

(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2020-107379

(P2020-107379A)

(43) 公開日 令和2年7月9日(2020.7.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/31 (2006.01)	G 1 1 B 5/31 A	5 D 0 3 3
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/02 R	5 D 0 9 1
	G 1 1 B 5/31 E	
	G 1 1 B 5/31 Q	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2018-246700 (P2018-246700)
 (22) 出願日 平成30年12月28日 (2018.12.28)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (71) 出願人 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
 (74) 代理人 110001737
 特許業務法人スズエ国際特許事務所
 (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
 (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

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

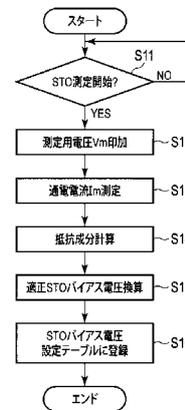
(57) 【要約】

【課題】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する。

【解決手段】実施形態によれば、記録磁界を発生する主磁極と、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、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する記録コイルと、ライトギャップに配置される高周波アシスト素子と、主磁極、リターン磁極を通して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記録ヘッドにおいて、バイアス電圧の調整指示に応じて測定用電圧を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、算出した抵抗値に基づいてデータ記録時に印加するバイアス電圧を変更する。

【選択図】 図7

図7



【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、算出された抵抗値に基づいてデータ記録時に印加するバイアス電圧を変更する磁気ディスク装置。

【請求項 2】

前記制御器は、前記抵抗値が高いほど、前記データ記録時に印加するバイアス電圧を低い値に変更する請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 3】

前記制御器は、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 V_s としたとき、前記データ記録時に印加するバイアス電圧 V_{set} を

$$R / |R - 10| \times V_s \text{ 以上、}$$

$$R / |R - 30| \times V_s \text{ 以下}$$

の範囲内に変更することを特徴とする請求項 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】

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 R_{ave} 、その際の付帯抵抗率を、前記抵抗値 R の平均値 R_{ave} 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 V_{set} 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 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】

前記記録ヘッドの抵抗値 R の平均値を R_{ave} 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 R_{ave} に対する比率の最小値を \min としたとき、装置内の V_{set} 平均値に対する V_{set} 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 2 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 6】

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、前記温度センサで測定される温度が高いほどデータ記録時に印加するバイアス電圧を高い値に変更する請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】

前記制御器は、前記温度センサの測定温度 T_h が基準温度 T_r 以上である環境下において、前記測定温度 T_h の環境下で観測される前記抵抗値を $R(T_h)$ 、前記基準温度 T_r の環境下で観測される前記抵抗値を $R(T_r)$ としたとき、前記測定温度 T_h の環境下でデータ記録する際に

印加するバイアス電圧 $V_{set}(Th)$ 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 $V_{set}(Tr)$ との比 $V_{set}(Th)/V_{set}(Tr)$ 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6記載の磁気ディスク装置。

【請求項8】

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 $V_{set}(Tl)$ と前記基準温度 Tr の環境下で印加するバイアス電圧 $V_{set}(Tr)$ との比 $V_{set}(Tl)/V_{set}(Tr)$ 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6記載の磁気ディスク装置。

10

【請求項9】

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、算出された抵抗値に基づいてデータ記録時に印加するバイアス電圧を変更する磁気ディスク装置の記録ヘッド制御方法。

20

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

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つては、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。

40

【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

50

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。

10

【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】

【特許文献1】特開2010-150351号公報

【発明の概要】

20

【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、前記抵抗値に基づいてデータ記録時に印加するバイアス電圧を変更する。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

40

【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。

50

【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。

10

【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。

20

【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システム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、HDD10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。

30

【0014】

HDD10は、ヘッドアンプ(またはプリアンプ)IC30、メインコントローラ40およびドライバIC48を備えている。ヘッドアンプIC30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IC48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チャンネル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IC30に電氣的に接続されると共に、ドライバIC48を介してVCM22及びスピンドルモータ14に電氣的に接続されている。HDD10は、図示しないホストコンピュータに接続可能である。

