

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5927148号
(P5927148)

(45) 発行日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25)

(24) 登録日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(51) Int. Cl.	F I
G 1 1 B 5/60 (2006.01)	G 1 1 B 5/60 Z
G 1 1 B 21/21 (2006.01)	G 1 1 B 21/21 N

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-150444 (P2013-150444)	(73) 特許権者	500373758
(22) 出願日	平成25年7月19日 (2013. 7. 19)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(65) 公開番号	特開2014-22036 (P2014-22036A)		Seagate Technology
(43) 公開日	平成26年2月3日 (2014. 2. 3)		LLC
審査請求日	平成25年8月12日 (2013. 8. 12)		アメリカ合衆国、95014 カリフォル
(31) 優先権主張番号	13/555, 581		ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ
(32) 優先日	平成24年7月23日 (2012. 7. 23)		・ブールバード、10200
(33) 優先権主張国	米国 (US)		10200 South De Anza
			Bld Cupertino CA
			95014 United States
			of America

(74) 代理人 110001195
特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヘッドとディスクとの接触および／または間隔を検知する装置、ならびに方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置であって、

磁気センサの媒体読み出し面に近接して配置される抵抗温度センサにバイアス信号を加えるように構成されるバイアス回路を備え、

前記バイアス信号は、第 1 および第 2 のバイアスレベル間で変調され、

前記装置は、コントローラをさらに備え、

前記コントローラは、

前記第 1 および第 2 のバイアスレベルに対応する前記抵抗温度センサの第 1 および第 2 の抵抗を測定し、

前記磁気センサが媒体に近づくにつれて、前記磁気センサと媒体との間の熱伝導率が増加することで生じる前記第 1 および第 2 の抵抗間の差異に基づいて、前記磁気センサと媒体との間隔および接触の少なくとも 1 つを判断するように構成されている、装置。

【請求項 2】

前記コントローラはさらに、加熱器を介して、前記磁気センサと前記媒体との間の間隔を調整するように構成されており、

前記磁気センサと前記媒体との間隔および接触の少なくとも 1 つを判断することは、加熱器に加えられた電力に対する前記第 1 および第 2 の抵抗間の差異の変化率を判断することを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

10

20

前記バイアス信号は、変調 D C (Direct Current) 信号を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 の抵抗は、周波数領域において測定される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 1 および第 2 の抵抗は、前記バイアス信号の変調周波数に対応する周波数で測定される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記第 1 および第 2 の抵抗を測定するために、前記バイアス回路および前記コントローラのうちの 1 つに結合されるロックインアンプをさらに備える、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 の抵抗を測定するために、前記バイアス回路および前記コントローラのうちの 1 つに結合される狭帯域フィルタをさらに備える、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 8】

方法であって、
磁気センサの媒体読み出し面に近接して位置付けられる抵抗温度センサにバイアス信号を加えるステップを含み、

前記バイアス信号は、第 1 および第 2 のバイアスレベル間で変調され、

前記方法はさらに、

前記第 1 および第 2 のバイアスレベルに対応する前記抵抗温度センサの第 1 および第 2 の抵抗を測定するステップと、

前記磁気センサが媒体に近づくにつれて、前記磁気センサと媒体との間の熱伝導率が増加することで生じる前記第 1 および第 2 の抵抗間の差異に基づいて、前記磁気センサと媒体との間隔および接触の少なくとも 1 つを判断するステップとを含む、方法。

【請求項 9】

装置であって、磁気センサを備え、

前記磁気センサは、前記磁気センサの媒体読み出し面に近接する抵抗温度センサを含み、

前記装置はさらに、

前記磁気センサに結合され、前記抵抗温度センサに異なる第 1 および第 2 のバイアスレベルを加えるように構成されているバイアス回路と、

前記磁気センサに結合されるコントローラとを備え、

前記コントローラは、

前記第 1 および第 2 のバイアスレベルに対応する前記抵抗温度センサの第 1 および第 2 の抵抗を測定し、

前記磁気センサが媒体に近づくにつれて、前記磁気センサと媒体との間の熱伝導率が増加することで生じる前記第 1 および第 2 の抵抗間の差異に基づいて、前記磁気センサと媒体との間隔および接触の少なくとも 1 つを判断するように構成されている、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ記憶のために用いられる装置、および方法に関する。

