

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5813057号
(P5813057)

(45) 発行日 平成27年11月17日(2015.11.17)

(24) 登録日 平成27年10月2日(2015.10.2)

(51) Int.Cl.

G 11 B 5/60 (2006.01)

F 1

G 11 B 5/60

Z

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-136342 (P2013-136342)
 (22) 出願日 平成25年6月28日 (2013.6.28)
 (65) 公開番号 特開2014-17045 (P2014-17045A)
 (43) 公開日 平成26年1月30日 (2014.1.30)
 審査請求日 平成25年7月1日 (2013.7.1)
 (31) 優先権主張番号 13/544,559
 (32) 優先日 平成24年7月9日 (2012.7.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500373758
 シーゲイト テクノロジー エルエルシー
 アメリカ合衆国、95014 カリフォルニア州、クパチーノ、サウス・ディ・アンザ・ブルバード、10200
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 リチャード・エイ・バッド
 アメリカ合衆国、55442 ミネソタ州
 、プリマス、ラーチ・レーン・ノース、5
 310

審査官 齊藤 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ヘッド-ディスク接触および/または間隔を判定する方法、装置ならびに磁気ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気ヘッドであって、

前記磁気ヘッドと磁気媒体との間の間隔を調整するように構成された第1のヒータおよび第2のヒータと、

前記磁気媒体に近接した領域に配置され、かつ、前記第1のヒータに関連付けられた接近点から離れて配置された第1の温度センサと、

前記磁気媒体に近接した領域に配置され、かつ、前記第2のヒータに関連付けられた第2の接近点から離れて配置された第2の温度センサと、

前記ヒータおよび前記温度センサに結合されたコントローラインターフェイスとを備え、前記コントローラインターフェイスは、

高周波数のAC変調されたヒータ電流を前記ヒータに印加すること、

前記ヒータ電流に応じて前記温度センサの抵抗変化を判定すること、ならびに

前記抵抗変化の周波数領域シグネチャに基づいて、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の間隔を判定することを容易にするように構成され、

前記接近点および前記第2の接近点の一方は、読み出センサに関連付けられ、

前記接近点および前記第2の接近点の他方は、書き込みトランステューサに関連付けられ、

前記第2のヒータに印加される前記高周波数のAC変調されたヒータ電流は、前記第1のヒータに印加される前記高周波数のAC変調されたヒータ電流とは異なる周波数を有する、磁気ヘッド。

10

20

【請求項 2】

前記ヒータは、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の前記間隔を調整するように構成される、請求項 1 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記高周波数の A C 変調されたヒータ電流は D C オフセットを含み、前記 D C オフセットは前記間隔を調整するように変化する、請求項 2 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記ヒータ電流は 10 kHz 以上で変調される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 5】

前記周波数領域シグネチャは、前記ヒータ電流の周波数で測定される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記周波数領域シグネチャは、周波数領域において測定される抵抗の局所的極値および変曲点の少なくとも一方を含み、前記局所的極値および前記変曲点の少なくとも一方は、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の前記接触に応じて発生する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 7】

磁気媒体と、

磁気ヘッドとを備え、前記磁気ヘッドは、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の間隔を調整するように構成された第 1 および第 2 のヒータと、前記磁気媒体に近接した領域に配置され、かつ、前記第 1 のヒータに関連付けられた接近点から離れて配置された第 1 の温度センサと、前記磁気媒体に近接した領域に配置され、かつ、前記第 2 のヒータに関連付けられた第 2 の接近点から離れて配置された第 2 の温度センサとを有し、さらに、

前記磁気ヘッドに結合されたコントローラを備え、前記コントローラは、

高周波数の A C 変調されたヒータ電流を前記ヒータに印加し、

前記ヒータ電流に応じて前記温度センサの抵抗変化を判定し、

前記抵抗変化の周波数領域シグネチャに基づいて、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の間隔を判定するように構成され、

前記接近点および前記第 2 の接近点の一方は、読出センサに関連付けられ、

前記接近点および前記第 2 の接近点の他方は、書き込トランスデューサにに関連付けられ、

前記第 2 のヒータに印加される前記高周波数の A C 変調されたヒータ電流は、前記第 1 のヒータに印加される前記高周波数の A C 変調されたヒータ電流とは異なる周波数を有する、装置。

【請求項 8】

高周波数の A C 変調されたヒータ電流を請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の磁気ヘッドの前記ヒータに印加するステップと、

