

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-104213

(P2012-104213A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 1 1 B 21/21 (2006.01)</b>	G 1 1 B 21/21 E	5 D 0 3 3
<b>G 1 1 B 5/31 (2006.01)</b>	G 1 1 B 5/31 A	
	G 1 1 B 21/21 N	

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2011-240748 (P2011-240748)	(71) 出願人	500373758
(22) 出願日	平成23年11月2日 (2011.11.2)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(31) 優先権主張番号	12/941, 461		アメリカ合衆国、95014 カリフォル
(32) 優先日	平成22年11月8日 (2010.11.8)		ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		・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	チョン・シュアン
			アメリカ合衆国、55378 ミネソタ州
			、サベッジ、リッジ・ポイント・コート、
			14062
		(72) 発明者	ティモシー・ウィリアム・ストーブ
			アメリカ合衆国、55345 ミネソタ州
			、ミネトンカ、クリーク・リッジ・トレイ
			ル、16820
		Fターム(参考)	5D033 BA71 BB14 BB51

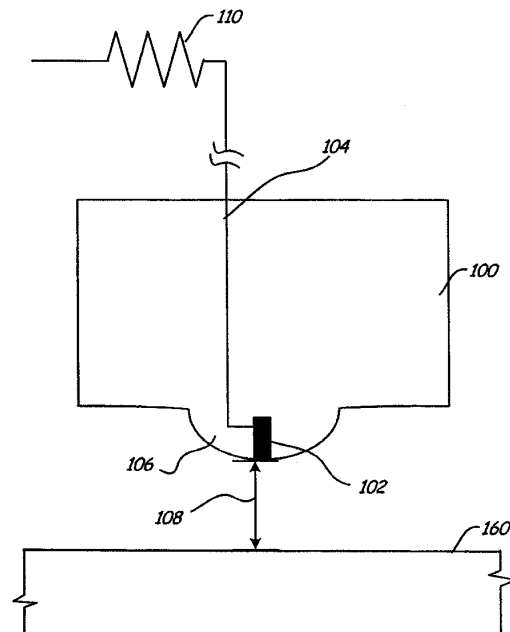
(54) 【発明の名称】 データストレージシステム、方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 データストレージシステムにおけるヘッドと媒体との間隔を測定または決定するのに有用な装置および方法を提供する。

【解決手段】 データストレージシステムは記録ヘッドおよび補償抵抗器を含む。記録ヘッドは加熱素子を有する。補償抵抗器は、加熱素子と電気的に直列であり、記録ヘッドの外部にある。方法は、交流を第1の角周波数で記録ヘッドに印加するステップを含む。記録ヘッドの加熱素子の両端の電圧降下が測定される。電圧降下の成分が抽出される。成分は、第1の角周波数の周波数の3倍の周波数を有する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

加熱素子を有する記録ヘッドと、  
加熱素子と電氣的に直列であり、記録ヘッドの外部にある補償抵抗器とを含む、データストレージシステム。

## 【請求項 2】

加熱素子が温度によって変化する抵抗を有する、請求項 1 に記載のシステム。

## 【請求項 3】

加熱素子の抵抗と補償抵抗器の抵抗とが少なくともほぼ等しい、請求項 2 に記載のシステム。

## 【請求項 4】

加熱素子の抵抗と補償抵抗器の抵抗との差を補償する乗算回路をさらに含む、請求項 2 に記載のシステム。

## 【請求項 5】

加熱素子に電力供給する交流源をさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

## 【請求項 6】

加熱素子から電圧信号の一部を抽出するロックイン増幅器をさらに含む、請求項 1 に記載のシステム。

## 【請求項 7】

記録媒体をさらに含み、  
加熱素子は、記録ヘッドのうち記録媒体に最も近接する部分となるように、記録ヘッド上に位置する、請求項 1 に記載のシステム。

## 【請求項 8】

加熱素子は金属線または膜を含み、温度センサとしても機能する、請求項 1 に記載のシステム。

## 【請求項 9】

加熱素子を補償抵抗器に電氣的に直列に接続するステップと、  
加熱素子に交流を印加するステップと、  
加熱素子の両端の電圧降下を測定するステップと、  
補償抵抗器の両端の電圧降下を測定するステップと、  
加熱素子の両端の電圧降下から補償抵抗器の両端の電圧降下を減じるステップとを含む、方法。

