

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7143209号  
(P7143209)

(45)発行日 令和4年9月28日(2022.9.28)

(24)登録日 令和4年9月16日(2022.9.16)

(51)国際特許分類	F I
G 1 1 B 5/31 (2006.01)	G 1 1 B 5/31 A
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/02 R
	G 1 1 B 5/31 E
	G 1 1 B 5/31 Q

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2018-246700(P2018-246700)	(73)特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22)出願日	平成30年12月28日(2018.12.28)	(73)特許権者	317011920 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
(65)公開番号	特開2020-107379(P2020-107379 A)	(74)代理人	110001737 特許業務法人スズ工国際特許事務所
(43)公開日	令和2年7月9日(2020.7.9)	(72)発明者	小泉 岳 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
審査請求日	令和3年7月12日(2021.7.12)	(72)発明者	大竹 雅哉 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	中野 和彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気ディスク装置及び記録ヘッド制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

記録層を有する磁気ディスクと、  
前記記録層に記録磁界を印加する記録ヘッドと、  
前記記録ヘッドを制御する制御器とを備え、  
前記記録ヘッドが、  
垂直記録磁界を発生する主磁極と、  
前記主磁極の先端部にライトギャップを置いて対向するリターン磁極と、  
前記主磁極と前記リターン磁極が形成する磁気回路に磁束を励起する記録コイルと、  
前記ライトギャップに配置され、バイアス電圧の印加によって発振し、前記磁気ディ  
スクの磁化をアシストする高周波アシスト素子と、  
前記主磁極、前記リターン磁極を通して前記高周波アシスト素子に前記バイアス電圧  
を印加するバイアス電圧供給回路とを備え、  
前記制御器は、前記バイアス電圧の設定指示に応じて測定用電圧を前記高周波アシスト  
素子に印加して通電電流を測定し、その測定電流と前記測定用電圧との関係から電圧供給  
経路における抵抗値を算出し、前記抵抗値をR、前記高周波アシスト素子の発振特性が安  
定化する基準電圧をVsとしたとき、前記データ記録時に印加するバイアス電圧Vsetを  
 $\frac{R}{|R-10|} \times Vs$ 以上、  
 $\frac{R}{|R-30|} \times Vs$ 以下の範囲内に変更する磁気ディスク装置。

【請求項2】

前記制御器は、前記記録ヘッドの前記抵抗値Rの平均値をRave、その際の付帯抵抗率を、前記抵抗値Rの平均値Raveに対する比率の最大値をmaxとしたとき、前記データ記録時に印加するバイアス電圧Vsetの平均値に対する最大値の比率を

$$\max / (\max - 0.4) \times 0.33 \text{ 以上、}$$

$$\max / (\max - 0.67) \times 0.6 \text{ 以下に調整することを特徴とする請求項1記載の磁気ディスク装置。}$$

【請求項3】

前記記録ヘッドの抵抗値Rの平均値をRaveとし、その際の付帯抵抗率をとし、前記記録ヘッドの抵抗値Rの平均値Raveに対する比率の最小値をminとしたとき、装置内のVset平均値に対するVset最小値の比率が

$$\min / |\min - 0.4| \times 0.33 \text{ 以上、}$$

$$\min / |\min - 0.67| \times 0.6 \text{ 以下に調整されることを特徴とする請求項に記載の磁気ディスク装置。}$$

【請求項4】

さらに、前記記録ヘッドの内部温度を測定する温度センサを備え、

前記制御器は、前記温度センサの測定温度Thが基準温度Tr以上である環境下において、前記測定温度Thの環境下で観測される前記抵抗値をR(Th)、前記基準温度Trの環境下で観測される前記抵抗値をR(Tr)としたとき、前記測定温度Thの環境下でデータ記録する際に印加するバイアス電圧Vset(Th)と、前記基準温度Trの環境下でデータ記録する際に印加するバイアス電圧Vset(Tr)との比Vset(Th)/Vset(Tr)が1以上、R(Th)/R(Tr)以下となるように、前記測定温度Thに応じて前記バイアス電圧を調整する請求項1記載の磁気ディスク装置。

【請求項5】

前記制御器は、前記温度センサの測定温度Tlが基準温度Tr以下である環境下において、前記測定温度Tlの環境下で観測される前記抵抗値をR(Tl)、前記基準温度Trの環境下で観測される前記抵抗値をR(Tr)としたとき、前記温度Tlの環境下でデータ記録する際に印加するバイアス電圧Vset(Tl)と前記基準温度Trの環境下で印加するバイアス電圧Vset(Tr)との比Vset(Tl)/Vset(Tr)がR(Tl)/R(Tr)以上、1以下となるように、前記測定温度に応じて印加するバイアス電圧を調整する請求項4記載の磁気ディスク装置。

【請求項6】

記録層を有する磁気ディスクと、  
前記記録層に記録磁界を印加する記録ヘッドと、  
前記記録ヘッドを制御する制御器とを備え、  
前記記録ヘッドが、  
垂直記録磁界を発生する主磁極と、  
前記主磁極の先端部にライトギャップを置いて対向するリターン磁極と、  
前記主磁極と前記リターン磁極が形成する磁気回路に磁束を励起する記録コイルと、  
前記ライトギャップに配置され、バイアス電圧の印加によって発振し、前記磁気ディスクの磁化をアシストする高周波アシスト素子と、

前記主磁極、前記リターン磁極を通して前記高周波アシスト素子に前記バイアス電圧を印加するバイアス電圧供給回路とを備える磁気ディスク装置に用いられ、

前記バイアス電圧の設定指示に応じて測定用電圧を前記高周波アシスト素子に印加して通電電流を測定し、その測定電流と前記測定用電圧との関係から電圧供給経路における抵抗値を算出し、前記抵抗値をR、前記高周波アシスト素子の発振特性が安定化する基準電圧をVsとしたとき、前記データ記録時に印加するバイアス電圧Vsetを

$$\frac{R}{|R-10|} \times Vs \text{ 以上、}$$

$$\frac{R}{|R-30|} \times Vs \text{ 以下の範囲内に変更する磁気ディスク装置の記録ヘッド制御方法。}$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