磁気媒体に近接した領域に配置された温度センサの抵抗変化を判定するステップとを備え、前記抵抗変化は前記ヒータ電流に応じて発生し、さらに、

前記抵抗変化の周波数領域シグネチャに基づいて、前記磁気ヘッドと前記磁気媒体との間の間隔を判定するステップを備える、方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は概して、データ保存のために用いる磁気記録装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

データ記憶システムは、磁気記録媒体から情報を読み出して磁気記録媒体に情報を書き込む 1 つ以上の記録ヘッドを含み得る。記録ヘッドとその関連媒体との間の距離または間隔は

10

20

30

40

50

、比較的小さいことが望ましいことが多い。この距離または間隔を、本明細書中において「ヘッド - 媒体間隔」と称する。ヘッド - 媒体間隔を小さくすることによって、記録ヘッドは媒体に対するデータの書き込みおよび読み出の両方をよりよく行なうことができる。ヘッド - 媒体間隔を小さくすることによって、記録媒体面の凹凸や他の特徴の検出などの、記録媒体トポグラフィの調査も可能になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許番号7,660,068号

10

【特許文献2】米国特許出願公開番号2004/0240109号

【特許文献3】米国特許出願公開番号2008/0239581号

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

要約

本開示は、温度センサの周波数領域シグネチャを用いたヘッド - ディスク接触の判定に向けられる。1つの実施例では、高周波数のAC変調されたヒータ電流を磁気ヘッドのヒータに印加する。磁気媒体に近接した領域に配置された温度センサの抵抗変化を判定する。抵抗変化はヒータ電流に応じて発生する。抵抗変化の周波数領域シグネチャに基づいて、磁気ヘッドと磁気媒体との間の間隔および接触の少なくとも一方を判定する。

20

【0005】

さまざまな実施例のこれらおよび他の特徴および局面が、以下の詳細な説明および添付の図面に鑑みて理解され得る。

【0006】

以下の説明では、同一の参照番号は同様 / 同一の部品を指すのに用いられ得る以下の複数の図面を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】例示的な実施形態に係るハードドライブスライダおよび媒体の配置のブロック図である。

30

【図2】例示的な実施形態に係るヒータ電力および抵抗センサの応答を示すグラフである。

【図3】例示的な実施形態に係るスライダの例示的な測定値を示すグラフ200である。

【図4】例示的な実施形態に係る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】

【0008】

詳細な説明

本開示は概して、データ保存のために用いる磁気記録装置に関する。データ記憶システムは、磁気記録媒体から情報を読み出して磁気記録媒体に情報を書き込む1つ以上の記録ヘッドを含み得る。記録ヘッドとその関連媒体との間の距離または間隔は、比較的小さいことが多い。この距離または間隔を、本明細書中において「ヘッド - 媒体間隔」と称する。ヘッド - 媒体間隔を小さくすることによって、記録ヘッドは媒体に対するデータの書き込みおよび読み出の両方をよりよく行なうことができる。ヘッド - 媒体間隔を小さくすることによって、記録媒体面の凹凸や他の特徴の検出などの、記録媒体トポグラフィの調査も可能になる。

40

【0009】

ここで図1を参照して、ブロック図は、例示的な実施形態に係るスライダ102に用いられる磁気センサ / ライタの側面図を示す。このスライダ102は、たとえばハードドライブなどのデータ記憶装置の読み出し / 書き込みヘッドとして用いられ得る。このため、本開示では、「スライダ」および「磁気ヘッド」という用語は同じ意味で用いられ得る。スライダ

50

102は、スライダ102とアーム104との間の若干の相対的な動きを可能にするサスペンション106によって、アーム104に結合される。スライダ102は、たとえばディスク111などの磁気記録媒体の表面110に近接して保持されるトレーリング端に、読み出し/書き込トランステューサ108を含む。スライダ102がディスク111の表面110上に配置されると、アーム104の下向きの力によってスライダ102と表面110との間に浮上高さ112が維持される。この下向きの力は、ディスク111の回転時に表面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と釣合う。

【0010】

安定した性能を確保するために、読み出しおよび書き込の両動作時に幅広い範囲のディスク回転速度にわたって、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」であり、これは一般にスライダ102と磁気記録媒体111との間の最も近い接触点であると理解され、一般にヘッド-媒体間隔113を規定する。スライダ浮上高さ112に影響し得る静的変化および動的変化の両方に対処するために、スライダ102は、ヘッド-媒体間隔113を微調整するためにスライダ102の領域114を操作時に設定調整可能であるように構成され得る。これは、領域114の幾何学的变化を表わす点線によって図1に示される。この例では、幾何学的变化は全体的または部分的に、領域114の温度の上昇または下降によって誘発され得る。