## 【請求項 10】

交流を第 1 の角周波数で記録ヘッドの加熱素子に印加するステップと、  
記録ヘッドの加熱素子の両端の電圧降下を測定するステップと、  
電圧降下の成分を抽出するステップとを含む方法であって、  
前記成分は、第 1 の角周波数の周波数の 3 倍の周波数を有する、方法。

## 【請求項 11】

磁気記録ヘッドを含み、前記磁気記録ヘッドは、前記磁気記録ヘッドと隣接する記録媒体との間において近接点の付近に位置する金属素子を含み、  
金属素子が、加熱素子と温度センサとの組合せとして機能する、装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、データストレージシステム、方法および装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

背景

データストレージシステムは、一般に、情報を読取ったり情報を記録媒体に書込んだりする 1 つ以上の記録ヘッドを含む。しばしば、記録ヘッドとその関連する媒体との間に比

10

20

30

40

50

較的狭い距離または間隔を設けることが望ましい。この距離または間隔は、「フライハイト (fly height)」または「ヘッドと媒体との間隔 (head-to-media spacing)」として公知である。このヘッドと媒体との間隔を小さくすることにより、記録ヘッドは、通常、媒体からの読取および媒体への書込の両方をより適切に行なうことができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ヘッドと媒体との間隔を小さくする能力を向上させ得る1つの要因として、ヘッドと媒体との間隔を決定または測定する能力、および、接触がいつ起こるかを検出する能力が挙げられる。たとえば、ヘッドと媒体との間隔を決定するためのより正確な、および/またはより再現性の高い方法では、ヘッドと媒体との間隔を縮めることが可能となり得る。ヘッドと媒体との間隔を測定しようとする従来 of 取組みには、記録ヘッドが記録媒体と物理的に接触させられるのに付随して増大する変動の検出が含まれていた。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

概要

一実施例においては、データストレージシステムは、記録ヘッドおよび補償抵抗器を含む。記録ヘッドは加熱素子を備える。補償抵抗器は、加熱素子と電氣的に直列であり、記録ヘッドの外部にある。

【0005】

別の実施例においては、方法は、加熱素子を補償抵抗器に電氣的に直列に接続するステップを含む。交流が加熱素子に印加される。加熱素子の両端の電圧降下が測定される。補償抵抗器の両端の電圧降下が測定される。補償抵抗器の両端の電圧降下が、加熱素子の両端の電圧降下から減じられる。

20

【0006】

別の実施例においては、方法は、交流を第1の角周波数で記録ヘッドに印加するステップを含む。記録ヘッドの加熱素子の両端の電圧降下が測定される。電圧降下の成分が抽出される。成分は、第1の角周波数の周波数の3倍の周波数を有する。

【0007】

さらに別の実施例においては、装置は磁気記録ヘッドを含む。磁気記録ヘッドは、磁気記録ヘッドと隣接する記録媒体との間において近接点の付近に位置する金属素子を含む。金属素子は、加熱素子と温度センサとの組合せとして機能する。

30

【0008】

主張されている実施例を特徴付けるこれらおよび他のさまざまな特徴および利点は、以下の詳細な説明を読み、添付の図面を検討することで明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】ヘッド、加熱素子および補償抵抗器を備えた実施例を示す図である。

【図2】加熱素子を有する記録ヘッドを示す概略図である。

【図3】補償抵抗器と電氣的に直列である加熱素子を示す概略図である。

40

【図4】加熱素子が記録媒体と接触していない場合の加熱素子の温度変動を示すグラフである。

【図5】加熱素子が記録媒体と接触している場合の加熱素子の温度変動を示すグラフである。

【図6】温度変動の振幅をヘッドと媒体との間隔の関数として示すグラフである。

【図7】加熱素子の温度変動を決定する方法を示すプロセスフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