この発明の実施形態は、垂直磁気記録ヘッドを用いた磁気ディスク装置と、この磁気ディスク装置に用いられる記録ヘッド制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、磁気ディスク装置にあっては、高記録密度化、大容量化あるいは小型化を図るため、垂直磁気記録方式が採用されている。この方式による磁気ディスク装置では、垂直磁気記録用の記録層を有する磁気ディスクの記録面に垂直磁気記録用の記録ヘッドを対峙させ、その記録ヘッドにより、磁気ディスクの所定領域に、記録データに対応する垂直方向磁界を発生させることでデータを記録する。

【0003】

上記記録ヘッドは、軟磁性金属からなる絞込み部分を有し、垂直方向の磁界を発生させる主磁極と、この主磁極にライトギャップを挟んで対向配置され、主磁極からの磁束を還流させて主磁極とともに磁気回路を形成するリターン磁極と、主磁極とリターン磁極が形成する磁気回路に磁束を励起して記録磁界を発生するコイルとを備える。

【0004】

上記構成による記録ヘッドでは、さらに記録能力の改善を図るために、ライトギャップ内に高周波アシスト素子が配置される。この高周波アシスト素子は、記録時に特定の高周波振動を発生して磁気記録面に与えることで磁気共鳴を生じさせ、これによって磁化反転の応答を補助する。高周波アシスト素子には、一例として、スピントルク発振素子（STO : Spin Torque Oscillator）が挙げられる。

【0005】

ところで、高周波アシスト素子を安定に発振させるために、従来では、素子に加わる電流密度が一定となるように、ドライブ回路内のプリアンプで一定のバイアス電圧を生成して素子に印加する手法を採用している。

しかしながら、高周波アシスト素子は、その製造の困難性から寸法にばらつきがあり、これに伴って素子自体の抵抗値にばらつきが生じている。素子自体の抵抗値にばらつきがあると、素子部分に印加される電圧値が大きくばらついてしまうこととなり、結果として、発振特性のばらつきのみならず、過剰な電圧印加による素子破損を招く可能性がある。

【0006】

また、高周波アシスト素子自体の抵抗値のみならず、配線経路に内在する付帯抵抗成分の影響も無視することができない。すなわち、付帯抵抗成分は、温度変化に応じて変動するため、素子部分に印加される電圧も変動してしまい、電流密度の一定化を実現することができない原因となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2010-150351号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

この発明の実施形態の課題は、高周波アシスト素子の寸法のばらつき、配線経路の付帯抵抗成分の温度特性によらず、素子に加わる電圧を一定にして発振を安定化し、これによって記録密度を向上させることのできる磁気ディスク装置とその記録ヘッド制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施形態によれば、磁気ディスク装置は、記録層を有する磁気ディスクと、前記記録層に記録磁界を印加する記録ヘッドと、前記記録ヘッドを制御する制御器とを備える。前記記録ヘッドは、記録磁界を発生する主磁極と、前記主磁極の先端部にライトギャップを介して対向するリターン磁極と、前記主磁極と前記リターン磁極が形成する磁気回路に磁束

10

20

30

40

50

を励起する記録コイルと、前記ライトギャップに配置される高周波アシスト素子と、前記主磁極、前記リターン磁極を通して前記高周波アシスト素子にバイアス電圧を印加するバイアス電圧供給回路とを備える。前記制御器は、前記バイアス電圧の調整指示に応じて測定用電圧を前記高周波アシスト素子に印加して通電電流を測定し、その測定電流と前記測定用電圧との関係から電圧供給経路における抵抗値を算出し、前記抵抗値をR、前記高周波アシスト素子の発振特性が安定化する基準電圧をVsとしたとき、前記データ記録時に印加するバイアス電圧Vsetを

$\frac{R}{|R-10|} \times V_s$ 以上、

$\frac{R}{|R-30|} \times V_s$ 以下の範囲内に変更する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る磁気ディスク装置（HDD）を概略的に示すブロック図。

【図2】図2は、第1の実施形態において、HDDにおける磁気ヘッドのヘッド部および磁気ディスクの一部を拡大して概略的に示す断面図。

【図3】図3は、第1の実施形態において、HDDにおける磁気ヘッド、サスペンション、記録媒体を示す側面図。

【図4】図4は、第1の実施形態において、磁気ヘッドのヘッドスライダを図3のA方向から見た場合の概略構成を示す図。

【図5】図5は、第1の実施形態において、データ記録時のSTOバイアス電圧を制御する系統を示すブロック図。

【図6】図6は、第1の実施形態において、STOバイアス電圧の供給経路における等価回路を示すブロック回路図。

【図7】図7は、第1の実施形態において、STOバイアス電圧の適正値を求める処理の流れを示すフローチャート。

【図8】図8は、第1の実施形態において、STOバイアス電圧制御部における推定抵抗値と印加バイアス電圧との関係を示す特性図。

【図9】図9は、第2の実施形態において、装置内温度に応じて変動する付帯抵抗を考慮してSTOバイアス電圧を制御する処理の流れを示すフローチャート。

【図10】図10は、第2の実施形態において、装置内温度とSTOに印加する最適バイアス電圧との関係を示す特性図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら、種々の実施形態について説明する。

なお、開示はあくまで一例にすぎず、当業者において、発明の主旨を保つての適宜変更であって容易に想到し得るものについては、当然に本発明の範囲に含有されるものである。また、図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。また、本明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して、詳細な説明を適宜省略することがある。

【0012】

（第1の実施形態）

図1及び図2を参照して、実施形態が適用される磁気ディスク装置（ハードディスクドライブ：以下、HDD）の構成を説明する。図1は、HDDを概略的に示すブロック図、図2は、磁気ヘッドのヘッド部および磁気ディスクの一部を拡大して概略的に示す断面図、図3は、HDDにおける磁気ヘッド、サスペンション、記録媒体を示す側面図、図4は、磁気ヘッドのヘッドスライダを図3のA方向から見た場合の概略構成を示す図、図5は、STOバイアス電圧を制御する系統を示すブロック図である。

