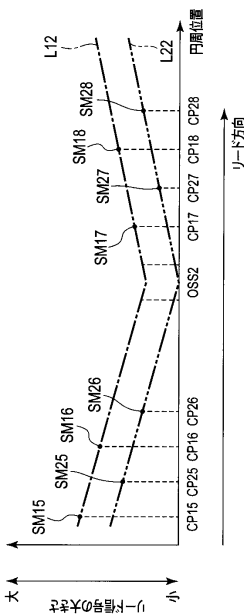
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10

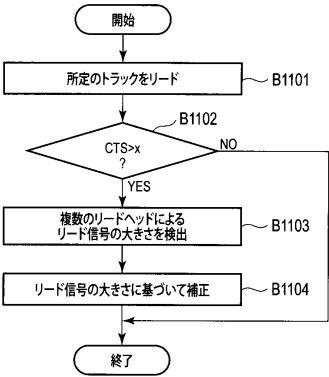


10

20

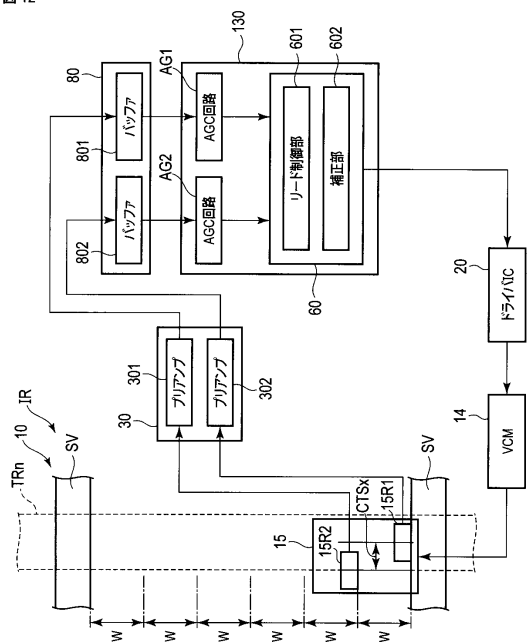
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



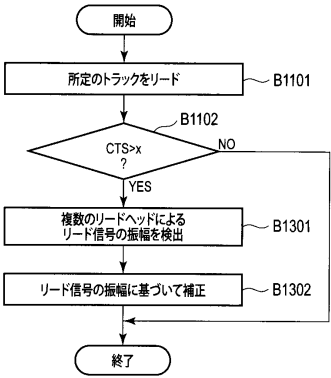
30

40

50

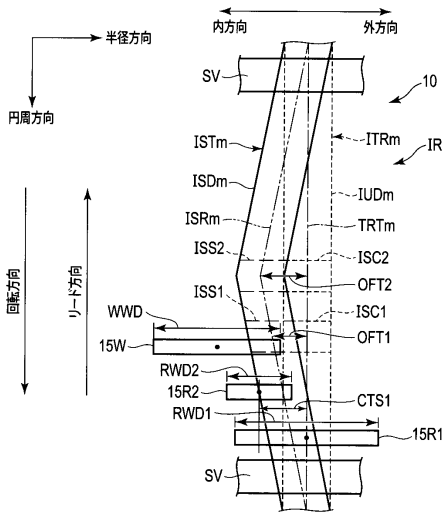
【図 13】

図 13



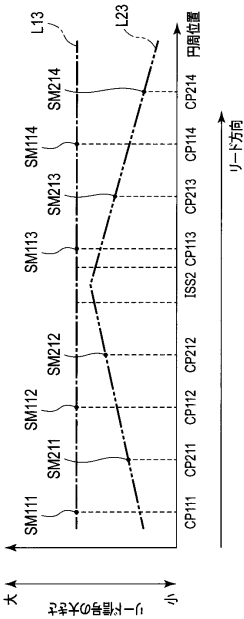
【図 14】

図 14



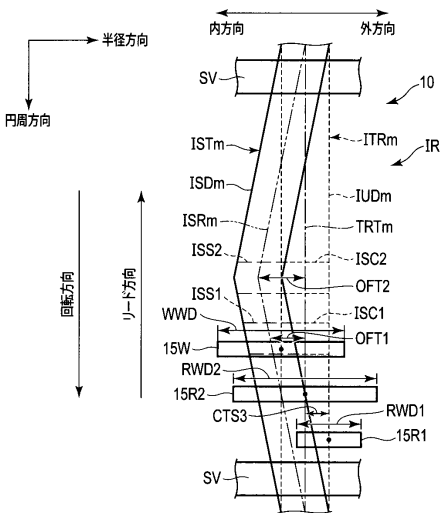
【図 15】

図 15



【図 16】

図 16



10

20

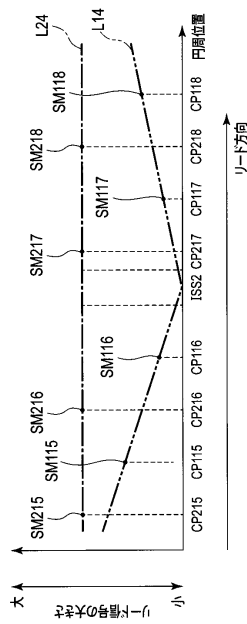
30

40

50

【図 17】

図 17



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 東芝デバイス&ストレージ株式会社内

審査官 川中 龍太

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 2 5 5 0 9 9 (U S , A 1)

特開 2 0 0 2 - 2 1 6 4 4 3 (J P , A)

特開昭 5 5 - 1 3 5 3 3 2 (J P , A)

特開平 0 8 - 1 3 8 2 2 2 (J P , A)

特公昭 4 6 - 0 0 1 3 0 8 (J P , B 1)

特開 2 0 0 8 - 1 6 5 9 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 1 1 B 5 / 5 9 6

G 1 1 B 2 1 / 1 0