詳細な説明

この開示の実施例は、データストレージシステムにおけるヘッドと媒体との間隔を測定

50

または決定するのに有用であり得る装置および方法を含む。一実施例においては、記録ヘッドは、交流によって電力供給される加熱素子を含む。交流は、加熱素子の温度を変動させる。以下により詳細に説明するように、温度変動の振幅は、記録ヘッドとその関連する記録媒体との間の距離に依存している（すなわち、温度変動の振幅はヘッドと媒体との間隔に依存している）。たとえば、一実施例においては、記録ヘッドは、記録ヘッドがその記録媒体から離れている場合（すなわち、ヘッドと媒体との間隔が0よりも大きい場合）と比べて、その記録媒体と接触している（すなわち、ヘッドと媒体との間隔がゼロである）ときにより多くの熱を失う。これは、一例として、ヘッドと媒体との間隔がゼロよりも大きい場合に起こる固体と気体との接触とは対照的に、ヘッドと媒体との間隔が0である場合に起こる固体と固体との接触によって、熱がより高い速度で記録ヘッドから放散されてしまうことによるものである。熱損失に差があることで、結果として、加熱素子の両端における温度変動の振幅が異なってくる。少なくともいくつかの実施例においては、装置および方法は、温度変動の振幅を測定し、そして、この振幅を用いて記録ヘッドと媒体との間隔を決定することを可能にする。

10

20

30

40

50

#### 【0011】

図1は、この開示に従った、記録ヘッド100および記録媒体160の断面を示す概略図である。記録ヘッド100は例示的にはスライダによって担持され、媒体160は例示的には記憶媒体である。図1は、記録ヘッドのうちいくつかの構成要素の断面図だけを示す簡略図である。当業者であれば、記録ヘッドが、概して、絶縁材料、読取/書込素子および電気接続点などの他の構成要素を含むがこれらに限定されないことを認識するだろう。

#### 【0012】

記録ヘッド100は、任意には、導体104を介して電流または電力を受取る加熱素子102を含む。加熱素子102は、例示的には、電流が素子を通ると熱を発生させる抵抗ヒータである。しかしながら、加熱素子102は、特定の如何なるタイプの加熱素子にも限定されず、如何なるタイプの加熱素子をも含み得る。

#### 【0013】

加熱素子102は、熱エネルギー（すなわち、熱）を記録ヘッド100の周囲部分106に伝える。熱エネルギーは、周囲部分106の熱膨張を引起す。この熱膨張を用いることにより、たとえば、データストレージシステムにおいてヘッドと媒体との間隔108を小さくすることができる。また、以下により詳細に説明するように、いくつかの実施例においては、加熱素子102は、加熱素子および温度センサとしての両方の役割を果たし、記録ヘッド100と媒体160との間における最も近接する接触点に位置し得る。

#### 【0014】

加熱素子102は、任意には、外部の補償抵抗器110に電氣的に直列に接続される。また、以下により詳細に説明するように、補償抵抗器110の電氣的特性（たとえば、補償抵抗器の両端の電圧降下）は、記録ヘッド100と媒体160との間においてヘッドと媒体との間隔108を近似させるのに用いられてもよい。

#### 【0015】

図2は、この開示に従った記録ヘッドシステムを示す概略図である。図2は、外部の補償抵抗器280および接地290に電氣的に接続された記録ヘッド200を示す。いくつかの実施例においては、外部の補償抵抗器280は、可撓性のある梁、サスペンションアーム、コントローラ回路または他のプリント回路基板（PCB：printed circuit board）を含む記録ヘッドから離れていればどこに配置されてもよい。記録ヘッド200は、読取素子210、書込素子220および加熱素子（すなわち、ヒータ）230を含む。読取装置および書込装置の実施例は特定の如何なる構成にも限定されず、実施例は、例示的には、如何なるタイプまたは構成の読取素子および/または書込素子を有するヘッドを含む。

#### 【0016】

加熱素子230は抵抗加熱素子である。加熱素子230の抵抗は、例示的には、加熱素

子の温度に対して直線的またはほぼ直線的に変化する。加熱素子 230 は、任意には金属から作られ、記録ヘッド上で薄膜、ラインまたはワイヤとして形成される。一実施例においては、加熱素子 230 は、記録ヘッドのうち接触時に記録媒体に接触すべき第 1 の部分となるように、または、記録ヘッドのうち接触時に記録媒体に接触する第 1 の部分に近接して位置する（図 1 を参照）ように、記録ヘッド上の位置に配置される。たとえば、加熱素子 230 は、例示的には、書込素子 220 の付近にある記録ヘッドの空気軸受面上に位置する。

