

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第4区分

【発行日】平成27年7月9日(2015.7.9)

【公開番号】特開2014-179159(P2014-179159A)

【公開日】平成26年9月25日(2014.9.25)

【年通号数】公開・登録公報2014-052

【出願番号】特願2014-51359(P2014-51359)

【国際特許分類】

G 11 B 21/21 (2006.01)

G 11 B 5/455 (2006.01)

【F I】

G 11 B 21/21 N

G 11 B 5/455 G

G 11 B 21/21 E

【手続補正書】

【提出日】平成27年5月22日(2015.5.22)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】浮上高さ制御およびタッチダウン検出

【技術分野】

【0001】

本技術の実施形態は、ディスクドライブ内の浮上高さフィードバック制御およびタッチダウン検出の方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光ディスク、磁気光ディスク、またはフレキシブル磁気ディスク等をはじめとする各種の記録ディスクを用いるディスクドライブ装置が当業界で知られており、その中でもハードディスクドライブ(HDD)はコンピュータ用記録装置として広く使用され、多くの品目の電子部品、たとえばビデオ記録／再生装置または車載用ナビゲーションシステム等において使用されている。

【0003】

HDDで使用される磁気ディスクは、複数のデータトラックと複数のサーボトラックを含む。ユーザデータを含む1つまたは複数のデータセクタが各データトラックに記録される。各サーボトラックはアドレス情報を含む。サーボトラックは複数の項目のサーボデータからなり、これらは円周方向に間隔をあけて配置され、1つまたは複数のデータセクタがサーボデータの各項目間に記録される。ヘッド素子ユニットは、サーボデータのアドレス情報に従って必要なデータセクタにアクセスすることにより、データセクタにデータを書き込み、またはデータセクタからデータを読み出すことができる。

【0004】

ヘッド素子ユニットは、アクチュエータのサスペンションの上に取り付けられたスライダに形成される。サスペンションとヘッドスライダセンブリは、ヘッドジンバルアセンブリ(HGA)として知られている。さらに、アクチュエータとヘッドスライダセンブリは、ヘッドスライダセンブリ(HSA)として知られる。磁気ディスクと対向するスライダ浮上面と回転する磁気ディスクとの間の空気の粘性によって生じる圧力がサスペン

ションによって磁気ディスクの方向に加えられる圧力と釣り合い、それによってヘッドスライダが磁気ディスクの上方に浮上できる。アクチュエータは旋回軸の周囲で旋回し、その結果、ヘッドスライダは所期のトラックまで移動され、また、前記トラックの上方に位置決めされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0141603号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本技術のある実施形態によれば、標的入力、浮上高さモニタ部、浮上高さ調整部、熱式浮上高さ制御(TFC : thermal fly-height control)電力制御部、感知信号入力、埋め込み式接触センサ(ECS : embedded contact sensor)制御部、直流抵抗(DCR : direct current resistance)勾配-浮上高さ変換部を含むハードディスクコントローラと、TFCデジタル-アナログ変換器(DAC : Digital-to-Analog Converter)、ECS回路、ECS抵抗測定部を有するアーム用電子部品と、TFCヒータ、生成された突出部、ECSを有するヘッドと、冷却/接触加熱に関するECS感知工程のためのヘッドディスクインターフェース(HDI)と、を含むシステムが提供される。この設計は、次の機能、すなわち、ECS DCRとその勾配の測定、DCR勾配-浮上高さ変換、表面微小うねりおよび潤滑剤モーグルおよび/または堆積等の信号を感知することによる浮上高さの適時のモニタと調整のための浮上高さ出力、浮上高さ変化のフィードバックによる調整によって標的浮上高さを保持するためのヒータ用電力の調整、を提供する。浮上高さの適時のモニタと能動的な制御は、ECS DCR勾配を通じて行われる。

【0007】

本技術のある実施形態によれば、標的入力、タッチダウン検出部、TFC用電力制御部、感知信号入力、ECS制御部、直流抵抗(DCR)勾配-浮上高さ変換部を含むローラと、TFC DAC、ECS回路、抵抗測定部を有するアーム用電子部品と、TFCヒータ、生成された突出部、ECSを有するヘッドと、冷却/接触加熱に関するECS感知工程のためのHDIと、を含むシステムが提供される。この設計は、次の機能、すなわち、ECS DCRとその勾配の測定、DCR勾配-浮上高さ変換、浮上高さがゼロより低いか否かを判断するためのタッチダウン検出、接触が検出されるまでの加熱電力削減のためのヒータ用電力制御を提供する。タッチダウン検出は、ECS DCRまたはその勾配を使って行われる。