【0013】

HDD10は、図1に示すように、矩形状の筐体11と、筐体11内に配設された記録

10

20

30

40

50

媒体としての磁気ディスク 12 と、磁気ディスク 12 を支持および回転するスピンドルモータ 14 と、磁気ディスク 12 に対してデータの書込み、読出しを行う磁気ヘッド 16 と、を備えている。また、HDD 10 は、磁気ヘッド 16 を磁気ディスク 12 上の任意のトラック上に移動するとともに位置決めするヘッドアクチュエータ 18 を備えている。ヘッドアクチュエータ 18 は、磁気ヘッド 16 を移動可能に支持するサスペンションアッセンブリ 20 と、このサスペンションアッセンブリ 20 を回動させるボイスコイルモータ (VCM) 22 とを含んでいる。

【0014】

HDD 10 は、ヘッドアンプ (またはプリアンプ) IC 30、メインコントローラ 40 およびドライバ IC 48 を備えている。ヘッドアンプ IC 30 は、例えば、サスペンションアッセンブリ 20 に設けられ、磁気ヘッド 16 に電氣的に接続されている。メインコントローラ 40 およびドライバ IC 48 は、例えば、筐体 11 の背面側に設けられた図示しない制御回路基板に構成されている。メインコントローラ 40 は、R/Wチャネル 42 と、ハードディスクコントローラ (HDC) 44 と、マイクロプロセッサ (MPU) 46 と、を備えている。メインコントローラ 40 は、ヘッドアンプ IC 30 に電氣的に接続されると共に、ドライバ IC 48 を介して VCM 22 及びスピンドルモータ 14 に電氣的に接続されている。HDD 10 は、図示しないホストコンピュータに接続可能である。

10

【0015】

上記磁気ディスク 12 は、ディスク面に対して垂直方向に異方性をもつ記録層を有する垂直磁気記録媒体である。具体的には、磁気ディスク 12 は、例えば、直径約 2.5 インチ (6.35 cm) の円板状に形成され非磁性体からなる基板 101 を有している。

20

【0016】

サスペンションアッセンブリ 20 は、筐体 11 に回動自在に固定された軸受部 24 と、軸受部 24 から延出した複数のサスペンション 26 と、を有している。磁気ヘッド 16 は、各サスペンション 26 の延出端に支持されている。磁気ヘッド 16 は、サスペンションアッセンブリ 20 に設けられたサスペンショントレース 82 を介してヘッドアンプ IC 30 に電氣的に接続されている。

【0017】

次に、磁気ヘッド 16 の構成について詳細に説明する。

図 2 に示すように、磁気ヘッド 16 は浮上型のヘッドとして構成され、ほぼ直方体状に形成されたスライダ 15 と、スライダ 15 の流出端 (トレーリング) 側の端部に形成されたヘッド部 17 とを有している。スライダ 15 は、例えば、アルミナとチタンカーバイドの焼結体 (アルチック) で形成され、ヘッド部 17 は複数層の薄膜により形成されている。

30

【0018】

スライダ 15 は、磁気ディスク 12 の表面に対向する矩形の ABS (空気支持面) 13 を有している。スライダ 15 は、磁気ディスク 12 の回転によってディスク表面と ABS 13 との間に生じる空気流により、磁気ディスク 12 の表面から所定量浮上した状態に維持される。空気流の方向は、磁気ディスク 12 の回転方向と一致している。スライダ 15 は、空気流の流入側に位置するリーディング端 15a および空気流の流出側に位置するトレーリング端 15b を有している。

40

【0019】

ヘッド部 17 は、スライダ 15 のトレーリング端 15b に薄膜プロセスで再生ヘッド 54 および記録ヘッド 58 を形成した、分離型の磁気ヘッドである。ヘッド部 17 の記録再生浮上量を制御するため、記録ヘッド 58 の奥行き側に記録ヒータ 19a が配置され、再生ヘッド 54 の奥行き側に再生ヒータ 19b が配置されている。

【0020】

再生ヘッド 54 は、磁気抵抗効果を示す磁性膜による再生素子 55 と、この再生素子 55 のトレーリング側およびリーディング側に磁性膜 55 を挟むようにシールド膜を配置した上部シールド 56 および下部シールド 57 と、で構成されている。これら再生素子 55、上部シールド 56、下部シールド 57 の下端は、スライダ 15 の ABS 13 に露出して

50

いる。再生ヘッド54は、図示しない電極、配線、および配線部材28を介して、ヘッドアンプIC30に接続され、読み取ったデータをヘッドアンプIC30に出力する。

#### 【0021】

記録ヘッド58は、再生ヘッド54に対して、スライダ15のトレーリング端15b側に設けられている。記録ヘッド58は、磁気ディスク12の表面に対して垂直方向の記録磁界を発生させる高透磁率材料からなる主磁極60、トレーリングシールド（ライトシールド、第1シールド）となるリターン磁極62、および、リーディングシールド（第2シールド）となるリーディングコア64を有している。主磁極60とリターン磁極62とは磁路を形成する第1磁気コアを構成し、主磁極60とリーディングコア64とは磁路を形成する第2磁気コアを構成している。記録ヘッド58は、第1磁気コアに巻き付けられた第1コイル（記録コイル）70と、第2磁気コアに巻き付けられた第2コイル（記録コイル）72とを有している。

10

#### 【0022】

主磁極60は、磁気ディスク12の表面に対してほぼ垂直に延びている。主磁極60の磁気ディスク12側の先端部60aは、ディスク面に向かって先細に絞り込まれ、例えば、断面が台形状に形成されている。主磁極60の先端面は、スライダ15のABS13に露出している。先端部60aのトレーリング側端面60bの幅は、磁気ディスク12におけるトラックの幅にほぼ対応している。