#### 【0017】

図 2 に図示のとおり、抵抗器 280 は、加熱素子 230 に電氣的に直列に接続され、記録ヘッド 200 の外部にある（すなわち、抵抗器 280 は記録ヘッドの一部ではない）。抵抗器 280 の抵抗は、例示的には、加熱素子 230 の抵抗と同じであるかまたはほぼ同じである。しかしながら、加熱電流によってもたらされる抵抗器 280 の抵抗変化は、無視できるほどにごくわずかなものである（すなわち、抵抗器 280 の抵抗は、加熱素子 230 の抵抗と同様に、加熱電流の振幅によって変化しない）。一実施例においては、抵抗器 280 は、その抵抗変化が無視できるほどわずかなものとなるほどに十分に大きな体積（たとえば、 $1\text{ mm}^3$  よりも大きな体積）を有する。抵抗器 280 はまた、抵抗の温度係数が 0 に等しいかまたはほぼ 0 である材料で作ることができる。しかしながら、抵抗器 280 の実施例は特定の如何なるタイプの抵抗器にも限定されない。

10

#### 【0018】

記録ヘッド 200 はさらに、例示的には、記録ヘッド構成要素を外部の電子装置（たとえば、プリアンプ、電流源および/もしくは外部抵抗）に電氣的に接続または結合することを可能にする電気接続点またはパッド 211、212、221、222、231 および 232 を含む。図 2 は、6 個の電気接続点を有する記録ヘッド 200 を示す。しかしながら、記録ヘッドの実施例は、特定の如何なる構成もしくは数、または電気接続点にも限定されず、図示された 6 個よりも多くてもまたは少なくともよく、場合によっては、これらの接続点のうちの一つかが組合されてもよい。

20

#### 【0019】

図 3 は、動作中の加熱素子 230 および外部の補償抵抗器 280 を示す電気図である。加熱素子 230 および抵抗器 280 は電氣的に直列に接続され、交流源 302 によって電力供給される。電流源 302 は、「 $V_{AB}$ 」304 とラベル表示された加熱素子 230 の両端の電圧降下と、「 $V_{BC}$ 」306 とラベル表示された補償抵抗器 280 の両端の電圧降下とをもたす。以下に説明するように、加熱素子 230 の両端の電圧降下から補償抵抗器 280 の両端の電圧降下を減じることにより、ヘッドと媒体との間隔に相互に関連付けることのできる電圧信号が得られる。

30

#### 【0020】

回路内の駆動電流（すなわち、図 3 における交流源 302 からの電流）は、以下の式 1 によって表わすことができる。

#### 【0021】

$$\text{式 1: } I(t) = I_0 \exp(i \omega t)$$

ここで、 $I(t)$  は、時間  $t$  における瞬間電流であり、 $I_0$  は電流振幅であり、 $\omega$  は角周波数（たとえば、ラジアン/秒）である。

40

#### 【0022】

加熱素子回路における電力は、以下の式 2 によって表わすことができる。

$$\text{式 2: } P(t) = V(t) I(t)$$

ここで、 $P(t)$ 、 $V(t)$  および  $I(t)$  はそれぞれ、回路についての、時間  $t$  における瞬時電力、電圧および電流である。駆動電圧  $V(t)$  および電流  $I(t)$  は常に、ともに正であるかまたはともに負であり、このため、電力  $P(t)$  は常に正となる。結果として生じる電力の角周波数が駆動電流の角周波数の 2 倍（すなわち、 $2\omega$ ）であることにも留意されたい。

#### 【0023】

50

図4および図5は、加熱素子（たとえば、図2における素子230）の温度変動を時間の関数として示すグラフである。図4は、加熱素子と記録媒体とが接触していない（すなわち、加熱素子が気体で囲まれている）場合の温度変動を示し、図5は、加熱素子と記録媒体とが接触している場合の温度変動を示す。温度変動は以下の式3によって表わすことができる。