【0008】

本明細書に組み込まれ、その一部をなす添付の図面は、本技術の実施形態を示しており、説明とともに本技術の実施形態を説明する役割を果たす。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明のある実施形態によるHDDの一例を示す。

【図2】本発明のある実施形態によるヘッドスライダの一例を示す。

【図3】本発明のある実施形態による構成を示す図である。

【図4A】本発明のある実施形態による埋め込み式接触センサ直流抵抗と熱式浮上高さ制御ヒータ用電力との間の関係をグラフで示す。

【図4B】本発明のある実施形態による埋め込み式接触センサ直流抵抗勾配と熱式浮上高さ制御ヒータ用電力との間の関係をグラフで示す。

【図5】本発明のある実施形態によるクリアランスと埋め込み式接触センサ直流抵抗勾配との間の関係をグラフで示す。

【図6】本発明のある実施形態による構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【0010】**

この説明の中で参照される図面は、特にことわりがないかぎり、正確な縮尺で描かれていないと理解するべきである。

【0011】

ここで、本技術の代替的実施形態を詳細に説明する。本技術は代替的実施形態に関連して説明するが、当然のことながら、本技術をこれらの実施形態に限定しようとするものではない。反対に、本技術は、付属の特許請求の範囲により定義される本技術の主旨と範囲の中に含められる代替形態、改変形態、および均等物も包含するものとする。

【0012】

さらに、本技術の実施形態の以下の説明においては、本技術が十分に理解されるようにするために、様々な具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、本技術の実施形態は、これらの具体的な詳細事項を用いなくても実施できる点に留意するべきである。それ以外の場合に、よく知られた方法、手順、構成要素は、本技術の実施形態が不必要に不明瞭とならないように、詳細には説明しなかった。図面全体を通じて、同様の構成要素は同様の参照番号で示され、また、説明を明瞭にするために、不要であれば反復的な説明は割愛した。

【0013】**概要**

本技術は、ハードディスクドライブ（HDD）に関する。より詳しくは、本技術は、磁気ヘッドと磁気記録媒体との間のクリアランスを、埋め込み式接触センサ（ECS）の直流抵抗（DCR）またはその勾配を通じて動的にモニタし、調整する方法に関する。

【0014】

ディスクドライブは、記録媒体／ディスクの上方に浮上するスライダに埋め込まれた読み取りおよび書き込み素子を含む。データ密度に対する要求の高まりによって、読み取りおよび書き込み素子の浮上位置をディスクにより近くすることが必要である。したがって、スライダとディスクとの間のクリアランスは、記憶密度の増大とともにますます重要となる。

【0015】

熱式浮上高さ制御（TFC）ヒータをスライダの中に設置して、読み取りおよび書き込み素子の浮上高さを低くする熱膨張を通じて、スライダを読み取りおよび書き込み素子の近傍に制御することができる。ヘッドの標的浮上高さを実現する適当な浮上高さヒータ制御信号、たとえばヒータに印加される適当な電流および／または電圧を判断することが望ましく、これはタッチダウン時のそれからのバックオフ値として設定される。埋め込み式接触センサ方式等の各種の方法が、タッチダウン時の接触を検出し、TFCヒータのタッチダウン電流および／または電圧を設定するために使用される。

【0016】

相対的な浮上高さを確認するために、読み出し信号の振幅とウォレス分散損失の関係を利用できる。しかしながら、読み出し信号測定では、読み取り手段と書き込み手段の性能とディスクの磁気性能によって正確な浮上高さが提供されない可能性がある。スライダができるだけディスクに近い位置に浮上する場合、ヘッドディスク間接触が発生することがあり、これによってスライダの浮上ダイナミクスが不安定となり、ひいては、媒体内のデータ刷り込みエラーが発生する。さらに、浮上高さはまた、潤滑剤とスライダの相互作用、分子間力等によっても影響を受ける。本技術の実施形態は、これらおよびその他の問題に対処し、先行技術より有利な点を提供する。

【0017】

磁気ディスクドライブが、磁気ディスクドライブの信頼性を失うことなくデータを書き込む記録密度を増大させるための1つの方法は、磁気ディスクの表面全体にわたって浮上高さを低くし、TFCヒータ用電力を動的に調整することによって、表面微小うねりおよび潤滑剤モーグルおよび／または堆積等の各種の変動を受けても、すべてのドライブにおいて一定で同じ浮上高さを保持することである。