40

【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(6.35cm)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。

50

【0016】

サスペンションアッセンブリ20は、筐体11に回転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ブIC30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。

10

【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ABS13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。

20

【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ABS13に露出している。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、ヘッドアンブIC30に接続され、読み取ったデータをヘッドアンブIC30に出力する。

30

【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。

40

【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、

50

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 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 ABS 13 から離れた部分、に接続されている。

【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 ABS 13 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、ABS 13 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。

10

【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、ABS 13 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。

20

【0027】

なお、STO 素子 65 の下端面は、ABS 13 と面一に位置している場合に限らず、ABS 13 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、ABS 13 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 IC 30 に接続される。これにより、ヘッドアンプ IC 30 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 IC 30 に接続される。

30

【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 ABS 13 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。

40

【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。

50

【 0 0 3 1 】

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。

【 0 0 3 2 】

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。

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。

【 0 0 3 3 】

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。

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

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值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。

【 0 0 3 6 】

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 IC 30 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。

10

【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 STO 65 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。

20

【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、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 V_m を STO 素子 65 に印加し (ステップ S12)、通電電流 I_m を測定し (ステップ S13)、測定用電圧 V_m と通電電流 I_m 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)。

30

【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 R_{STO} 、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_{bSTO} 、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 V_{set} 、STO 素子 65 に流れる電流を I_{STO} 、等価回路に流れる通電電流を I_{set} としたとき、 V_{set} は以下で表される。

40

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

ここで、 R_{STO} 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、 V_{set} は測定抵抗値 R の関数で表すことができる。

50

【 0 0 4 2 】

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の寸法が大の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。

【 0 0 4 3 】

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

$$Vset = R / (R - \text{Slider Lead-R} - \text{Sus trace-R}) * VbSTO \quad (3) \quad 10$$

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、

$$R / |R-10| * VbSTO \quad Vset = R / |R-30| * VbSTO \quad (4)$$

となる。

【 0 0 4 4 】

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(OV)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、OV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。

【 0 0 4 5 】

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。

$$Vset = \frac{R}{|R - R_{ave}|} * V_s \quad (5) \quad 20$$

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

$$Vset\ ave = 1 / (1 - \text{付帯抵抗率}) * V_s \quad (6)$$

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

$$Vset\ max = R_{max} / |R_{max} - R_{ave}| * V_s \quad (7)$$

$$Vset\ min = R_{min} / |R_{min} - R_{ave}| * V_s \quad (8) \quad 30$$

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。

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

$$\begin{aligned} & R_{min} / |R_{min} - 0.4| * 0.33 \\ & Vset\ min / Vset\ ave \\ & R_{min} / |R_{min} - 0.67| * 0.6 \end{aligned} \quad (10) \quad 40$$

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。

【 0 0 4 6 】

(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=Vm/Im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。

【 0 0 4 7 】

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 S T O 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 S 2 1 ）、装置内の温度を測定し（ステップ S 2 2 ）。温度変化の有無を判断する（ステップ S 2 3 ）。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 S 2 4 ）。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 S 2 5 ）

【 0 0 4 8 】

ここで、図 6 に示す等価回路において、STO素子 6 5 の抵抗成分をRSTO、サスペンショントレース 8 2 の抵抗成分をSus trace-R、スライダ内配線 8 0 のリード抵抗成分をSlider Lead-R、シャント抵抗 8 1 の抵抗成分をShunt-R、STO素子 6 5 に印加すべき所望の電圧値をVbSTO、バイアス電圧制御部 4 0 2 で設定する最適 S T O バイアス電圧をVset、STO素子 6 5 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。