【0011】

温度変化に応じて領域114の形状および撓みの大きさを変える能力は、たとえば、領域114がスライダ102の他の部分とは異なる材料からなることに起因し得る。このような場合、温度が変化すると、それぞれの材料の熱膨張特性が異なるためにこの領域114が変形する。スライダ102に対する熱の選択的な印加を用いて、たとえばトランステューサ108と媒体面110との間に測定されるようなトランステューサ108の有効なヘッド-媒体間隔113を微調整することができる。

【0012】

有効なヘッド-媒体間隔113にわたってこの種類の制御を提供するため、スライダ102は1つ以上の加熱要素116を含み得る（または加熱要素116に熱結合され得る）。これらの加熱要素116（たとえば抵抗ヒータ）には、制御回路118によって選択可能な量の電流が与えられ得る。制御回路118はインターフェイス126を介して加熱要素116に結合され、インターフェイス126は、物理的および電気的な導電経路およびコネクタ、ならびに他の能動または受動回路（たとえばノイズフィルタ）を含み得る。

【0013】

加熱要素116はさまざまな位置に（たとえば領域114の近くに）、スライダの空力特性に対する自身の影響を最小化するように装着され得る。加熱要素116に加えてまたは加熱要素116の代わりに、スライダ102の他の要素も熱を提供し得る。たとえば、読み出し/書き込トランステューサ108の書き込コイルが、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、非熱的装置（たとえば圧電装置）も、加熱要素116の代わりにまたは加熱要素116に加えて、領域114の若干の変形/撓みを生じさせ得る。

【0014】

スライダ102は、領域114にまたは領域114に近接して配置された抵抗温度センサ120をさらに含む。このセンサ120は、領域114における温度（または温度変化）の高精度の測定を可能にする抵抗温度係数（TCR）を有するため、TCRセンサとも称される。TCRセンサ120は、センサ120と通信するセンサ回路122に結合される。センサ回路122は少なくとも、本明細書中に記載の機能を実行する論理回路を有するコントローラを含み得る。回路122は、信号調整、デジタル信号処理などの機能のためのアナログまたはデジタル回路をさらに含み得る。回路122はインターフェイス126を介してセンサ120に結合されて示されており、インターフェイス126は、ヒータ制御回路118と共にいくつかの部品（たとえばコネクタ）を含み得る。

【0015】

10

20

30

40

50

これもセンサ回路 122 に結合されたセンサ 124 によって表わされるように、1つ以上の他の TCR センサがスライダ 102 に用いられ得る。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 とは別個にまたはセンサ 120 とともに（たとえば直列または並列に）配線され得る。センサ 120, 124 の一方または両方は、領域 114 内の接近点の近くに、または媒体面 110 に近接した他の位置に配置され得る。

【0016】

センサ 120 の応答は、動作時に媒体 111 との接触を感知するため、および／またはスライダ 102 のヘッド - 媒体間隔 113 が検出するために用いられ得る。たとえば、いくつかの既存の接触検出技術は、センサ 120 に DC バイアスを印加すること、およびヒータ 116 への電力の変化に伴う抵抗の相対変化の検出を試みることを含む。接近点領域 114 が媒体面 110 と接触すると、温度上昇のために摩擦によって一般にセンサ抵抗が増大し得る。しかし、DC 抵抗測定値はノイズに敏感であり、DC 抵抗を推定できるようになるには多数のサンプルが必要であり得る。このため、システムの応答が容認できないほど遅くなり得る。また、この技術の感度はヒータ 116 の作動効率に大きく依存し得るため、空気軸受条件の変更に対して接触閾値を一致して設定することがより困難になり得る。たとえば、空気軸受設計同士の間の接触応答の差は、純粋にヒータ同士の間の効率差に起因し得る。

【0017】

別の接触検出技術は、センサ 120 の検知した抵抗（または電圧）読取値の二乗平均平方根 (RMS) 電力を測定することを含む。スライダ - ディスク接触のために機械的および熱的振動が領域 114 内に発生し、これらの振動は、センサ出力の RMS 値でシグネチャ（たとえば増大）の形態で検出可能である。

【0018】

本開示は、既存の抵抗に基づく接触検出方法に関連する問題に対処する方法および装置について述べる。たとえば、現在実施されている上記の接触検出技術は、ディスクと接触するスライダの点に対する抵抗要素の位置に敏感であり得る。この位置感度のため、このような技術は、接近点が異なるデュアルヒータを有する設計には容認できるレベルで実施することができない。本明細書中に記載の実施形態は、各々が読出／書き要素および／または異なる接近点に関連付けられたデュアルヒータを用いて実施される。たとえば、各ヒータは関連の接近点（たとえば読出センサおよび書きトランスデューサ）を有し得、センサは関連の接近点の一方または両方から離れて配置され得るが、依然として間隙／間隔を検出するために用いられ得る。本実施形態はさまざまなスキー角でも実行され得、接触を宣言するのにセンサ信号の変調に依存しない。