【0024】

$$\text{式3: } T = T_{DC} + T_{AC} \exp(i2\pi t)$$

ここで、 $T_{DC}$ は、温度上昇の直流成分であり、 $T_{AC}$ は、温度変動の交流成分の振幅である。

【0025】

グラフには注目すべきいくつかの事項がある。第1に、加熱素子の温度は、電力変動の角周波数と一致する角周波数で変動する（すなわち、温度が2で変動する）。第2に、接触していない場合の温度変動の振幅（すなわち、図4における $T_{AC1}$ ）は、接触している場合の温度変動の振幅（すなわち、図5における $T_{AC2}$ ）よりも大きい。先に述べたように、加熱素子が記録媒体と接触していないときに起こる接触が固体と気体との接触である場合の熱放散率と比べて、熱は、加熱素子が記録媒体と接触しているときに起こる固体と固体との接触点の間においてより急速に放散される。または、言いかえれば、加熱素子が記録媒体と接触していない場合（すなわち図4）、ほんのわずかな熱量しか加熱素子から放散されず、 $T_{AC1}$ が大きくなる。加熱素子が記録媒体と接触している場合、より多くの熱量が加熱素子から放散され、 $T_{AC2}$ が小さくなる。最後に、加熱素子の温度が2の角周波数で変動するので、（温度に対して直線的に変化する）加熱素子の抵抗が2の角周波数で変動することに留意されたい。

【0026】

図6は、加熱素子における温度変動の振幅（すなわち $T_{AC}$ ）と、ヘッドと媒体との間隔との関係を示す概略図である。グラフから分かるように、振幅は、ヘッドと媒体との間隔が小さくなるにつれて低下する。また、加熱素子がグラフの左側の固体と固体との伝熱界面（heat transfer interface）からグラフの右側の固体と気体との伝熱界面へと移動するにつれて、振幅が急激に変化する。したがって、ヘッドと媒体との間隔の値は、加熱素子の温度変動を決定することによって決定することができるか、または少なくとも近似させることができる。たとえば、ゼロクリアランスでの遷移を用いて、記録ヘッドと記録媒体との間の接触を検出することができる。

【0027】

図7は、加熱素子の温度変動を決定する方法を示すプロセスフロー図である。温度変動は、例示的には、加熱素子の両端における電圧変動を測定することによって決定される。いくつかの実施例においては、3の電圧変動が測定される。ブロック702では、交流が、加熱素子と外部の補償抵抗器とを有する回路（たとえば、図3に示される回路）に印加される。いくつかの実施例においては、1の角周波数の交流が印加される。ブロック704では、交流が加熱素子を加熱して、加熱素子において温度変動をもたらす。いくつかの実施例においては、加熱素子における温度変動が2の角周波数で起こる。ブロック706では、加熱素子の両端の電圧降下が測定される。駆動交流によって倍増された抵抗変動が、結果として、加熱素子の両端に電圧変動をもたらす（たとえば図3における「 $V_{AB}$ 」304）。いくつかの実施例においては、1で駆動交流によって倍増された2での抵抗変動が、結果として、3の角周波数で加熱素子の両端に電圧変動をもたらす。ブロック708では、補償抵抗器の両端の電圧降下（たとえば、図3における「 $V_B$ 」306）が測定される。先に述べたように、補償器の抵抗は、その抵抗が加熱電流の振幅によってさほど変化しないかまたは認め得るほどには変化しないことを除いては、加熱素子の抵抗と同じであるかまたはほぼ同じである。従って、補償抵抗器の両端の電圧降下は、それが電圧変動成分（たとえば、3成分）を含まないであろう点を除いては、加熱素子の両端の電圧降下と同じになるかまたはほぼ同じになるだろう。ブロック710では、加熱素子の両端の電圧降下から補償抵抗器の両端の電圧降下を減じて、加熱素子の電

10

20

30

40

50

圧変動成分（たとえば、3 での電圧変動成分）を決定する。任意には、ブロック 712 では、電圧変動成分は温度変動に相互に関連付けられ、この温度変動はさらに、ヘッドと媒体との間隔に相互に関連付けることができる。

#### 【0028】

この開示の一実施例においては、ロックイン技術/解析を用いて、3 変動成分の信号対雑音比を向上させる。これは、3 で設定された基準周波数を受取り、加熱素子の 3 変動成分を抽出するハードウェアまたはソフトウェア方法（たとえば、ロックイン増幅器または IC 復調器）によって達成することができる。別の実施例においては、3 変動成分の信号対雑音比は、加熱素子の両端の電圧降下から補償抵抗器の両端の電圧降下を減じる（たとえば図 7 におけるブロック 710）前に、乗算回路を利用することによって改善される。乗算回路は、誤差を補正することができ、および/または、加熱素子の抵抗と補償抵抗器の抵抗との差をなくすことができる（すなわち、乗算回路は、任意には、加熱素子の抵抗と補償抵抗器の抵抗との差だけが加熱素子抵抗の 3 変動成分となるように抵抗を補正する）。