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

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

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

$$\begin{aligned} & \text{Slider Lead-R}@Tx \\ & = \text{Slider Lead-R}@Tr + \text{Slider Lead-R}@Tr * (Tx - Tr) * \text{Slider Lead-R} \text{温度係数} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & \text{Sus trace-R}@Tx \\ & = \text{Sus trace-R}@Tr + \text{Sus trace-R}@Tr * (Tx - Tr) * \text{Sus trace-R} \text{温度係数} \end{aligned} \quad (15)$$

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

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。

【 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。

$$T = c2 * VbSTO^2 + c1 * VbSTO + TIAD + T_{Heater} \quad (17)$$

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。

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

STO素子 6 5 に流れる電流値は、次式で表される。

$$I_{STO@Tx,on} = VbSTO / R_{STO@Tx,on} \quad (19)$$

バイアス制御時の電流値は

$$\begin{aligned} & I_{set@Tx,on} \\ & = I_{STO@Tx,on} + I_{STO@Tx,on} * (\text{Slider Lead-R}@Tx + R_{STO@Tx,on}) / \text{Shunt-R}@Tx \end{aligned} \quad (20)$$

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。

10

20

30

40

50

$$V_{set@Tx} = I_{set@Tx,on} * (1 / (1 / Shunt-R@Tx + 1 / (RSTO@Tx,on + Slider Lead-R@Tx) + Sus trace-R@Tx))$$

(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STOバイアス電圧値 $V_{set@Tx}$ 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, ShuntR 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、STO素子65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STO素子65を駆動することが可能となる。

10

【0051】

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】

【0052】

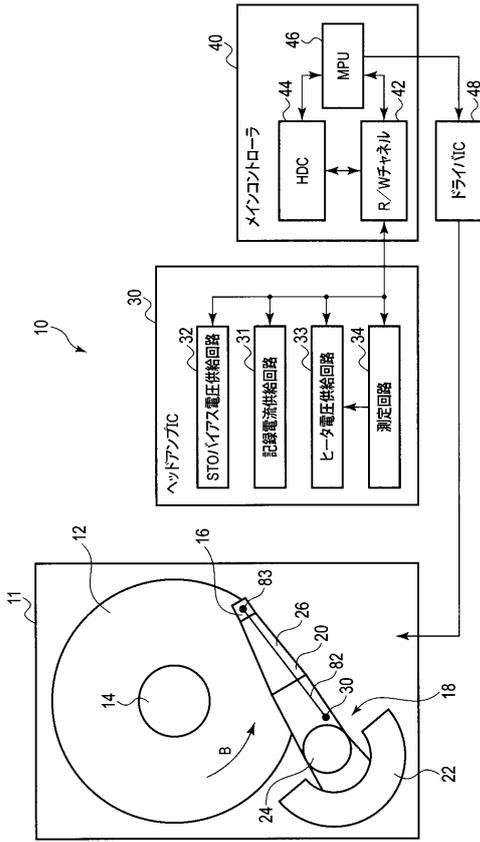
10 ... 磁気ディスク装置、11 ... 筐体、12 ... 磁気ディスク、13 ... ABS、
 14 ... スピンドルモータ、15 ... スライダ、16 ... 磁気ヘッド、17 ... ヘッド部、
 18 ... ヘッドアクチュエータ、30 ... ヘッドアンプIC、40 ... メインコントローラ、
 54 ... 再生ヘッド、58 ... 記録ヘッド、60 ... 主磁極、62 ... リターン磁極、
 64 ... リーディングコア、65 ... 高周波アシスト素子(STO)、
 31 ... 記録電流供給回路、32 ... STOバイアス電圧供給回路、33 ... ヒータ電圧供給回路、34 ... 測定回路、
 300 ... メモリ部、301 ... STOバイアス電圧設定テーブル、302 ... STOバイアス極性設定テーブル、
 400 ... プリアンプ部、401 ... 書込みドライバ、402 ... STOバイアス電圧制御部、
 500 ... SoC部、501 ... 記録データ生成部。