【特許文献 1】米国特許第 7 8 0 0 8 5 8 号明細書

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 2 4 0 1 0 9 号明細書

【特許文献 3】米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 3 9 5 8 1 号明細書

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 5 7 7 3 6 号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0002】

概要

本開示は、ヘッドとディスクとの接触および／または間隔を検知するための第１および第２の抵抗センサバイアスレベルの利用に向けられている。ある実施形態では、バイアス信号が、磁気センサの磁気媒体の読み出し面に近接して位置付けられる抵抗温度（熱）センサに加えられる。バイアス信号は、第１のバイアスレベルと第２のバイアスレベルとの間で変調される。第１および第２のバイアスレベルに対応する、抵抗温度センサの第１および第２の抵抗が測定される。磁気ヘッドと媒体との間隔および接触の少なくとも１つは、磁気センサが媒体に近づくにつれて、磁気センサと媒体との間での熱伝導率が増大することにより生じる第１の抵抗と第２の抵抗との差異に基づいて判断される。

【０００３】

10

さまざまな実施形態におけるこれらの特徴および局面、ならびに他の特徴および局面は、以下の詳細な説明および添付の図面に鑑みて理解されるであろう。

【０００４】

次の説明は以下に示される図面を参照し、複数の図面において同様の／同一の構成要素を特定するために、同じ参照符号が用いられ得る。

【図面の簡単な説明】

【０００５】

【図１Ａ】ある例示的な実施形態に従う装置のハードドライブスライダおよび媒体の配置を示すブロック図である。

【図１Ｂ】ある例示的な実施形態に従う、異なる加熱器電流に対する、抵抗センサのバイアス電流および抵抗を示すグラフである。

20

【図２Ａ】ある例示的な実施形態に従う装置における測定された応答を示すグラフである。

【図２Ｂ】ある例示的な実施形態に従う装置における測定された応答を示すグラフである。

【図２Ｃ】ある例示的な実施形態に従う装置における測定された応答を示すグラフである。

【図３】ある例示的な実施形態に従う集中定数モデルを用いた測定値から判断される熱伝導を示す図である。

【図４Ａ】ある例示的な実施形態に従う装置の有限要素モデリング結果を示すグラフである。

30

【図４Ｂ】ある例示的な実施形態に従う装置の有限要素モデリング結果を示すグラフである。

【図５】ある例示的な実施形態に従う手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【０００６】

詳細な説明

本開示は、概して、データ記憶のために用いられる磁気記録装置に関する。データ記憶システムは、磁気記録媒体に情報を読み書きする１以上の記録ヘッドを含んでもよい。多くの場合、記録ヘッドとその対応する媒体との間で比較的小さい距離または間隔を有することが望ましい。この距離または間隔は、「浮上高さ」または「ヘッド－媒体間隔」として知られている。ヘッド－媒体間隔を小さくすることによって、記録ヘッドは、より良好に媒体にデータを書き込むことができ、かつ媒体からデータを読み出すことができる。また、ヘッド－媒体間隔を小さくすることで、記録媒体の表面粗さおよび他の特徴を検知することなど、記録媒体トポロジを調査することが可能となる。

40

【０００７】

次に、図１Ａを参照して、ブロック図は、ある例示的な実施形態に従うハードドライブスライダ１０２において用いられる磁気センサの側面図を示している。スライダ１０２は、スライダ１０２とアーム１０４との間での相対的な動作を可能にするサスペンション１０６を介してアーム１０４に連結されている。スライダ１０２は、スライダ１０２の後縁

50

近傍の媒体読み出し面 115 において読み出し／書き込みトランスデューサ 108 を含む。トランスデューサ 108 は、媒体への読み書きの際に、たとえば磁気ディスク 111 のような磁気記録媒体の表面 110 の近くで保持される。スライダ 102 がディスク 111 の表面 110 上方に位置付けられている場合には、浮上高さ 112 は、アーム 104 の下向きの力によってスライダ 102 と表面 110 との間で維持される。この下向きの力は、ディスク 111 が回転しているときに、表面 110 とスライダ 102 の空気軸受面 103 との間に存在するエアクッション (air cushion) によって相殺される。