【0019】

現在実施されているこれらの接触検出方法の 1 つでは、電力は安定した波形または DC 波形でヒータ 116 に印加される。DC 波形の振幅は徐々に増大してスライダがディスクと接触する。接触は、ヘッドとディスクとの接触による誘発振動を測定することによって、または熱境界条件の変化による急激な抵抗変化によって、判定可能である。

【0020】

図 2 を参照して、グラフは、例示的な実施形態に係る、印加されるヒータ電力および結果として生じるセンサ応答を示す。グラフ 202 に示すように、DC 電力信号は正弦波で AC 变調される。当該グラフは、2つの DC オフセット電力レベル P_0 および P_1 を示す。この例では、正弦波のピークトゥピーク振幅は、異なる DC オフセット電力レベル P_0 、 P_1 に合わせて変化しない。これらの入力信号は、一定振幅の高周波数 (10 kHz ~ 70 kHz) AC 波形を DC 波形と組合せることによって形成され得る。ここでは波長 204 で示される周波数は、異なる DC オフセット電力レベル P_0 、 P_1 においても一定である。

【0021】

グラフ 206 には、スライダに装着された熱抵抗係数 (TCR) センサの AC 成分が示

10

20

30

40

50

される。この出力信号は、グラフ 202 に示される 2 つのヒータ電力レベル P_0 、 P_1 に対応し、入力波形と同じ周波数（波長 208 で示す）で抽出される。TCR センサは、ここでは振幅 A_0 および A_1 によって示される、ヒータ電力の AC 成分と同じ周波数の抵抗変化で応答する。合計のセンサ出力は DC オフセットおよび他の成分（たとえばノイズ）を含み得ることが認識されるであろう。グラフ 206 は、スライダ浮上高さを判定するために、抽出される（たとえばフィルタリングされる）対象の周波数 208 の AC 成分のみを表わすこととする。

【0022】

グラフ 206 に示すように、抵抗の大きさは、ヒータ電力の変化に応じて振幅 A_0 から A_1 に変化する。グラフ 206 は増大するヒータ電力に応じた振幅増大を示すが、振幅は増大するヒータ電力に応じて減少もする。これは、センサが正の TCR を有するか負の TCR を有するか、およびセンサに近接した伝熱に影響する他の条件に起因し得る。たとえば、ヒータ電力を増大させるとセンサに供給される熱エネルギーが増大するが、抵抗要素がディスクにより近付く。こうしてディスクにより近接することによって伝熱境界条件が変わり、グラフ 206 に示す信号を測定するために用いる要素の最終的な抵抗に影響を与える。この結果、ヒータ電力が増大すると一般にスライダの一部で温度が上昇し得るが、TCR センサは、ヘッド - ディスク接触の伝熱効果（たとえば伝導率増大）による温度低下を認識し得る。

【0023】

AC 变調電力の周波数で発生する抵抗変化は周波数領域において測定可能である。たとえば、高速フーリエ変換（FFT）を用いて時間領域から周波数領域に信号を変換可能なデジタル信号処理（DSP）回路が広く利用可能である。これに対して、DC のみの方法は、必要な回路が複雑であるため、ディスクドライブ内で実施するのがより困難であり得る。

【0024】

次に図 3 を参照して、グラフ 300 は、例示的な実施形態に係るスライダの測定値を示す。一般的に、グラフ 300 は、異なるレベルのヒータ電力でスライダアセンブリから採った多数の測定値を含む（横軸）。縦軸は、トレース 302 ~ 305 の信号振幅を示す。なお、トレース 302 ~ 305 は互いに異なる単位およびスケールで表すことができ、さまざまな種類の測定値の一般的な傾向を示すために提示される。

【0025】

トレース 302 は、ヘッドとディスクとの間の静止摩擦の測定値である。このトレース 302 は、約 120 mW のヒータ電力で接触の始まりを示しており、摩擦は安定して最大約 170 mW まで増大する。170 mW を超えると摩擦は横ばいになり、ヘッドとディスクとの間の最大の / 完全な接触を示す。トレース 303 は、スライダの誘発振動の従来の測定値である。トレース 304 は、TCR センサの従来の DC 抵抗変化である。なお、このトレース 304 は、約 140 mW まで比較的一定の勾配で減少する。トレース 304 は、TCR センサに近接した接触誘発伝導率変化に応じて、140 mW および 160 mW の両方において勾配が変化する。