20

30

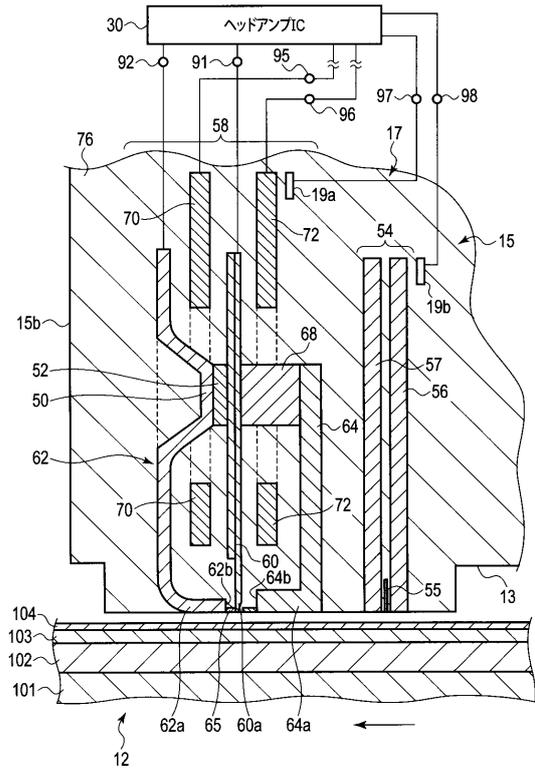
【図 1】

図 1



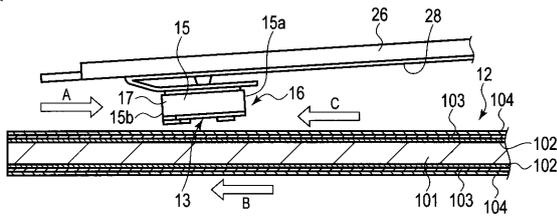
【図 2】

図 2



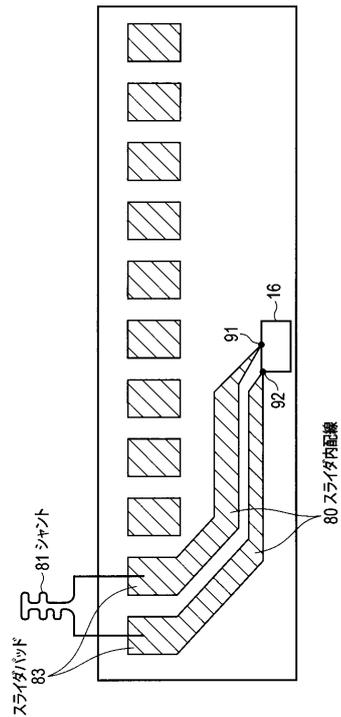
【図 3】

図 3



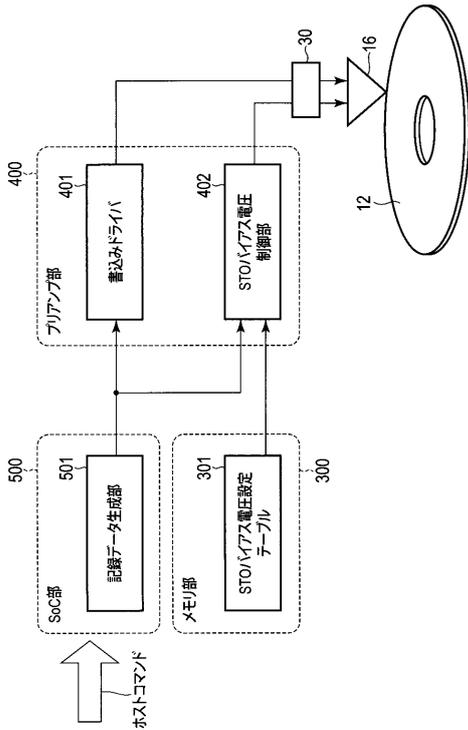
【図 4】

図 4



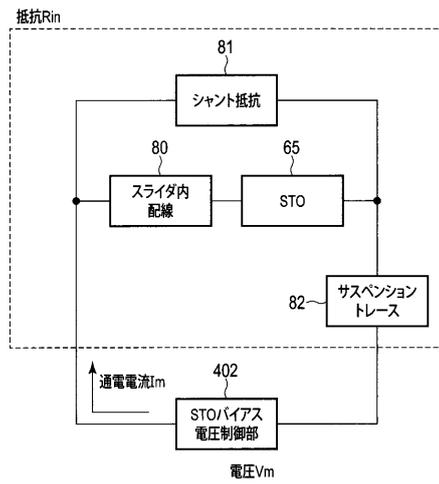
【 図 5 】

図 5



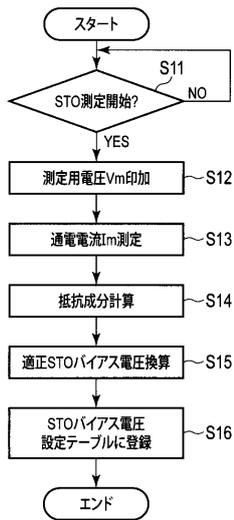