【0008】

一貫した性能を確保するために、読み書き動作中、ディスク回転速度の正常範囲にわたって、予め定められたスライダ浮上高さ 112 を維持することが望ましい。領域 114 は、スライダ 102 の「接近点」を含み、当該接近点は、概して、スライダ 102 と磁気記録媒体面 110 との接触の最接近点であることが理解される。スライダ浮上高さ 112 に影響を及ぼし得る静的および動的な変化を勘案すると、スライダ 102 は、トランスデューサ 108 近傍にあるスライダ 102 の領域 114 が、動作中に設定可能に調整され得るように構成されていてもよい。これは、図 1 に領域 114 の形状変化を示す点線によって示される。この例では、形状変化は、領域 114 の温度の上昇または低下によって、全体的にまたは部分的に生じる場合がある。

【0009】

温度変化により領域 114 の形状を変化させる能力は、たとえば領域 114 が、スライダ 102 の他のパーツとは異なる材料から形成されることによってよい。そのような場合、温度の変化は、それぞれの材料の異なる熱膨張性のために、この領域 114 において変形を引き起こす。したがって、たとえばトランスデューサ 108 と媒体面 110 との間で測定されるような、トランスデューサ 108 の有効な浮上高さ 112 を細かく調整するために、スライダ 102 に対する選択的な加熱が用いられ得る。

【0010】

この種の有効な浮上高さ 112 に対する制御を提供するために、スライダ 102 は、加熱要素 116 を含んでもよい (または、そうでなければ加熱要素 116 に熱的に結合されていてもよい)。この加熱要素 116 (たとえば、抵抗加熱器) には、制御回路 118 によって、選択可能な量の電流が供給されてもよい。加熱要素 116 は、さまざまな位置 (たとえば、領域 114 近傍) において、スライダ 102 の空力的特性に対するその影響を最小化する態様で搭載され得る。加熱要素 116 に加え、スライダ 102 の他の要素も、熱を与えてもよい。たとえば、読み出し／書き込みトランスデューサ 108 の書き込みコイルは、領域 114 の設定可能な変形を生じさせるのに十分な熱を発生し得る。また、加熱要素 116 の代わりに、または加熱要素 116 に加えて、非熱的な装置 (たとえば、圧電装置) も、領域 114 の変形／たわみを生じさせ得る。スライダ 102 は、たとえば、読み出しセンサに関連付けられた一方の領域ならびに加熱器、および書き込みトランスデューサに関連付けられた他方の領域ならびに加熱器である、2 以上の独立した接近点領域 114 および加熱器 116 を含み得る。

【0011】

また、スライダ 102 は、領域 114 または領域 114 に近接して位置付けられている抵抗温度センサ 120 を含む。このセンサ 120 は、領域 114 での高精度の温度 (または温度変化) 測定を可能にする抵抗温度係数 (TCR) を有し、TCR センサと呼ばれることもある。TCR センサ 120 は、センサ 120 と通信するセンサ／制御回路 122 に結合される。制御回路 122 は、センサと通信するための、(たとえば、センサ 120 にバイアス信号を加えるためのバイアス回路を有する) アナログ回路 123 を少なくとも含み得る。アナログ回路 123 は、増幅器、前置増幅器、フィルタ、電流／電圧リミッタなどを含むが、これに限定されない。また、センサ／制御回路 122 は、コントローラ 125 を含み、コントローラ 125 は、本明細書で記載されるセンサ機能および制御機能を実行するように構成されている論理回路を含んでいてもよい。任意に、スライダ 102 は、センサ 124 によって表わされるような、センサ回路 122 に同様に結合される 1 以上の

10

20

30

40

50

他のTCRセンサを含んでいてもよい。センサ124は、センサ120から物理的に離れた位置に配置され、センサ120とは独立して、またはセンサ120とともに（たとえば、直列または並列に）配線され得る。