【 0 0 1 8 】

読み取りおよび書き込み素子またはトランステューサはHDDのスライダの内側にある。浮上高さが低くなると、ヘッドディスク間距離、すなわち読み書きヘッドとディスクとの間の距離を正確に制御することがより大きな意味を持つようになる。スライダの浮上高さに不利な影響を与える可能性のある事項の1つは、潤滑剤とスライダの相互作用、たとえば潤滑剤ピックアップである。この事項の不利な影響は、熱式浮上高さ制御ヒータを動的に調整することによって、縮小および／または排除できる。ヒータ用電力の動的な制御によって、スライダの損耗が減少し、また、浮上高さをより低くすることができます。

【 0 0 1 9 】

また、ナノメートル単位で測定される低い浮上高さにより、ディスクの表面微小うねりとディスク潤滑剤モーグルは、ディスク表面のトポグラフィを、ディスクの1回転中でさえもディスク表面上方のスライダの浮上高さを大きく変化させるほど変えてしまう要素である。ディスクドライブが動作する温度と海拔等のその他の要素もまた、スライダの浮上高さを大幅に変化させる可能性がある。たとえば、ハードディスクドライブが高温下または高い海拔またはその両方で動作されると、スライダの浮上高さは、ある種の能動的な制御が行われないかぎり減少しうる。そのため、本明細書で説明する埋め込み式接触センサの抵抗勾配を用いた能動的浮上高さ制御は、温度や海拔等の可変条件によって影響を受けず、表面微小うねりや潤滑剤モーグルおよび／または堆積等の微細なディスク表面変化を素早く感知し、反応できる方法によって浮上高さを適時にモニタし、能動的に制御するために有益である。

【 0 0 2 0 】

本技術は、このような状況を鑑みてなされており、したがって、本技術の目的は、埋め込み式接触センサの抵抗またはその勾配を使って浮上高さをモニタし、能動的に制御できる、および接触検出のための有効な方法とシステム設計を提供することである。

【 0 0 2 1 】

本技術によれば、HDD内の浮上高さの適時のモニタと能動的な制御は、ECS DC R勾配を使って実現され、またHDD内のタッチダウン検出もまた、ECS DC Rまたはその勾配を使って実現される。

【 0 0 2 2 】**浮上高さ制御およびタッチダウン検出のための本技術の実施形態の説明**

ここで、本技術の実施形態を詳しく説明するが、その例が添付の図面に描かれている。本技術は、各種の実施形態に関連して説明されるが、当然のことながら、本技術をこれらの実施形態に限定しようとするものではない。反対に、本技術は、付属の特許請求の範囲により定義される各種の実施形態の主旨と範囲の中に含められる代替形態、改変形態、均等物も包含するものとする。

【 0 0 2 3 】

さらに、以下の実施形態の説明においては、本技術が十分に理解されるようにするために、様々な具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、本技術は、これらの具体的な詳細事項を用いなくても実施できる。それ以外の場合に、よく知られた方法、手順、構成要素、回路は、以下の実施形態が不必要に不明瞭とならないように、詳細には説明していない。

【 0 0 2 4 】

HDDはコンピュータ用記憶装置として一般使用されている。これに加えて、HDDは、コンピュータ以外にも、ビデオ画像記録および／または再生装置や車載用ナビゲーションシステム等、多くの用途で利用される。

【 0 0 2 5 】

HDDにおいて利用される磁気ディスクは、複数のデータトラックを含み、1つまたは複数のデータセクタがこれらのデータトラック内に記録される。また、磁気ディスクは複数のサーボトラックを含み、これらのサーボトラックは、円周方向に分離された複数のサーボセクタを含む。搖動可能なアクチュエータ上に支持されるヘッドスライダのヘッド素

子部は、サーボデータアドレス情報に従って所望のデータセクタにアクセスすることにより、データセクタへのデータ書込みとデータセクタからのデータ読み取りを実行できる。

【0026】

一般に、HDDは筐体内に設置された集積回路（IC）またはパッケージICを含み、これはヘッドスライダ信号を増幅する増幅回路を含む。ICは通常、アクチュエータの運動軸の付近に固定される。そこで、本明細書ではこのICをヘッドICまたはアーム用電子部品と呼ぶ。アーム用電子部品内の増幅回路は、ヘッドスライダにより読み取られたユーザデータ信号とサーボデータ信号を増幅し、これに加えて、ヘッドスライダによって書き込まれた使用者データ信号を増幅する。この増幅回路以外に、アーム用電子部品には高い機能性を実現するための論理回路が組み込まれる。