#### 【0023】

軟磁性体で形成されたリターン磁極62は、主磁極60のトレーリング側に配置され、主磁極60の直下の磁気ディスク12の軟磁性層102を介して効率的に磁路を閉じるために設けられている。リターン磁極62は、ほぼL字形状に形成され、主磁極60に接続される第1接続部50を有している。第1接続部50は非導電体52を介して主磁極60の上部、すなわち、主磁極60のABS13から離れた部分、に接続されている。

20

#### 【0024】

リターン磁極62の先端部62aは、細長い矩形状に形成され、その先端面は、スライダ15のABS13に露出している。先端部62aのリーディング側端面62bは、磁気ディスク12のトラックの幅方向に沿って延び、また、ABS13に対してほぼ垂直に延びている。このリーディング側端面62bは、主磁極60のトレーリング側端面60bとライトギャップWGを置いてほぼ平行に対向している。

30

#### 【0025】

第1コイル70は、主磁極60およびリターン磁極62を含む磁気回路（第1磁気コア）に巻き付くように配置されている。第1コイル70は、例えば、第1接続部50の回りに巻付けられている。磁気ディスク12に信号を書き込む際、第1コイル70に記録電流を流すことにより、第1コイル70は、主磁極60を励起して主磁極60に磁束を流す。

#### 【0026】

STO素子65は、ライトギャップWG内において、主磁極60の先端部60aとリターン磁極62との間に設けられ、その一部は、ABS13に露出している。STO素子65は、スピン注入層（Pin層）、中間層、発振層の3層から成り、STOバイアス電圧による駆動時に、スピン注入層からのスピントルクを受けて発振層が発振し、磁気ディスク12の記録面の磁化をアシストする構成となっている。

40

#### 【0027】

なお、STO素子65の下端面は、ABS13と面一に位置している場合に限らず、ABS13から高さ方向上方に離間していてもよい。また、スピン注入層、中間層、発振層の積層面あるいは膜面は、ABS13に垂直な方向に対して傾斜して形成してもよい。

#### 【0028】

主磁極60とリターン磁極62は、それぞれスライダ内配線80を介してスライダパッド83の接続端子91、92に接続される。これらの接続端子91、92は、サスペンショントレース82を介してヘッドアンプIC30に接続される。これにより、ヘッドアンプIC30から主磁極60、STO素子65、リターン磁極62を通して電流を直列に通

50

電できるように電流回路が構成されている。また、記録ヒータ19aと再生ヒータ19bは、それぞれスライダ内配線80を介してスライダパッド83の接続端子97, 98に接続される。これらの接続端子97, 98は、サスペンショントレース82を介してヘッドアンプIC30に接続される。

#### 【0029】

軟磁性体で形成されたリーディングコア64は、主磁極60のリーディング側に主磁極60と対向して設けられている。リーディングコア64は、ほぼL形状に形成され、磁気ディスク12側の先端部64aは細長い矩形状に形成されている。この先端部64aの先端面(下端面)は、スライダ15のABS13に露出している。先端部64aのトレーリング側端面64bは、磁気ディスク12のトラックの幅方向に沿って延びている。このトレーリング側端面64bは、主磁極60のリーディング側端面とギャップを置いて対向している。このギャップは、非磁性体としての保護絶縁膜76によって覆われている。

10

#### 【0030】

リーディングコア64は、磁気ディスク12から離間した位置で主磁極60との間のバックギャップに接合された第2接続部68を有している。この第2接続部68は、例えば、軟磁性体で形成され、主磁極60およびリーディングコア64とともに磁気回路を形成している。記録ヘッド58の第2コイル72は、主磁極60およびリーディングコア64を含む磁気回路(第2磁気コア)に巻きつくように配置され、この磁気回路に磁界を印加する。第2コイル72は、例えば、第2接続部68の回りに巻付けられている。なお、第2接続部68の一部に非導電体、もしくは、非磁性体を挿入してもよい。

20

#### 【0031】

第2コイル72は、第1コイル70と反対向きに巻かれている。第1コイル70および第2コイル72は、端子95, 96にそれぞれ接続され、これらの端子95, 96はサスペンショントレース82を介してヘッドアンプIC30に接続される。第2コイル72は、第1コイル70と直列に接続されてもよい。また、第1コイル70および第2コイル72は、別々に電流の供給を制御するようにしてもよい。第1コイル70および第2コイル72に供給する電流は、ヘッドアンプIC30およびメインコントローラ40によって制御される。

#### 【0032】

再生ヘッド54および記録ヘッド58は、スライダ15のABS13に露出する部分を除いて、保護絶縁膜76により覆われている。保護絶縁膜76は、ヘッド部17の外形を構成している。

30

上記のように構成された磁気ヘッド16および記録ヘッド58を駆動するヘッドアンプIC30は、図1に示したように、接続端子95, 96を介して第1コイル70および第2コイル72に記録電流を供給する記録電流供給回路31と、サスペンショントレース82及び接続端子91, 92を介してSTO素子65にSTOバイアス電圧を供給するSTOバイアス電圧供給回路32と、サスペンショントレース82及び接続端子97, 98を介して記録ヒータ19aおよび再生ヒータ19bにヒータ電圧を供給するヒータ電圧供給回路33と、磁気ディスク12に記録されたデータのエラーレートを測定し、比較する測定回路34と、を備えている。また、STOバイアス電圧供給回路32は、指示に応じて試験用のバイアス電圧を発生させてSTO素子65に印加し、その通電電流を測定する機能を備えている。

40

#### 【0033】

HDD10の動作時において、メインコントローラ40は、MPU46の制御の下、ドライバIC48によりスピンドルモータ14を駆動し、磁気ディスク12を所定の速度で回転する。また、メインコントローラ40は、ドライバIC48によりVCM22を駆動し、磁気ヘッド16を磁気ディスク12の所望のトラック上に移動および位置決めする。