【0012】

空気軸受面上のTCRセンサ120は、センサ回路122によってバイアスされ、その応答も回路122を介して監視されてもよい。たとえば、バイアスは、センサ120に加えられる一定電流であってもよいし、その応答はセンサ120を通して結果として生じた電圧であってもよい。この電圧は、オームの法則に従って、センサの抵抗に比例するため、電圧は、抵抗値に換算され得る。本明細書に記載された概念は、他のバイアス信号および応答、たとえば、センサ抵抗に従って変化する電流を生じさせる一定の印加電圧にも適用され得る。

10

【0013】

センサ120の応答は、動作中、媒体面110との接触を感知するために、および/または、媒体面110上方でのスライダ102の浮上高さ112を検知するために用いられてもよい。ある既存の接触検知技術は、センサ120にDC(Direct Current)バイアスを印加すること、および加熱器116への電力が変化するとき抵抗における相対的な変化を検知しようとするを含む。接近点領域114が媒体面110に接触すると、概して、摩擦により温度が増加してセンサ抵抗が増加し、それはセンサ120のDC抵抗信号として検知され得る。しかしながら、DC抵抗測定値は、ノイズの影響を受けやすく、DC抵抗が推定され得るまでに多数のサンプルが必要とされ得る。これは、システムの応答を受け入れ難いほど遅くしてしまう。また、この技術の感度は加熱器116の作動効率に大きく依存し得る。これにより、空気軸受状態の変化に対して接触閾値を安定して設定することがより難しくなり得る。たとえば、空気軸受の設計間での接触応答における差異は、単に加熱器間での性能の差異から生じるかもしれない。

20

【0014】

他の接触検知技術は、センサ120の感知抵抗（または電圧）値のRMSパワーの測定を含む。スライダとディスクとの接触のため、機械的および熱的摂動が領域114で起こり、これらの摂動は、センサ出力のRMS値における特徴（たとえば、増加）の形で検知され得る。この検知技術は、加熱器とディスクとの間隔が、変調によって生じる間隔変動および摩擦増大の可能性(potential)のために、どれくらい小さく設定され得るのかを制限する。それゆえに、接触信号または加熱器効率の依存性を低減させる接触方法が望ましい。

30

【0015】

ある例では、1以上のセンサ120、124は、予め定められた周波数で2つのレベル間で変化する時変信号によってバイアスされる。このバイアスに応じて、2つのバイアスレベルに応じた、第1の抵抗値から第2の抵抗値への抵抗の変化が検知され得る。抵抗のこの変化は、加熱器効率に直接的に依存しない。結果として、加熱器の加熱変動による抵抗変化は、自動的に取り除かれる。1以上のセンサ120、124は、公知の変調周波数でバイアスされ得、それは、ノイズを取り除くため、および信号対ノイズ比(SNR)を増大するために、狭帯域フィルター（またはロックインアンプ126）を使用できるようにする。センサ120、124の出力は、たとえば、時間領域測定値を周波数領域情報に変換するために用いられ得るデジタル信号プロセッサを介して、時間領域および/または周波数領域で処理され得る。

40

【0016】

本明細書で記載されたいくつかの実施形態では、一定の加熱器の電力に対して、変調されたバイアスが、熱伝導性の変化によって生じるセンサ120の抵抗の変化を測定するために用いられてもよい。この開示のために、このバイアスは、交流電流(AC)バイアスと呼ばれてもよい。なぜなら、当該バイアス電流は、時間とともに大きさが少なくとも交互になり、任意に方向も交互になるためである。AC電流変調パラメータは、たとえば、同じ最小値、最大値、周波数、形状などを有して、経時的に一定であってもよい。図1B