【0027】

アーム用電子部品は、ハードディスクコントローラからの指示に従って動作を行う。ハードディスクコントローラを含むIC（またはパッケージIC）は一般に、HDDケースの外側に固定された制御回路基板上に実装される。アーム用電子部品にはレジスタが設置され、ハードディスクコントローラは、これらのレジスタ内に制御データを保存することによってアーム用電子部品を制御する。たとえば、アーム用電子部品は、ハードディスクコントローラからの指示に従って、ヘッドスライダを選択し、書込み電流値またはセンサ電流値を変更する。これら以外に、他のアーム用電子部品の機能は、ヘッドスライダに取り付けられたTFCヒータに電力を供給することである。

【0028】

磁気ディスク上への記録密度を改善するために、磁気ディスクと、磁気ディスクの上方に浮上するヘッド素子との間のクリアランスを縮小することが重要である。一実施形態において、ヒータは、ヘッドスライダ上にあり、このヒータでヘッド素子を加熱することによって、クリアランスを調整するためのものである。

【0029】

この方式は、TFC（熱式浮上高さ制御）と呼ばれる。TFCでは、ヒータに電流を供給することによって熱が発生され、ヘッド素子が熱膨張によって突出し、それによって前記突出部が生成される。このようにして、磁気ディスクとヘッド素子との間のクリアランスを縮小することができる。クリアランスの縮少量は、TFCヒータ電力の増加量によって決定される。

【0030】

記録密度を改善するために、一実施形態において、ヘッドスライダと磁気ディスクとの間のクリアランスが引き続き縮小され続け、現在採用されているクリアランスは数ナノメートル（nm）である。現在採用されているクリアランスは、HDD製造に必要なマージンを考えると、限界に近い数値である。各種の実施形態において、接触センサ要素がヘッドスライダに埋め込まれ、磁気ディスクとヘッドスライダとの間の接触をその場で感知する。

【0031】

HDDは、接触センサ素子をヘッドスライダに埋め込み、この素子を使ってヘッドスライダと磁気ディスクの接触を接触的にモニタすることにより、その場でヘッドディスク間接触に関する問題に対処することができる。たとえば、HDDは、クリアランスを増大させ、書込み工程を中断し、または接触位置を保持することによって、ヘッド位置に従ってクリアランスを制御できる。その結果、ヘッドスライダと磁気ディスクとの間のクリアランス限界は、ヘッドスライダと磁気ディスクとの間の接触を能動的にモニタすることによって低減させることができ、その結果、読み取り工程と書込み工程中のクリアランスを縮小できる。

【0032】

一実施形態において、ヘッドスライダは読み取り素子と、書込み素子と、TFCヒータと、を含む。このような実施形態において、供給される電流がヒータに投入され、ヘッド要素は熱膨張によって突出し、それによって突出部が生成される。磁気ディスクとヘッド素

子との間のクリアランスを縮小できる。

【0033】

一実施形態において、ヘッドスライダは、読み取り素子と、書き込み素子と、TFCヒータと、ECS要素と、を含む。このような実施形態において、ECS素子はヘッドスライダ内に埋め込まれる。このような実施形態では、アーム用電子部品には、このセンサ素子の受信回路（接触センサ回路）が設けられる。

【0034】

ECS素子は薄い層からなり、その抵抗がその温度によって変化する。このセンサの温度は、ヘッドディスクインターフェースにおける空気層冷却と摩擦誘導熱によって変化する可能性があり、したがって、このセンサの抵抗は空気層の冷却と摩擦加熱によって変化する。

【0035】

一実施形態において、ディスクドライブは、ディスクにアクセスするヘッドスライダと、ヘッドスライダとディスクとの間のクリアランスを感知する熱センサ素子と、ヘッドICであって、このヘッドIC、すなわちアーム用電子部品の中にヘッドスライダの信号を増幅する増幅回路部を有するヘッドICと、を含み、熱センサの抵抗を測定して、これをハードディスクコントローラICに転送し、これはヘッドICの他の機能と共有され、ハードディスクコントローラによって制御されるECSへの電流／電圧を設定し、クリアランスを変化させるためにTFCヒータに電力（ハードディスクコントローラによって調整された電力）を印加する。