#### 【0034】

記録時において、ヘッドアンプIC30の記録電流供給回路31は、R/Wチャンネル42から発生する記録データ、記録パターンに応じて記録電流(AC)を第1および第2コ

50

イル（以下、記録コイル）70、72に通電する。これにより、第1および第2コイル70、72は主磁極60を励磁し、主磁極60から記録磁界を発生させる。STOバイアス電圧供給回路32は、MPU46の制御の下、主磁極60およびリターン磁極62にSTOバイアス電圧を印加することにより、サスペンショントレース82、スライダ内配線80、接続端子91、92、主磁極60、STO65、リターン磁極62を通して直列に通電する。なお、接続端子91、92の間には、図4に示すように、過電流制限用のシャント抵抗81が接続されている。ヒータ電圧供給回路33は、記録ヒータ19a、再生ヒータ19bにMPU46からの制御温度に応じた電圧を供給する。測定回路34は、MPU46の制御の下、記録データのエラーレートを測定する。

#### 【0035】

図5は、本実施形態において、データ記録時のSTOバイアス電圧を制御するための制御システムを示すブロック図、図6は、STOバイアス電圧の供給経路における等価回路を示すブロック回路図、図7は、STOバイアス電圧の適正値を求める処理の流れを示すフローチャート、図8は、STOバイアス電圧制御部402における推定抵抗値と印加バイアス電圧との関係を示す特性図である。

#### 【0036】

図5に示す制御システムは、MPU46内のメモリ部300、プリアンプ部400、SoC（システム・オン・チップ）500によって実現される。メモリ部300には、測定された抵抗値と最適なSTOバイアス電圧との関係をテーブル化したSTOバイアス電圧設定テーブル301が展開される。プリアンプ部400は、書込みドライバ部401、STOバイアス電圧制御部402を備える。演算処理部500は、記録データ生成部501を備える。記録データ生成部501は、データ書込みのホストコマンドを受けて書込み用の記録データを生成する。記録データ生成部501で生成される記録データはプリアンプ部400内の書込みドライバ部401へ送信される。この書込みドライバ部401は、受け取った記録データを磁気ディスク12に記録するための記録電流を計算し、計算された記録電流を供給するように、ヘッドアンプIC30の記録電流供給回路81に指示する。これによって、磁気ディスク12の記録層にデータが記録されることとなる。

#### 【0037】

上記構成による磁気ディスク装置では、プリアンプ部400のSTOバイアス電圧制御部402において、装置製造時に、STO抵抗値を測定し、測定されたSTO抵抗値に応じて適正STOバイアス電圧を決定する。これにより、STO素子65に付帯する抵抗の影響を鑑みた上で、STO素子65に所望のバイアス電圧を印加することが可能となり、装置内での動作環境下における発振特性の安定化、及び、素子ばらつきの影響に伴う破損を防止するものである。

#### 【0038】

まず、STOバイアス電圧制御部402では、STOバイアス電圧供給回路82に、測定用電圧 $V_m$ をサスペンショントレース82、スライダ内配線80、スライダパッド接続端子91、92を介してSTO65に印加した際の通電電流 $I_m$ を測定する。このときの等価回路は、図6に示すように、STO素子65の抵抗分にスライダ配線80の抵抗分が直列に接続され、その両端にシャント抵抗81の抵抗分が並列に接続され、その並列回路にサスペンショントレース82の抵抗分が直列に接続される。

#### 【0039】

ここで、STOバイアス電圧制御部402において、STO素子65の寸法のばらつきによる特性のばらつきを抑制し、かつ、信頼性を担保するためには、STO素子自体に最適な電圧を一定に供給することが必要となる。したがって、STOバイアス電圧制御部402は、STO素子65の寸法のばらつきを考慮し、STO素子自身の抵抗値に応じて印加するバイアス電圧を調整する。

#### 【0040】

最適STOバイアス電圧の決定について詳細に説明する。

まず、STOバイアス電圧制御部402は、製品製造時において、図7に示すように、

10

20

30

40

50



ホストコマンドによりSTO測定開始の指示を受けると(ステップS11)、測定用電圧VmをSTO素子65に印加し(ステップS12)、通電電流Imを測定し(ステップS13)、測定用電圧Vmと通電電流Imとの関係から全体の抵抗成分 $R = V_m / I_m$ を計算し(ステップS14)、算出された抵抗値Rに応じて磁気ヘッド16内のSTO素子65に印加される最適なSTOバイアス電圧を換算し(ステップS15)、そのSTOバイアス電圧を301に登録して運用時に使用する(ステップS16)。

#### 【0041】

ここで、図6に示される等価回路において、STO素子65の抵抗成分をRSTO、サスペンショントレース82の抵抗成分をSus trace-R、スライダ内配線80のリード抵抗成分をSlider Lead-R、シャント抵抗81の抵抗成分をShunt-R、STO素子65に印加すべき  
10  
所望の電圧値をVbSTO、バイアス電圧制御部402で設定する最適STOバイアス電圧をVset、STO素子65に流れる電流をISTO、等価回路に流れる通電電流をIsetとしたとき、Vsetは以下で表される。

$$V_{set} = (V_{bSTO} * (Slider\ Lead-R + R_{STO}) / R_{STO}) * R / (R - Sus\ trace-R) \quad (1)$$

ここで、RSTOは、

$$R_{STO} = 1 / (1/(R - Sus\ trace-R) - 1/Shunt-R) - Slider\ Lead-R \quad (2)$$

と表すことができる。Slider Lead-R, Shunt-R, Sus trace-R は概一定と見なせるため、Vset は測定抵抗値R の関数で表すことができる。  
20

#### 【0042】

上式に基づき、測定抵抗値R に応じてVset を調整した一例を図8に示す。概一定のSlider Lead-R, Shunt-R, Sus trace-Rといった付帯抵抗の影響を鑑みると、STO素子65の寸法が小さいほど測定抵抗値R が高くなるため、STOバイアス電圧制御部402ではVset を低く調整する。逆に、STO素子65の寸法が大きい場合には測定抵抗値R が低くなるため、Vset を高く調整する。