50

では、グラフ 130、140 は、それぞれ、ある例示的な実施形態に従う抵抗温度センサの AC バイアス信号および関連付けられた応答の例を示している。

【0017】

グラフ 130 は、印加されたバイアス電流 - 時間のプロットである。電流は、2 つの値 I_0 および I_h の間で変化する。この例では、電流は正弦的に変化するが、他の波形形状も考えられ得る（たとえば、矩形波、のこぎり波状）。電流波形は、長い間 I_0 および I_h の値を維持し、そのため、たとえ電流自体が正弦的に変化したとしても、極値（または、連続する周期にわたって同じ時に測定されるその他の値）は、長い間一定のままである。ここで、この例では、 I_0 は正であり、電流は、AC 波形と時折関連付けられるように方向を変えないことに留意すべきである。したがって、この実施形態における信号は、 I_0 および I_h の正値を有する変調された DC 信号とみなされ得る。他の実施形態では、 I_0 および I_h の一方または両方の値は負であってもよく、この場合には、 I_0 は最低値である第 1 の極値とみなされてもよく、 I_h は最高値である第 2 の極値とみなされてもよい。

10

【0018】

グラフ 130、140 の両方に適用可能な 2 つの時間周期は、 P_1 および P_2 として図 1 B に注釈が付けられている。これは、2 つの異なる電力レベルが、スライダと媒体との間隔（たとえば、図 1 A における浮動高さ 112）を調整するために使用される加熱器（たとえば、図 1 A における加熱器 116）に加えられる期間を指す。加熱器のこの電力変化は、センサ 120 での局地的な温度変化をもたらし、それはグラフ 140 に見られるように抵抗の変化をもたらす。 P_1 が適用される場合、最小抵抗と最大抵抗との差異は dR_1 である。 P_2 が適用される場合、最小抵抗と最大抵抗との差異は dR_2 である。以下に説明するように、 dR_1 の大きさは dR_2 とは異なり、これらの差異は、ヘッドとディスクとの接触、およびヘッドとディスクとのアクティブクリアランス（たとえば、浮上高さ 112）を判断するために継続的に追跡され得る。

20

【0019】

なお、グラフ 130 およびグラフ 140 における波形は、実質的に同一周波数（波長 132、142 によって推論的に示される）であり、この周波数は、制御回路 122 からセンサ 120 に与えられる。グラフ 140 のセンサ 120 の出力は、この周波数 142 でのみ検査され得、それによって、測定のノイズの影響を小さくする。たとえば、センサ回路 122 は、センサ 120 に与えられる同一周波数 132 に対して調整される（位相検波器としても知られる）ロックインアンプ 126 を利用してもよい。

30

【0020】

図 1 B に示される例は、センサ 120 の時間変化抵抗を測定する単なる 1 つの方法である。また、接点または接点近くでの熱伝導の変化は、たとえば、センサ 120、124 に対して異なる第 1 および第 2 のバイアスレベルをそれぞれ加え、センサ 120、124 から 2 つの別個の抵抗測定値を計測し、接触および / または間隔を判断するために差異を取得することによって判断されてもよい。第 1 および第 2 のバイアスレベルは、AC 成分を有していてもよい。AC 成分は、周波数領域における抵抗の分析を促進し、それによって、ノイズの影響を減少させる。

40

【0021】

また、AC バイアスを利用すれば、接触検知レベルに応じた DC バイアスレベルの高感度測定は必要とされないが、代わりに、バイアス変化に対する応答が観察される。この技術は、接触特徴を作り出すためのヘッド - 媒体間の界面における接触変調に依存しているのではなく、熱伝導率の変化を利用するものであるということに留意すべきである。結果として、これらの測定は、接触が観察される前の熱伝導の変化を監視することにより、接点からの間隔を判断するためにも用いられてもよい。

【0022】

ある例示的な実施形態に従う装置における一組の測定された応答が、図 2 A、図 2 B、図 2 C のグラフ 200、210、220 に示されている。グラフ 200 は、加熱器電力に

50

対するスライダのRMSアコースティック・エミッション(AE)のプロットである。このグラフ200は、ヘッドとディスクとの接触が約85mWの加熱器電力で生じていることを示している。グラフ210は、加熱器電力の関数としての、2つの異なるセンサバイアス電力(それぞれ、100uWおよび600uW)に対する抵抗測定値214、216を示している。曲線214、216をもたらすセンサバイアス電力は、図1Bに示されるような異なるレベルの印加電流 I_0 および I_h におおよそ対応する。