【0036】

一実施形態において、ディスクドライブは、ディスクにアクセスするヘッドスライダと、ヘッドスライダとディスクとの間のクリアランスを感知する熱センサ素子と、ヘッドスライダの信号を増幅する増幅回路部を有するヘッドIC（アーム用電子部品）と、ハードディスクコントローラICであって、ヘッドICを制御するためにヘッドICのレジスタにアクセスするハードディスクコントローラを含むハードディスクコントローラICと、を含み、HDD内のディスクの表面微小うねり、潤滑剤モーグルおよび／または堆積、標高、環境温度等の各種の可変条件によるクリアランスの変化を反映する感知信号を受信し、浮上高さの現在の測定値と標的浮上高さの差を取得し、浮上高さの差によってTFC用電力を制御してヒータ用電力を変化させ、ECSの抵抗を適時に受信し、登録して、現在のTFCヒータ用電力と過去に登録されたTFCヒータ用電力に対応する、受信された抵抗と過去に登録された抵抗によってTFC用電力によるDCR勾配を計算し、特定され、測定された登録データによってECS DCR勾配を浮上高さに変換し、浮上高さをモニタする。

【0037】

別の実施形態において、ディスクドライブは、ディスクにアクセスするヘッドスライダと、ヘッドスライダとディスクとの間のクリアランスを感知する熱センサ素子と、ヘッドスライダの信号を増幅する増幅回路部を有するヘッドIC、すなわち、アーム用電子部品と、ハードディスクコントローラICであって、ヘッドICを制御するためにヘッドICのレジスタにアクセスするハードディスクコントローラを含むハードディスクコントローラICと、を含み、HDD内のディスクの表面微小うねり、潤滑剤モーグルおよび／または堆積、標高、環境温度等の各種の可変条件によるクリアランスの変化を反映する感知信号を受信し、浮上高さを調整して、浮上高さの現在の測定値と標的浮上高さの差を取得し、浮上高さの差によってTFC用電力を制御してヒータ用電力を変化させ、ECSの抵抗を適時に受信し、登録して、現在のTFCヒータ用電力と過去に登録されたTFCヒータ用電力に対応する、受信された抵抗と過去に登録された抵抗によってTFC用電力によるDCR勾配を計算し、特定され、測定された登録データによってECS DCR勾配を浮上高さに変換し、浮上高さがゼロより低いか否かを判断し、浮上高さがゼロより低いことは接触が発生していることを示す。

【0038】

一実施形態において、ディスクドライブはHDDである。この実施形態では、HDDは浮上高さを適時にモニタし、浮上高さを能動的に調整することによって標的浮上高さを保持、ヘッドスライダと磁気ディスクとの間の接触を、フィードバックECS-DCRまたはその勾配の点で検出することができる。

【0039】

ここで、クリアランス、すなわちヘッドスライダと磁気ディスクとの間の浮上高さを適時にモニタするためのプリント回路基板が実装されたHDDの全体的な構成を説明する。図1は、HDD 101の全体的な構成を示すブロック図である。HDD 101は、ハードディスクドライブベース102の内側に固定されたプリント回路基板115を含む。回路基板115には、ハードディスクドライブのハードディスクコントローラ117とアーム用電子部品116等の各種の回路が実装され、読み取り/書き込みチャネル、モータドライブユニット110、マイクロプロセッサユニット(MPU)、論理回路が含まれる。これらの回路は、1つのICまたはパッケージIC上、あるいは別々のICまたはパッケージIC上に形成されてもよい。

【0040】

HDD 101は、少なくとも1つの媒体、すなわち磁気ディスク103を有するディスクパックを含む外側筐体またはベース102を有する。1つまたは複数のディスク103は、中央ドライブハブ104を有するスピンドルモータアセンブリによって回転される。アクチュエータ105は、旋回アセンブリ107の周囲で移動または旋回可能にベース102に取り付けられた、櫛状の複数の平行なアクチュエータアーム106(1つのみ示されている)を含む。