#### 【0043】

なお、一般にShunt-Rは500~2000[ ]と相対的に他の抵抗より高いことを考慮すると、測定抵抗値R におけるVset は

$$V_{set} = R / (R - Slider\ Lead-R - Sus\ trace-R) * V_{bSTO} \quad (3)$$

で表され、また、一般にSlider Lead-R は5~15[ ], Sus trace-R は5~15[ ]であるため、

$$R / |R-10| * V_{bSTO} \leq V_{set} \leq R / |R-30| * V_{bSTO} \quad (4)$$

となる。

#### 【0044】

ここで、VbSTOはSTO素子65の発振特性が安定化する電圧Vsに設定されるべきであり、その電圧は、例えば電圧を変化させたときのオーバーライト(OW)特性のアシストゲインが最大値に対し所望の閾値、たとえば、OWゲイン最大値の90%以上に到達する電圧から算出することができる。

#### 【0045】

また、装置内に組み込まれるヘッドのR平均値をRave、その際の付帯抵抗率を(Slider Lead-R + Sus trace-R) / Rave とし、装置内のある特定ヘッドのR値のRaveに対する比率をとしたとき、式(1)に基づき、Vset は以下で示される。  
40

$$V_{set} = \frac{R}{R - (Slider\ Lead-R + Sus\ trace-R)} * V_s \quad (5)$$

ここで、Raveの際のVset は =1のため、Vsetの平均Vset aveは

$$V_{set\ ave} = 1 / (1 - \frac{Slider\ Lead-R + Sus\ trace-R}{Rave}) * V_s \quad (6)$$

となる。また、装置内ヘッドの の最小値を min、最大値を max とすると、Vsetの最大値Vset max、最小値Vset minは、

$$V_{set\ max} = \frac{max}{max - (Slider\ Lead-R + Sus\ trace-R)} * V_s \quad (7)$$

$$V_{set\ min} = \frac{min}{min - (Slider\ Lead-R + Sus\ trace-R)} * V_s \quad (8)$$

10

20

30

40

50

ここで、装置内の平均STO抵抗値が40\*40[nm]寸法の抵抗率を鑑みると15[ ]である。この場合、前述の通り、Slider Lead-Rは5~15[ ], Sus trace-Rは5~15[ ]であるため、付帯抵抗率は0.4~0.67となる。このため、装置内の最大、最小、平均Vset電圧は以下の範囲内となる。

$$\begin{aligned} & \max / ( \max - 0.4 ) \times 0.33 \\ & \quad Vset \max / Vset \text{ ave} \\ & \quad \max / ( \max - 0.67 ) \times 0.6 \quad (9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \min / | \min - 0.4 | \times 0.33 \\ & \quad Vset \min / Vset \text{ ave} \\ & \quad \min / | \min - 0.67 | \times 0.6 \quad (10) \end{aligned}$$

10

以上ことから、本実施形態に係る磁気ディスク装置によれば、STO素子65の寸法のばらつきに関わらず、STO素子65に概一定の電圧を供給できるようになるため、素子寸法のばらつきによらず、ライト寿命のばらつきも抑制することが可能となり、信頼性も含めて安定にSTO素子65を駆動することが可能となる。

【0046】

(第2の実施形態)

第1の実施形態のように、測定用電圧印加時の抵抗値 $R=V_m/I_m$ に基づき、STO素子65へ印加するバイアス電圧を制御することが肝要ではあるが、実際の量産品では、磁気ディスクドライブ内の温度に応じたバイアス制御を適正に行うことが、素子信頼性担保に必要となる。本実施形態では、ディスクドライブ内温度に応じたSTOバイアス電圧の制御方法について説明する。

20

【0047】

図9は、第2の実施形態に係る磁気ディスク装置の運用時のSTOバイアス電圧制御処理を示すフローチャートである。

まず、ホストコマンドにより運用開始が指示されると(ステップS21)、装置内の温度を測定し(ステップS22)。温度変化の有無を判断する(ステップS23)。温度変化があった場合、温度上昇のときはバイアス電圧を上げ、温度低下のときはバイアス電圧を下げる(ステップS24)。温度変化がなかった場合には、運用停止の有無を判断し、運用停止が指示されるまで温度変化に伴うバイアス電圧の調整を行う(ステップS25)。

【0048】

30

ここで、図6に示す等価回路において、STO素子65の抵抗成分をRSTO、サスペンショントレース82の抵抗成分をSus trace-R、スライダ内配線80のリード抵抗成分をSlider Lead-R、シャント抵抗81の抵抗成分をShunt-R、STO素子65に印加すべき所望の電圧値を $V_b\text{STO}$ 、バイアス電圧制御部402で設定する最適STOバイアス電圧をVset、STO素子65に流れる電流をISTO、等価回路に流れる通電電流をIsetとし、常温をTr、ドライブ内温度をTxとし、常温Tr、ドライブ内温度Txにおいて抵抗値Rを測定したとき、次式が成立する。

$$R_{in@Tr} = R - \text{Sus trace-R}@Tr \quad (11)$$

$$R_{STO@Tr} = 1 / (1/R_{in@Tr} - 1/\text{Shunt-R}) - \text{Slider Lead-R}@Tr \quad (12)$$

$$R_{STO@Tx} = R_{STO@Tr} + R_{STO@Tr} \cdot (Tx - Tr) \cdot R_{STO\text{温度係数}} \quad (13)$$

40

$$\text{Slider Lead-R}@Tx$$

$$= \text{Slider Lead-R}@Tr + \text{Slider Lead-R}@Tr \cdot (Tx - Tr) \cdot \text{Slider Lead-R温度係数} \quad (14)$$

$$\text{Sus trace-R}@Tx$$

$$= \text{Sus trace-R}@Tr + \text{Sus trace-R}@Tr \cdot (Tx - Tr) \cdot \text{Sus trace-R温度係数} \quad (15)$$

$$\text{Shunt-R}@Tx = \text{Shunt-R}@Tr + \text{Shunt-R}@Tr \cdot (Tx - Tr) \cdot \text{Shunt-R温度係数} \quad (16)$$