【0023】

両曲線214、216は、接触点での傾斜の顕著な変化を示しており、これは、概して接触点での熱の増大によるものであり得る。しかしながら、曲線216は、曲線214よりも接点での変化がそれほど増大していない。これは、概して、このより高い入力電力においてセンサ自体によって生じる温度増大によるものであり得る。接触点から奪われる熱量は、接触点とその周囲(たとえば、空気、媒体面)との温度差異がより高くなると増大する。結果として、曲線216については周囲の温度もより高めであるため、接点での抵抗変化はそれほどなく、曲線214についてはセンサと周囲との温度差異が増大しているため、抵抗変化もより大きくなるであろう。したがって、たとえ温度センサに加えられる正味のバイアス電力が、加熱器のスイープ(sweep)全体にわたって同じであったとしても、温度センサによって感知される熱伝導率の増大のため、温度センサの抵抗変化は接触中および接触後より小さくなる。

【0024】

図2Cのグラフ220は、図2Bで示される同一範囲の加熱器電力に対する2つのバイアス測定値間の抵抗の差異を示している。このグラフ220は、接触点(たとえば、約85mWの加熱器電力)で急激に低下していること、および、たとえば50mWから85mWの加熱器電力の全体的な範囲において接触するまで値が徐々に低下していることを示している。このグラフに示される結果は、ヘッド-媒体の間隔および/またはヘッド-媒体の接触を検知するための装置で利用され得る。

【0025】

単純な集中定数モデルは、2つの終端をもつTCR(DETCR)抵抗変化の逆数が、その間隔における熱伝導率の変化を判断するために用いられ得るということを示している。温度によって変わる抵抗変化である $R = R_a + R_a T$ と、熱流束と温度との関係である $q = h T$ とは、熱流束および熱伝導からの抵抗変化に対する配線の抵抗変化を判断するために組み合わせられ得る。

【0026】

【数1】

$$R = R_a + \alpha R_a \frac{q(P_{bias}, P_h)}{h(P_h)} = R_a + \alpha R_a \frac{q_0(P_h) + a P_{bias}}{h(P_h)} \quad [1]$$

【0027】

式1において、 R はTCRセンサ抵抗であり、 R_a はTCRセンサの寒さに対する抵抗であり、アルファは抵抗温度係数であり、 $h(P_h)$ は界面における熱伝導であり、 $q(P_{bias}, P_h)$ はTCRセンサによって感知されるエネルギー流束である。測定値は、TCRセンサからのエネルギー流束をセンサバイアスに比例させることが合理的な仮定であるということを示している。また、これらの測定値は、この増大が加熱器からのものにさらに追加され得るということを示している。 P_{bias} に関する R の導関数を求めると、以下の式2に見られるようなバイアスに対する R の変化と界面での熱伝導との関係が与えられる。

【0028】

【数2】

$$s(P_h) = \frac{dR}{dP_{bias}} = \frac{\alpha R_a a}{h(P_h)} \quad [2]$$

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

T C R 抵抗および寒さに対する抵抗は、所与の装置に対する定数とみなされてもよく、熱伝導の変化は、加熱器電力がゼロの場合における当該変化に関して導出され得る。その結果は、センサの T C R 抵抗および寒さに対する抵抗とは独立した熱伝導変化の判断となる。これは、間隔および指定する接点を設定するために利用される場合の熱伝導測定におけるプロセス変動効果を排除する。実装をさらに単純化するために、一定のバイアス変化である $d P_{b i a s}$ を用いることで、熱伝導の相対的な変化は、以下の式 3 に見られるように抵抗変化のみから判断され得る。