10

#### 【0029】

さらに別の実施例においては、加熱周波数を最適化することによって信号対雑音比をさらに向上させる。加熱周波数を最適化することにより、周囲の熱境界条件（thermal boundary conditions）に対する加熱素子の感度を高めることができる。熱波の浸入深さ（penetration depth）は以下の式 4 によって表わすことができる。

20

#### 【0030】

$$\text{式 4 : } d = (D / \quad )^{1/2}$$

ここで、 $d$  は熱波の浸入深さであり、 $D$  は材料の熱拡散率（thermal diffusivity）である。加熱周波数が低い場合、熱の侵入深さは大きくなる（すなわち、加熱素子のまわりの大量の材料が加熱される）。これにより、結果として、加熱素子が記録媒体と接触するほど近接した場合に（すなわち、ヘッドと媒体との間隔が 0 に近づくにつれて）、加熱素子の温度が上昇して熱境界条件に対する感度が低下する。加熱周波数が高い場合、熱の侵入深さは小さくなる（すなわち、加熱素子のまわりの少量の材料が加熱される）。これにより、結果として、加熱素子が記録媒体と接触するほど近接した場合に、加熱素子の温度が上昇して熱境界に対する感度が高くなる。したがって、比較的高い加熱周波数であれば、ヘッドと媒体との間隔を決定するのにより望ましいだろう。しかしながら、加熱周波数は、ヘッドとディスクとの界面における熱伝導の寄与を除外するように、熱を極めて小容量に制限するよう高く設定することができない。

30

#### 【0031】

上述したように、この開示の実施例は、データストレージシステムにおいてヘッドと媒体との間隔または接触を決定/検出するのに利用され得る装置および方法を提供する。実施例では、例示的には、加熱素子の変動温度に基づいて間隔が決定される。したがって、実施例は、間隔を検出するための従来の取組みを有するものとして、アコースティックエミッションなどの変動に依存していない。いくつかの実施例はまた他の利点を提供し得る。たとえば、いくつかの実施例における加熱素子は、ヒータおよび温度センサとしての両方の役割を果たす。また、たとえば、ヘッドと媒体との間隔の決定は、駆動/加熱周波数を最適化することによって、信号減算を利用することによって（たとえば、補償抵抗器を利用することによって）、および、ロックイン検出アルゴリズム/システムを利用することによって向上させることができる。

40

#### 【0032】

最後に、さまざまな実施例についての多数の特徴および利点が、上述の記載において、さまざまな実施例の構造および機能についての詳細とともに述べられてきたが、この詳細な説明は単に例示的なものにすぎず、特にこの開示の原理の範囲内における部分の構造および配置に関して、添付の特許請求の範囲に表される用語の広く一般的な意味で示される最大限の範囲にまで、詳細に変更が加えられ得ることが理解されるべきである。加えて、この明細書中に記載される実施例はハードディスクドライブに向けられているが、当業者

50

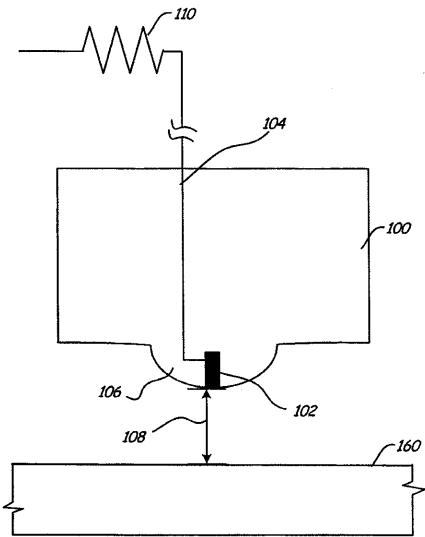
であれば、この開示の教示が、この開示の範囲および精神から逸脱することなく他のタイプのデータストレージシステムにも適用可能であることを認識するだろう。