ここで、各抵抗値、電流値、電圧値の添え字@Tx, @Trはドライブ内温度Txまたは常温における値を意味する。

50

## 【 0 0 4 9 】

実際に S T O 素子 6 5 に電圧 VbSTO を印加して S T O 素子 6 5 を駆動する際の温度上昇 T は以下の式で表される。ここで、抵抗値、電流値、電圧値の添え字の on は S T O 素子 6 5 がオン状態の時の値である。

$$T = c2 * VbSTO^2 + c1 * VbSTO + TIAD + THeater(17)$$

ここで、c1, c2 は VbSTO 印加時昇温係数、TIAD はライト電流印加による温度上昇度、THeater はヒータ印加による温度上昇度である。

## 【 0 0 5 0 】

温度上昇後の STO 抵抗値は次式で表される。

$$\begin{aligned} RSTO@Tx,on \\ = RSTO@Tr + RSTO@Tr * (Tx + T - Tr) * RSTO \text{抵抗温度係数} \end{aligned} \quad (18)$$

STO 素子 6 5 に流れる電流値は、次式で表される。

$$ISTO@Tx,on = VbSTO / RSTO@Tx,on \quad (19)$$

バイアス制御時の電流値は

$$\begin{aligned} Iset@Tx,on \\ = ISTO@Tx,on + ISTO@Tx,on * (Slider \text{ Lead-R}@Tx + RSTO@Tx,on) / Shunt-R@Tx \end{aligned} \quad (20)$$

したがって、バイアス電圧値 Vset は以下で表すことができる。

$$\begin{aligned} Vset@Tx \\ = Iset@Tx,on * (1 / (1 / Shunt-R@Tx + 1 / (RSTO@Tx,on + Slider \text{ Lead-R}@Tx)) \\ + Sus \text{ trace-R}@Tx) \end{aligned} \quad (21)$$

ここで、一般に、Slider Lead-R 抵抗温度係数、Sus trace R 温度係数、Shunt R 温度係数の方が RSTO 抵抗温度係数よりも大きいことを考慮すると、磁気ディスク装置内の温度に対して S T O バイアス電圧値 Vset@Tx は、図 10 に示されるようになる。すなわち、付帯抵抗である Lead R, Sus trace R, Shunt R の温度係数が大きい事を鑑みると、図内の通り、低温ほど印加されるバイアス電圧は低く設定され、逆に、高温ほど印加されるバイアス電圧は高く設定されることとなる。これにより、装置内温度の変動に関わらず、S T O 素子 6 5 には概一定の電圧を供給できることとなり、信頼性を持って安定的に S T O 素子 6 5 を駆動することが可能となる。

## 【 0 0 5 1 】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 5 2 】

1 0 ... 磁気ディスク装置、 1 1 ... 筐体、 1 2 ... 磁気ディスク、 1 3 ... A B S、  
1 4 ... スピンドルモータ、 1 5 ... スライダ、 1 6 ... 磁気ヘッド、 1 7 ... ヘッド部、  
1 8 ... ヘッドアクチュエータ、 3 0 ... ヘッドアンプ I C、 4 0 ... メインコントローラ、  
5 4 ... 再生ヘッド、 5 8 ... 記録ヘッド、 6 0 ... 主磁極、 6 2 ... リターン磁極、  
6 4 ... リーディングコア、 6 5 ... 高周波アシスト素子 ( S T O )、  
3 1 ... 記録電流供給回路、 3 2 ... S T O バイアス電圧供給回路、 3 3 ... ヒータ電圧供給回路、 3 4 ... 測定回路、  
3 0 0 ... メモリ部、 3 0 1 ... S T O バイアス電圧設定テーブル、 3 0 2 ... S T O バイアス極性設定テーブル、  
4 0 0 ... プリアンプ部、 4 0 1 ... 書込みドライバ、 4 0 2 ... S T O バイアス電圧制御部、  
5 0 0 ... S o C 部、 5 0 1 ... 記録データ生成部。