【0041】

図の実施形態において、磁気読み取り/書き込みトランステューサ、すなわちヘッドがスライダ109に取り付けられ、各サスペンション108に取り付けられた柔軟な撓み性部材に固定されている。スライダ109は通常、サスペンション108の端に結合される。サスペンション108はばね状の性質を有し、スライダ109の空気潤滑面をディスク103に対して偏倚させ、または付勢し、スライダ109をディスクから正確な距離に浮上させる。モータドライブユニット110に関連付けられたボイスコイルモータがアクチュエータ105をそれに取り付けられたスライダ109とともに回転させ、スライダ109をディスク内径113とディスク外径114との間の経路112に沿った所望のデータトラックの上方に位置決めする。摩擦、損耗、腐食から保護するために、磁気ディスク103のハードカーボンオーバーコートの上に薄層の潤滑剤111が浸漬被覆されている。回転する磁気ディスク103がスライダ109の下の空気を引きずり、空気潤滑面の下を通過する空気が圧縮され、それによってディスクと空気潤滑面との間の空気圧力が上昇し、これがサスペンション108により加えられる負荷力に対抗する流体力学的浮力を発生させ、スライダを磁気ディスク103の表面の上方またはその付近で上昇させ、浮上させる。

【0042】

図2は、図1と2のヘッドスライダ109の構成を図式的に示す図である。ヘッドスライダ109は、スライダ212とその後端面に形成された素子部211を含む。素子部211は、読み取り素子214と、書き込み素子215と、TFCヒータ素子213と、ECS素子216と、突出部217と、を含む。ヘッドスライダ109は、図1と2の磁気ディスク103の上方に浮上する。

【0043】

TFCヒータ素子213は、熱によってヘッド素子部211の膨張部および/または突出部を生成することにより、ヘッド素子部211と磁気ディスク103との間のクリアランスを調整する。このTFCヒータ素子213は、ヘッド素子部211と磁気ディスク103との間のクリアランスを調整するクリアランスアクチュエータを構成する。ヒータ素子を使用するクリアランスアクチュエータのほかに、たとえば磁気ディスク103とヘッドスライダ109との間の静電力または圧電素子を利用したクリアランスアクチュエータもまた知られている。

【0044】

ECS素子216は、抵抗素子である。ヘッド素子部211が磁気ディスク103から浮上しているか、またはこれと接触している時、ECS素子216の抵抗値は、ヘッドディスクインターフェース330の空気層冷却効果と摩擦誘導熱331によって変化する。ヘッド109とディスク103との間のクリアランスは、ECS素子216のTFCヒータ用電力での抵抗または抵抗勾配のこの変化を測定することによって感知できる。

【0045】

図1に戻ると、ヘッドスライダ109はアクチュエータ105の先端に固定される。アクチュエータ105はボイスコイルモータと連結され、ヘッドスライダ109が、その回転シャフトの周囲での回転により、回転する磁気ディスク103の上で半径方向に移動される。モータドライブユニット110は、ハードディスクコントローラ117からの制御データに従ってボイスコイルモータを駆動する。

【0046】

図3は、本技術のある実施形態に従って図1と3のハードディスクコントローラ117により浮上高さを適時にモニタし、一定の浮上高さを標的浮上高さと同じに保つように浮上高さを能動的に調整するためのハードディスクコントローラに関する構成を示す図である。ハードディスクコントローラ117は、標的浮上高さ(FH)入力301と、浮上高さモニタ部302と、浮上高さ調整部303と、DCR勾配・浮上高さ変換部304と、TFC用電力制御部305と、サンプラ306と、感知信号入力307と、ECS制御部308と、を含む。図3はまた、図1と3のアーム用電子部品116も示しており、これはTFC DAC 312と、図1と3のECS回路313と、ECS抵抗測定機能部311と、を有する。図3はまた、ヘッド320も示しており、これは図2と3のTFCヒータ素子213と、図2と3の生成された突出部217と、図2と3のECS素子216と、を有する。一実施形態において、ヘッド320は、ヘッドICを含む。図3はまた、空気層冷却および摩擦誘導加熱331に関するECS感知工程のためのヘッドディスクインターフェース(HDI)330も描いている。

【0047】

この実施形態では、TFCヒータ素子213は、ヘッド素子部211と磁気ディスク103との間のクリアランスを、熱によりヘッド素子部211の膨張部および／または突出部を生成することによって調整する。ECS素子216の抵抗値は、ヘッドディスクインターフェース330での空気層冷却効果と摩擦誘導熱331により変化し、アーム用電子部品116で測定される。