【0026】

図 3 のトレース 305 は、ヒータ電圧 / 電流上に変調された AC 波形の周波数で周波数領域において測定された TCR センサ抵抗変化の振幅である。このトレース 305 は、範囲にわたる勾配の変動が、曲線 304 に見られるよりも大きい。トレース 305 も、接触シグネチャとして使用可能な、接触点における明らかな変化を示す。たとえば、約 120 mW で、トレース 305 はトレース 305 の曲率の符号が変化する変曲点を有する。約 135 mW の極小値で、勾配は負から正に変化する。勾配の傾向および方向のこれらの変化は（たとえばトレース 305 の第 1 の微分係数をヒータ電力の関数として見ることによって）検出可能である。この例では、トレース 305 は、たとえばトレース 302 に示される物理的摩擦測定値によって表わされるように、かなり正確で検出可能な接触表現を提供する。トレース 305 に対して、DC トレース 304 は比較的弱く遅い接触シグネチャを

10

20

30

40

50

示す。

【0027】

トレース305に見られる抵抗変化の振幅は、接触点における検出可能な変化を示す。このトレース305の形状は示される構成に適用可能であるが、別の曲線／傾向もヘッド-ディスク接触のシグネチャとして使用可能であることが認識されるであろう。たとえば、抵抗自体の任意の変曲点または局所的極値（たとえば最小もしくは最大）、またはその微分係数がヘッド-ディスク接触を示し得る。これらのシグネチャを検出して、ヘッドジンバルアセンブリ（HGA）の所望の動作間隙を設定するのに用いることができる。たとえば、トレース305の値および勾配を用いて、浮上高さ間隙および／またはヘッド-媒体間隔を判定することもできる。この種類の間隙検出では抵抗要素が接近点になくてもよいため、デュアルヒータHGAとともに良好に実施される。この種類の間隙検出には、高レベルのアドバンス空気軸受（AAB）変調が不要である。10

【0028】

上記の実施形態は多数の変形を含み得ることが認識されるであろう。たとえば、スライダは2つ以上のヒータ、たとえば磁気リーダの高さを制御するための1つのヒータと、磁気ライタの高さを制御するための別のヒータとを含み得る。一方または両方のヒータと同じまたは異なる時間に動作するTCRセンサが用いられ得る。1つの変形では、TCRセンサの2つの異なる周波数領域出力を分析できるように、ヒータは異なる周波数波形で変調され得る。同様に、複数のTCRセンサが、別個に配線されるか、または互いに並列および／もしくは直列に結合されて用いられ得る。これらのセンサからの信号は、それらの結合によって可能なように別個にまたは互いに組合わされて分析され得る。20

【0029】

次に図4を参照して、フローチャートは、例示的な実施形態に係る手順を示す。この手順は、高周波数のAC変調されたヒータ電流を磁気ヘッドのヒータに印加すること402を含む。ヒータは、磁気ヘッドと媒体との間の間隔を調整するように構成され得る。高周波数のAC変調されたヒータ電流はDCオフセットを含み得、DCオフセットは間隔を調整するように変更される。

【0030】

磁気媒体に近接した領域に配置された温度センサの抵抗変化を判定する404。抵抗変化はヒータ電流に応じて発生する。この抵抗データを任意に、時間領域から周波数領域に変換してもよい406。抵抗変化の周波数領域シグネチャに基づいて、磁気ヘッドと磁気媒体との間の接触および間隙／間隔の少なくとも一方を判定する408。周波数領域シグネチャは、ヒータ電流の周波数で測定され得る。周波数領域シグネチャは、周波数領域において測定される抵抗の局所的極値および／または変曲点を含み得る。このような場合、局所的極値および／または変曲点は、磁気ヘッドと媒体との間の接触に応じて発生する。30

【0031】

例示的な実施例の上記の説明は、例証および説明のために提示した。これは網羅的であること、または実施例を開示した厳密な形態に限定することを意図していない。上記の教示に鑑みて多くの修正および変形が可能である。個別にまたは任意の組合せで適用可能な開示した実施例のいずれかまたはすべての特徴は限定的であることを意味しておらず、純粹に例示的なものである。本発明の範囲はこの詳細な説明によってではなく、これに添付の請求項によって決定されることが意図される。40