【 図 6 】

図 6



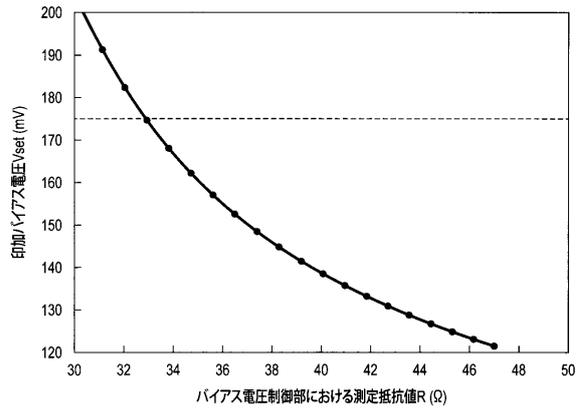
【 図 7 】

図 7



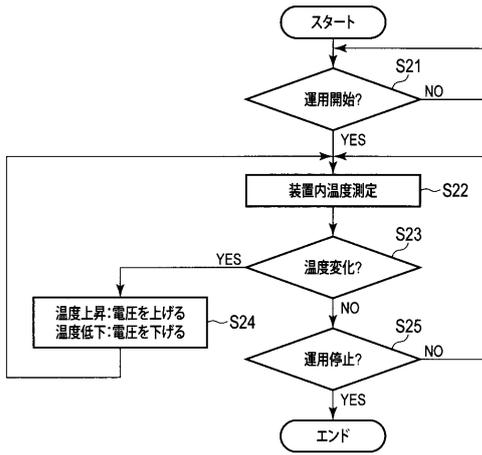
【 図 8 】

図 8



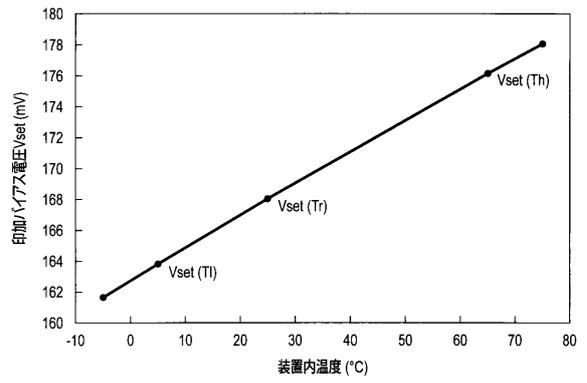
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D033 AA05 BA12 BA22 BA71 BB21 BB51
5D091 AA10 CC12 CC26 CC30 HH11