【0048】

ヘッドICを構成するアーム用電子部品116は、ケース102の内部に配置されたICまたはパッケージICである。アーム用電子部品116は、アクチュエータ105の回転シャフトの付近に固定される。アーム用電子部品116は、ハードディスクコントローラ117からの制御データに従って複数のヘッドスライダ109から磁気ディスク103にアクセスし、すなわち読み取り、または書き込むための1つのヘッドスライダ109を選択し、読み取り／書き込み信号の増幅を行う。

【0049】

また、アーム用電子部品116は、ハードディスクコントローラ117からの制御データに従って選択されたヘッドスライダ109のTFCヒータ素子213に電力を供給し、その電力量を調整する電力供給調整回路として機能する。

【0050】

また、アーム用電子部品116は、ハードディスクコントローラ117からの制御データに従って選択されたヘッドスライダ109のECS素子216に電流または電圧を供給するバイアス電流または電圧供給回路として機能する。また、アーム用電子部品116は、ECS素子216の抵抗を測定する抵抗測定機能部311を機能させる。

【0051】

ハードディスクコントローラ117は、HDD 101のコントローラであり、MPU

とハードウェア論理回路を含む。MPUは、RAMの中に搭載されたファームウェアに従って動作する。ハードディスクコントローラ117は、HDD 101の全体的な制御と、データ処理に関する必要な処理、たとえば読み取り／書き込み工程制御、命令実行順序の管理、サーボ信号を用いたサーボ制御等のヘッド位置決め制御、その他の機能を実行する。

【0052】

ハードディスクコントローラ117は、アーム用電子部品116のレジスタの中に制御データを設定することによって、アーム用電子部品116の動作を制御する。

【0053】

ハードディスクコントローラ117は、アーム用電子部品116の制御レジスタの中に制御データを保存することによってアーム用電子部品116を制御する。アーム用電子機部品116には実際に、複数の制御レジスタを含む制御レジスタセットが設けられる。アーム用電子部品116は、これらの制御レジスタの中に設定された数値に従ってヘッドスライダ109を選択するか、ヘッドスライダ109に、レジスタにより設定された数値の書き込み電流または感知電流を供給する。また、アーム用電子部品116は、ヘッドスライダ109のTFCヒータ素子213に、ハードディスクコントローラ117によって問題のレジスタの中に設定されたデータにより示される数値のヒータ用電力を供給する。さらに、アーム用電子部品116は、ヘッドスライダ109のECS素子216に、ハードディスクコントローラ117によって問題のレジスタの中に設定されたデータにより示される電流モードの電流または電圧モードの電圧を供給する。

【0054】

一実施形態において、ハードディスクコントローラ117は、アーム用電子部品116からECS素子216の抵抗を取得し、抵抗勾配をカウントし、それを浮上高さ変換部304において変換する。ハードディスクコントローラ117は、浮上高さモニタ部302に応じて浮上高さの数値を適時に出力することができる。

【0055】

一実施形態において、ハードディスクコントローラ117は、浮上高さ調整部303の中で現在の浮上高さ測定値を設定標的浮上高さと比較し、浮上高さ測定値と標的浮上高さの差をカウントすることができ、TFC用電力制御部305の中でその差によりTFC用電力を変化させ、変化されたTFC用電力がアーム用電子部品116に供給され、TFCヒータ素子213に入力される。

【0056】

図5は、この実施形態による、1つのサンプルのクリアランスとECSのDCR勾配との間の関係を示す。この関係は式1で表現することができる。式1：クリアランス = f(DCR勾配) = $a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0$

【0057】

式1において、sは測定されたDCR勾配であり、 a_n, \dots, a_0 は測定データをフィットさせることによって得られた係数である。この関係はハードディスクコントローラの中に保存され、DCR勾配 - 浮上高さ変換部304の変換において使用される。

【0058】

図6は、本技術の実施形態に従って図1と3のハードディスクコントローラ117によって実行されるタッチダウン検出のためのハードディスクコントローラに関する構成を示す図である。ハードディスクコントローラ117は、標的FH入力301と、接触検出部601と、DCR勾配 - 浮上高さ変換部304と、TFC用電力制御部305と、サンプラ306と、感知信号入力307と、を含む。

【0059】

この実施形態において、ハードディスクコントローラ117は、アーム用電子部品116からECS素子216の抵抗を取得し、抵抗勾配をカウントし、浮上高さ変換部304においてそれを変換することができる。ハードディスクコントローラ117は、現在の浮上高さがゼロより低いか否かを判断して、接触の発生601を検出することができる。