【符号の説明】

【0032】

102 スライダ、103 空気軸受面、104 アーム、106 サスペンション、
108 読出／書込トランステューサ、110 表面、111 ディスク、112 浮上
高さ、113 ヘッド-媒体間隔、114 領域、116 加熱要素、118 制御回路
、120 抵抗温度センサ、122 センサ回路、124 センサ、126 インターフ
ェイス。

【図1】

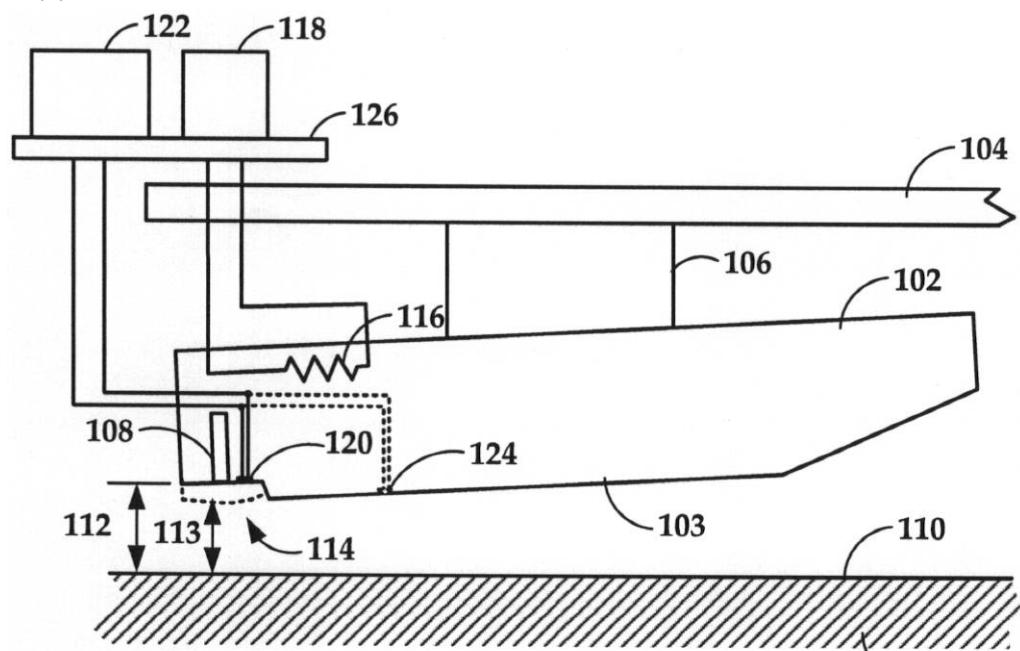


FIG. 1

【図2】

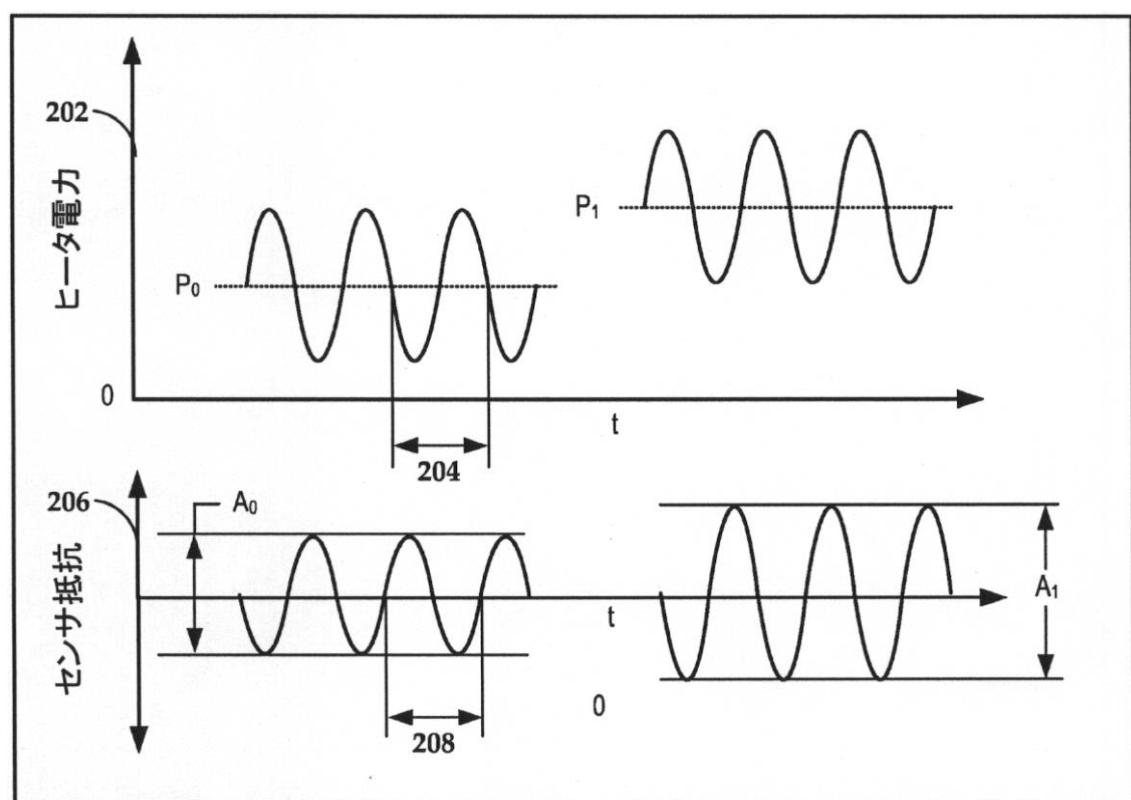


FIG. 2

【図3】

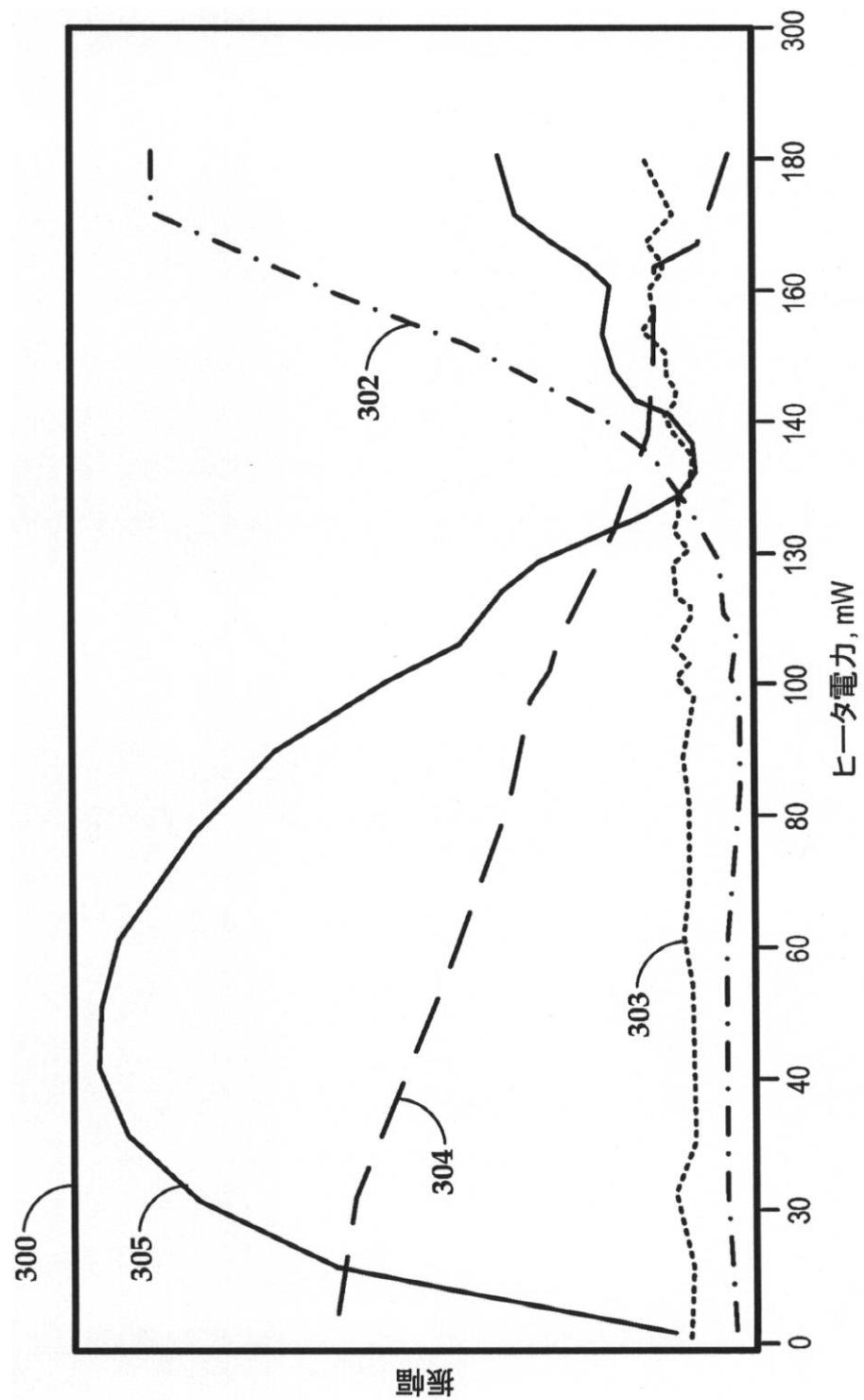


FIG. 3