【符号の説明】

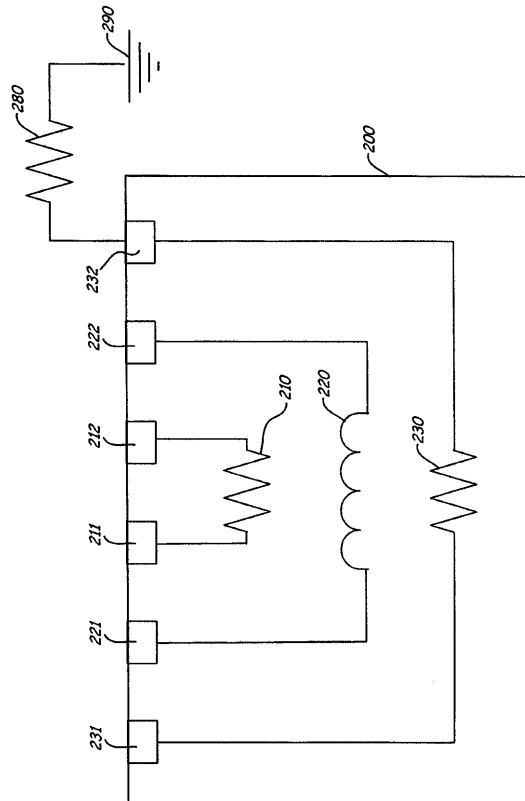
【0033】

100 記録ヘッド、102 加熱素子、104 導体、106 周囲部分、108  
ヘッドと媒体との間隔、110 補償抵抗器、160 記録媒体。

【図1】

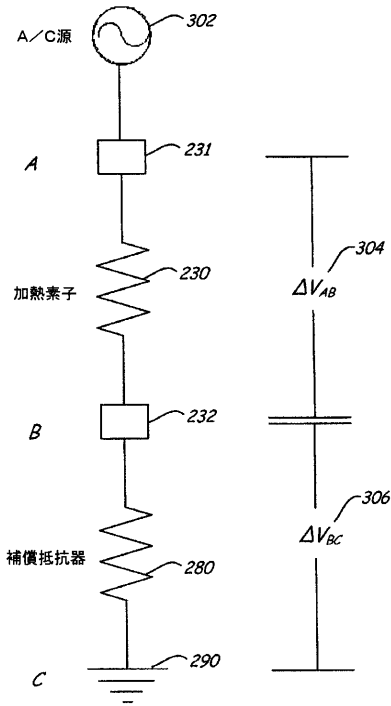


【図2】

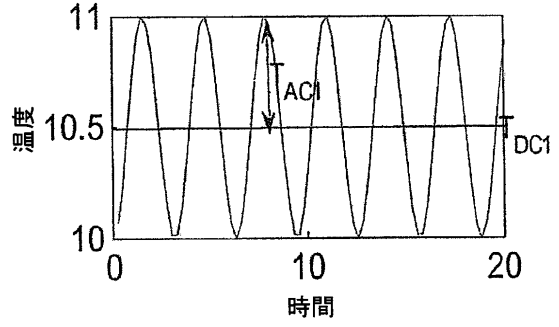




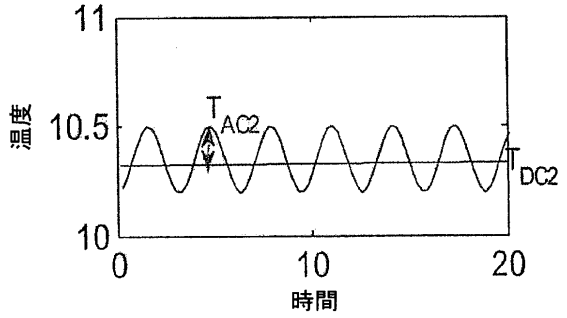
【図3】



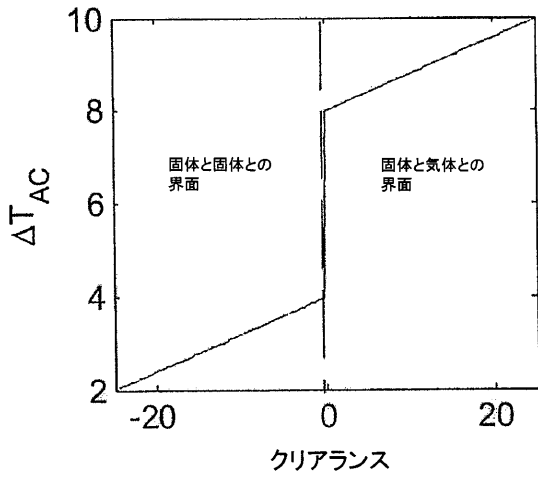
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