【0060】

図4Aと図4Bは、本技術の実施形態による、DCR上昇およびDCR勾配とタッチダウン電力との間の関係をグラフで示す。401は接触前のTFC用電力に伴うDCR上昇変化の曲線であり、402はDCR上昇により示される接触点であり、403は接触後のTFC用電力に伴うDCR上昇変化の曲線である。411は接触前のTFC用電力に伴うDCR勾配変化の曲線であり、412はDCR勾配により示される接触点であり、413は接触後のTFC用電力に伴うDCR勾配変化の曲線である。これらの関係は、ハードディスクコントローラ117の中でヘッドとディスクとの間のタッチダウンを示すために利用できる。接触検出のための閾値が、DCR上昇またはDCR勾配について設定される。この関係は、様々な方法で利用できる。

【0061】

一実施形態において、接触検出部601は、カウンタと比較処理部を含む。カウンタは、接触センサ要素を含みうるECS回路313のECS-DCRの測定値をカウントする。DCR上昇とTFC用電力との間の一般的な関係は、401、402、403のようになる。比較処理部は、カウンタの数値と所定の閾値を比較し、接触が発生したか否かを判断する。

【0062】

別の実施形態において、接触検出部601は、カウンタと比較処理部を含む。カウンタは、接触センサ要素を含みうるECS回路313のDCR勾配の測定値をカウントする。DCR勾配とTFC用電力との間の一般的な関係は、411、412、413のようになる。比較処理部は、カウンタの数値と所定の閾値を比較し、接触が発生したか否かを判断する。

【0063】

一般に、HDD-101には複数のヘッドスライダ109が設けられる。アーム用電子部品116には、それぞれこれらのヘッドスライダ109に対応する接触センサ回路部と抵抗測定機能部311を含むECS回路313か、ヘッドスライダ109の全部（または一部）のための共通の接触センサ回路部313が設けられる。一実施形態において、センサDCRを測定する抵抗測定機能部311は、ヘッドスライダ109の全部に共通である。このようにして、回路の大きさを縮小できる。

【0064】

各種の実施形態において、アーム用電子部品による処理は、磁気ディスク以外のディスクで使用されるディスクドライブにも適用できる。ハードディスクコントローラを含むICは、ケース内に配置することができる。ハードディスクコントローラを含むICは、RWチャネルまたはRAM等の他の回路構成要素を含んでいてもよい。本技術を適用できるHDDの磁気ディスクの数は無制限であり、本技術は読み取り専用HDDにも適用できる。

【0065】

本技術の具体的な実施形態の上記の説明は、例示と説明の目的のために行われた。これらは網羅的ではなく、またこの技術を開示された正確な形態に限定しようとするものではなく、上記の教示から多くの改変や変更が可能となる。本明細書に記載の実施形態は、本技術の原理とその実践的な応用を最善に説明し、それによって当業者が本技術と各種の実施形態を、企図される具体的な用途に適した各種の改変と共に最善に利用できるようにするために選択され、説明された。本技術の範囲は、付属の特許請求項およびそれらの均等物によって定義されるものとする。

【符号の説明】

【0066】

101 HDD

102 ハードディスクドライブベース

103 磁気ディスク

104 中央ドライブハブ

105 アクチュエータ

106 アクチュエータアーム

- 1 0 7 旋回アセンブリ
1 0 8 サスペンション
1 0 9 ヘッドスライダ
1 1 0 モータドライブユニット
1 1 1 潤滑剤
1 1 2 経路
1 1 3 ディスク内径
1 1 4 ディスク外径
1 1 5 回路基板
1 1 6 アーム用電子部品
1 1 7 ハードディスクコントローラ
2 1 1 ヘッド素子部
2 1 2 スライダ
2 1 3 TFCヒータ素子
2 1 4 読取り素子
2 1 5 書込み素子
2 1 6 ECS素子
2 1 7 突出部
3 0 1 標的浮上高さ入力
3 0 2 浮上高さモニタ部
3 0 3 浮上高さ調整部
3 0 4 DCR勾配 - 浮上高さ変換部
3 0 5 TFC用電力制御部
3 0 6 サンプラ
3 0 7 感知信号入力
3 0 8 ECS制御部
3 1 1 ECS抵抗測定機能部
3 1 2 TFC DAC
3 1 3 ECS回路
3 2 0 ヘッド
3 3 0 ヘッドディスクインターフェース
3 3 1 空気層冷却および摩擦誘導加熱部
6 0 1 接触検出部