【図4】

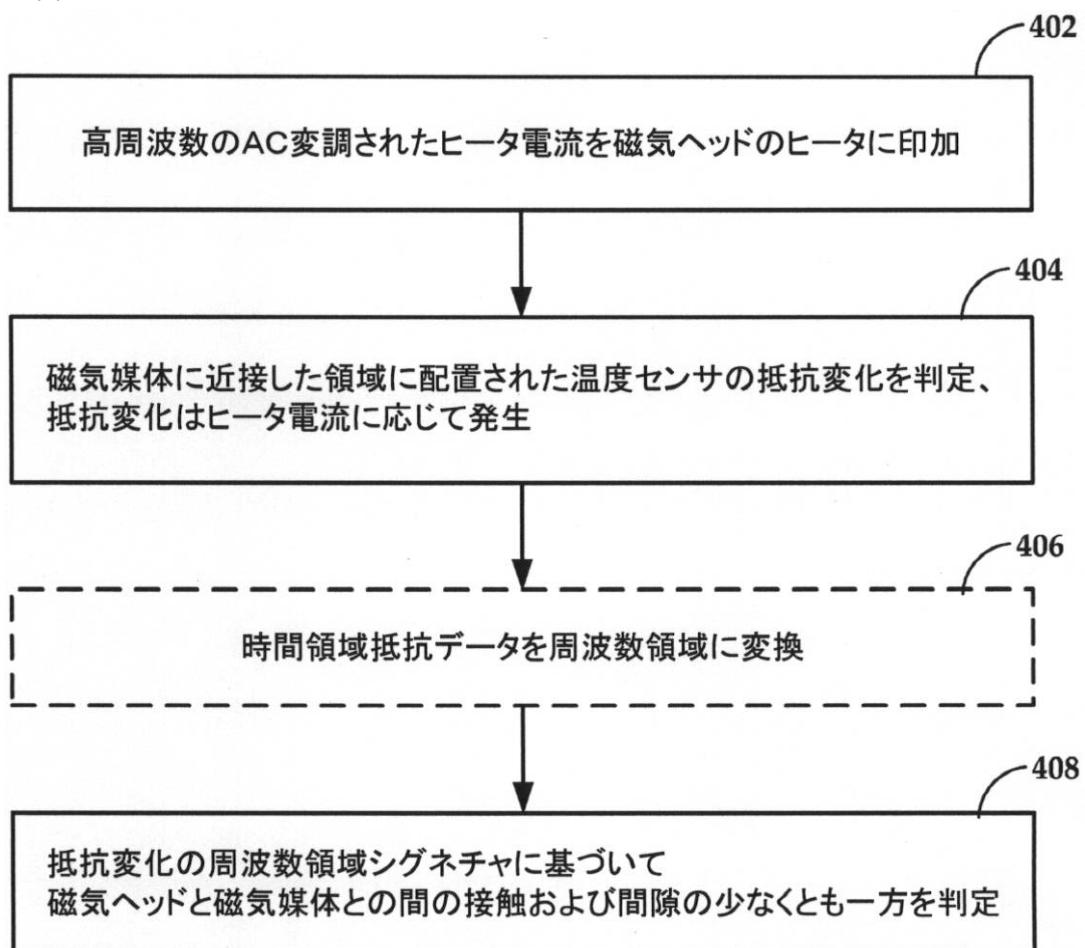


FIG. 4

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2012/068399 (WO, A1)
特表2013-543204 (JP, A)
特開2008-112545 (JP, A)
特開2008-186549 (JP, A)
特開2009-129532 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0008230 (US, A1)
特表2013-543024 (JP, A)
特開2003-168274 (JP, A)
米国特許第7808746 (US, B2)
米国特許第8094418 (US, B2)
米国特許出願公開第2012/0120522 (US, A1)
特開2006-277820 (JP, A)
特開2011-258255 (JP, A)
特開2003-272335 (JP, A)
米国特許第7133254 (US, B2)
特開2009-3997 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0265618 (US, A1)
特開2010-129157 (JP, A)
米国特許第8508887 (US, B2)
国際公開第02/37480 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/60, G11B 21/21
米国特許分類 360/75, 360/294.7