10

20

30

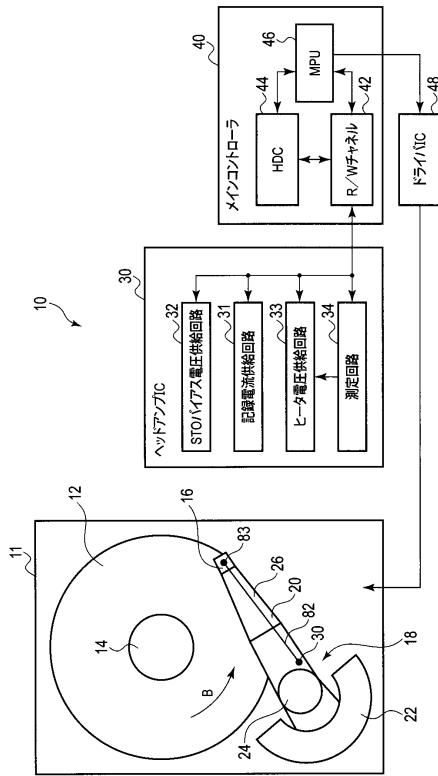
40

50

【図面】

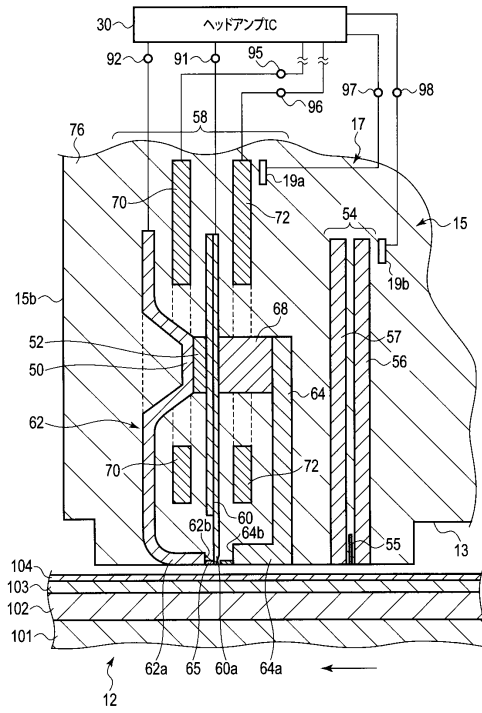
【図 1】

図 1



【図 2】

図 2

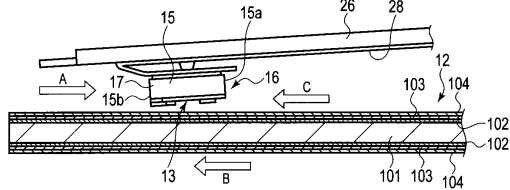


10

20

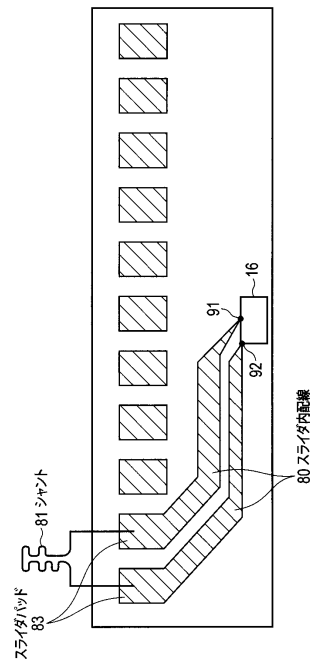
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



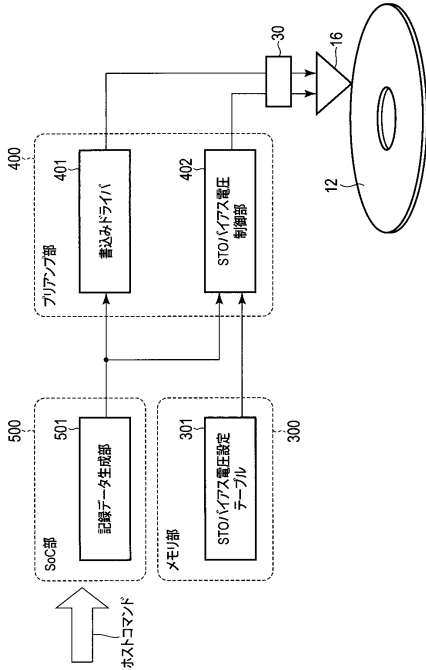
30

40

50

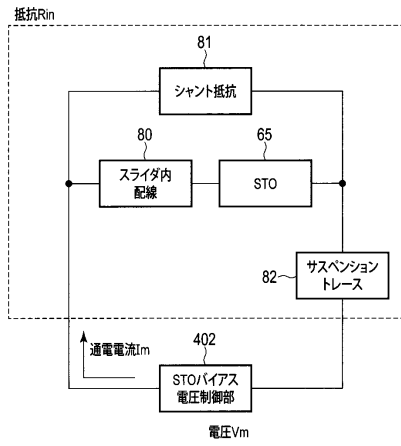
【図5】

図5



【図6】

図6

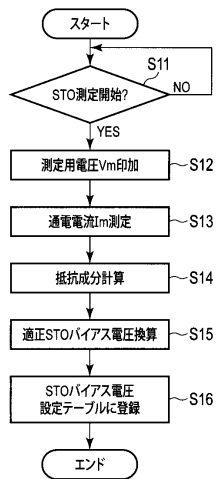


10

20

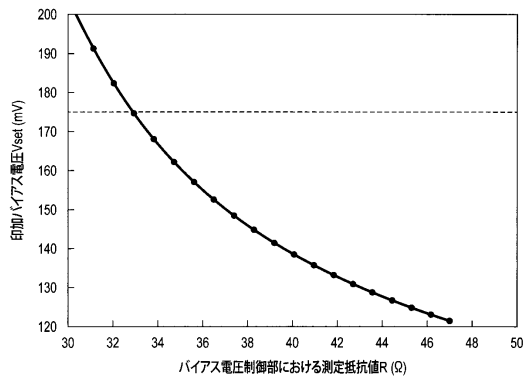
【図7】

図7



【図8】

図8



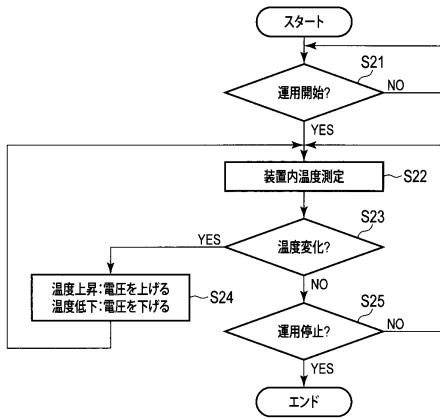
30

40

50

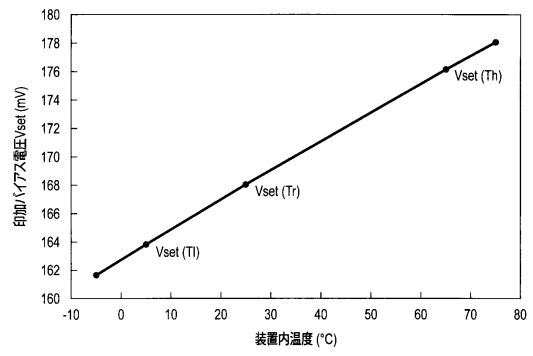
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-248997(JP,A)  
特開2013-182645(JP,A)  
特開2008-123669(JP,A)  
特開2013-048002(JP,A)  
特開2014-120190(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G11B 5/31  
G11B 5/02