【 0 0 3 0 】

【 数 3 】

$$\frac{h(P_h)}{h_0} = \frac{s(0)}{s(P_h)} = \frac{dR(0)}{dR(P_h)} \quad [3]$$

10

【 0 0 3 1 】

図 2 C では、グラフ 2 2 0 は、一定の $d P_{b i a s}$ に対する $d R$ の測定値の一例を示している。これらの測定値は、T C R センサ抵抗の変化と、図 3 に示すような加熱器電力がゼロの場合のものに対する熱伝導率とを計算するために、集中モデルが利用され得る。図 3 のグラフ 3 0 2 では、加熱器電力がゼロの場合の熱伝導率に対する熱伝導率変化を示しており、当該加熱器電力は、集中パラメータモデルを用いて図 2 C の曲線から判断される加熱器電力に対するものである。図 3 に見られるように、この例では、接触は 8 5 mW であり、熱伝導率が 7 % 増大していることがわかる。接触前のより小さい電力においては、間隔が狭くなるにつれて界面において圧力が変化するために、熱伝導率は 5 % 増大する。これは、ディスクとの非接触期間における間隔変化を判断するために用いられ得る信号を与える。

20

【 0 0 3 2 】

図 4 A および 4 B では、グラフ 4 0 0、4 1 0 は、図 2 B ~ 図 2 C での測定において利用された構成と同様の構成における、異なるバイアス電力に対する T C R センサ抵抗変化の有限要素 (F E) 分析の結果を示している。グラフ 4 0 0 では、曲線 4 0 2 および曲線 4 0 4 は、それぞれ、バイアス電力が 1 0 0 mW、5 0 mW の場合の T C R 抵抗を示している。これらの曲線 4 0 2、曲線 4 0 4 間の差異は、図 4 B のグラフ 4 1 0 で見られる。これらの結果は、図 2 B ~ 2 C で示した測定値と同様である。F E M 結果に対する熱伝導率は、測定値と直接比較するために集中パラメータを用いて計算され得る。非接触および接触冷却の両方を含む有限要素モデルの結果は、図 2 C に見られるような、同様のバイアス - D E T C R 抵抗変化も示している。これは、F E モデルが、設計性能を予測し、感度分析を実行させる可能性を示している。

30

【 0 0 3 3 】

次に図 5 を参照して、フローチャートは、ある例示的な実施形態に従う手順を示している。方法は、磁気ヘッドの磁気媒体読み出し面に近接して位置付けられた抵抗温度センサにバイアス信号を印加することを含む。バイアス信号は、第 1 および第 2 のバイアスレベル間で変調される (5 0 2)。第 1 および第 2 のバイアスレベルに対応する、第 1 および第 2 の抵抗温度センサ抵抗が測定される (5 0 4)。第 1 および第 2 の抵抗は、周波数領域に存在してもよいし、および / または、バイアス信号が変調される周波数に対応する周波数で測定されてもよい。たとえば、第 1 および第 2 の抵抗は、ロックインアンプおよび / または狭帯域フィルタを介して測定されてもよい。

40

【 0 0 3 4 】

磁気センサと媒体との間隔は、加熱器に電力を印加することによって任意に調整されてもよい (5 0 6)。磁気ヘッドと媒体との間隔および接触の少なくとも 1 つは、第 1 および第 2 の抵抗間の差異に基づいて判断される (5 0 8)。抵抗の差異は、磁気ヘッドが媒体に近づくにつれて、磁気ヘッドと媒体との間の熱伝導率が増大することによって生じる。その間隔 / 接触は、加熱器に加えられた電力に対する第 1 および第 2 の抵抗間の差異の

50

【 0 0 3 5 】

10

【 0 0 3 6 】

【 図 1 A 】



FIG. 1B

FIG. 2A

FIG. 2B

FIG. 2B

【図 2 C】

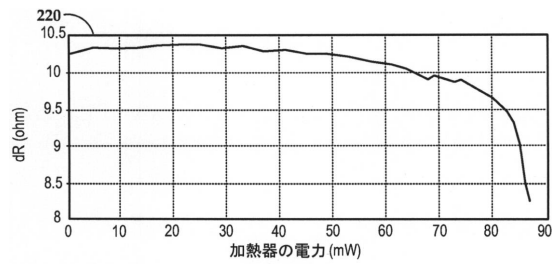


FIG. 2C

【図 3】

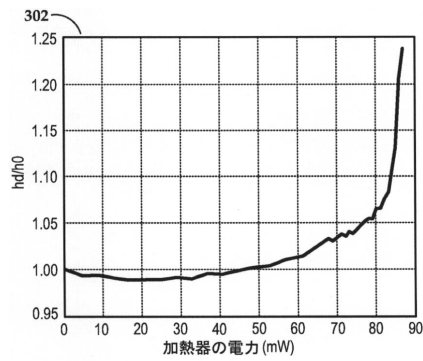


FIG. 3

【図 4 A】

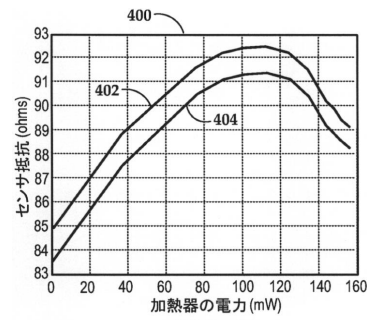


FIG. 4A

【図 4 B】

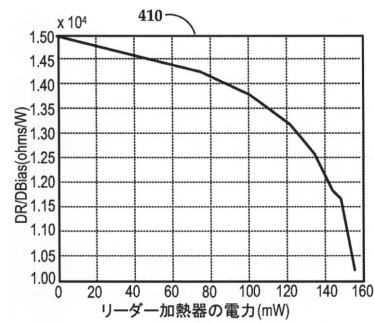


FIG. 4B

【図 5】

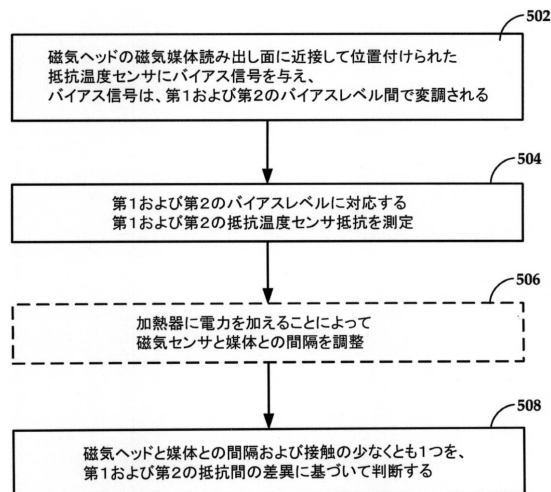


FIG. 5

フロントページの続き

- (72)発明者 マイケル・トーマス・ジョンソン
アメリカ合衆国、55410 ミネソタ州、ミネアポリス、ドリュウ・アベニュー・サウス、484
1
- (72)発明者 マニユエル・チャールズ・アナヤ・デュフレーヌ
アメリカ合衆国、55439 ミネソタ州、エディナ、グリーソン・ロード、6904
- (72)発明者 チェン・シュアン
アメリカ合衆国、55378 ミネソタ州、サベージ、リッジ・ポイント・コート、14062
- (72)発明者 ドンミン・リウ
アメリカ合衆国、55347 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ストロベリー・コート、179
46

審査官 齊藤 健一

- (56)参考文献 特開2013-109819(JP,A)
特表2013-543204(JP,A)
特表2003-515865(JP,A)
米国特許第7477470(US,B2)
米国特許出願公開第2012/0201108(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0232067(US,A1)
米国特許第8737009(US,B2)
米国特許第6876509(US,B2)
米国特許第5991113(US,A)
特開2011-210358(JP,A)
特開2008-204602(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0157740(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0142073(US,A1)
米国特許出願公開第2009/0052080(US,A1)
米国特許第7495856(US,B2)
米国特許第8259406(US,B2)
米国特許第8514672(US,B2)
特開2010-67323(JP,A)
特開2011-18396(JP,A)
特開2004-342151(JP,A)
特開2006-164388(JP,A)
特開2006-269005(JP,A)
特開2007-42239(JP,A)
特開2013-97862(JP,A)
米国特許第7800858(US,B1)
米国特許第7796356(US,B1)
米国特許第7310194(US,B1)
米国特許第7508618(US,B1)
特表2011-507137(JP,A)
特表2011-507138(JP,A)
特開2008-97760(JP,A)
特開2007-310978(JP,A)
特開2008-186563(JP,A)
特開2008-47233(JP,A)
特開2007-265516(JP,A)

特開2007-265517(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/60

G11B 21/21