

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4111914号
(P4111914)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月18日(2008.4.18)

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

請求項の数 28 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-522931 (P2003-522931)	(73) 特許権者	500373758
(86) (22) 出願日	平成14年4月9日(2002.4.9)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(65) 公表番号	特表2005-501366 (P2005-501366A)		アメリカ合衆国, カリフォルニア, スコッ
(43) 公表日	平成17年1月13日(2005.1.13)		ツ バレイ, ピー. オー. ボックス 66
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/011238		360, ディスク ドライブ 920
(87) 国際公開番号	W02003/019559	(74) 代理人	100066692
(87) 国際公開日	平成15年3月6日(2003.3.6)		弁理士 浅村 皓
審査請求日	平成16年2月19日(2004.2.19)	(74) 代理人	100072040
(31) 優先権主張番号	60/314,521		弁理士 浅村 肇
(32) 優先日	平成13年8月22日(2001.8.22)	(74) 代理人	100091339
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 清水 邦明
前置審査		(74) 代理人	100094673
			弁理士 林 拓三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスクドライブにおける静電フライハイト制御のための接触検出と較正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスク・ドライブであって、
 ディスク電気接続部を有するディスクと、
 読取り/書込みヘッドであって、エア・ベアリング表面を有し、前記エア・ベアリング表面と前記ディスクとの間にフライハイト間隔を形成し、前記ディスクに面する前記読取り/書込みヘッドの導電領域に接続するヘッド電気接続部を有する、読取り/書込みヘッドと、
 制御信号を生成して前記ディスク電気接続部と前記ヘッド電気接続部とに与えるコントローラを含むフライハイト間隔制御装置と、
 前記ディスクと前記読取り/書込みヘッドとが接触したことを示す制御信号の電流成分を検知して接触センサ出力を生成する接触センサと、
 前記コントローラからの制御信号を前記ヘッド電気接続部に与え、前記接触センサ出力に応じて前記制御信号を切断する切断回路と、
 を備えるディスク・ドライブ。

【請求項2】

前記フライハイト間隔制御装置は、フライハイト・センサ出力を生成するフライハイト・センサを更に備え、しかも、前記コントローラは前記フライハイト間隔の設定点と前記フライハイト・センサ出力との差である誤差信号としての前記制御信号を生成する、請求項1記載のディスク・ドライブ。

【請求項 3】

前記導電領域は第 1 の電極として働き、また前記導電領域に面する前記ディスクの一部は、前記制御信号により駆動されてフライハイトを制御する静電フライハイト・アクチュエータの第 2 の電極として働く、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 4】

前記接触センサは、前記コントローラと前記ヘッド電気接続部との間に直列に結合して電流成分を検知する抵抗を備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 5】

前記接触センサは、電流成分を検知しかつ前記ディスク電気接続部と前記回路共通導体との間に直列に結合する抵抗を備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

10

【請求項 6】

前記接触センサは前記接触センサ出力を生成する増幅器を備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 7】

前記切断回路は、前記接触センサ出力で制御されるリレー・コイルと前記切断を行うリレー・スイッチとを持つリレーを備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 8】

前記切断回路は、前記接触センサで制御されるスイッチ入力と前記切断を行うスイッチ出力とを持つ固体スイッチを備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 9】

前記切断回路は、前記コントローラと前記ヘッド電気接続部との間に直列に常時閉スイッチを備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

20

【請求項 10】

前記切断回路は、前記制御信号を前記ヘッド電気接続部に対してバイパスする常時開スイッチを備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 11】

前記切断回路は前記制御信号に直列に常時閉スイッチを備え、また前記制御信号を前記ヘッド電気接続部に対してバイパスする常時開スイッチを備える、請求項 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 12】

ディスク・ドライブ内の読取り/書込みヘッドとディスクの接触により前記読取り/書込みヘッドまたは前記ディスクが損傷するのを防ぐ方法であって、

30

前記読取り/書込みヘッド上のエア・ベアリング表面と前記ディスクとの間にフライハイト間隔を形成し、

前記読取り/書込みヘッド上に、前記ディスクに面する前記読取り/書込みヘッドの導電領域に接続するヘッド電気接続部を備え、

前記ディスクに接続するディスク電気接続部を備え、

フライハイト間隔制御装置からヘッド電気接続部とディスク電気接続部とに制御信号を与え、

前記ディスクと前記読取り/書込みヘッドとが接触したことを示す制御信号の電流成分を検知して接触センサ出力を生成し、

40

前記接触センサ出力に応じて前記ヘッド電気接続部からの前記制御信号を切断する、ステップを備えた前記方法。

【請求項 13】

前記フライハイト間隔の設定点とフライハイト・センサ出力との差である誤差信号として前記制御信号を生成する、

ことを更に含む、請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

前記フライハイト間隔制御装置と前記ヘッド電気接続部との間に直列に結合する抵抗で電流成分を検知する、

50

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 5】

前記接触センサ出力で制御されるリレー・コイルと切断を行うリレー・スイッチとを持つリレーで切断を行う、

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記接触センサで制御されるスイッチ入力と切断を行うスイッチ出力とを持つ固体スイッチで切断を行う、

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記フライハイト制御装置と前記ヘッド電気接続部との間に直列の常時閉スイッチで切断を行う、

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 8】

切断を行う前記制御信号を分路する常時開スイッチで切断を行う、

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記制御信号に直列の常時閉スイッチで前記制御信号を切断し、常時開スイッチで前記制御信号を与えまたはバイパスし、接触を検出すると前記スイッチを活動化する、

ことを更に含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 2 0】

ディスク・ドライブであって、

エア・ベアリング表面を有し、前記エア・ベアリング表面と前記ディスクとの間に、フライハイト間隔制御装置の出力により制御されるフライハイト間隔を形成する、ディスクおよび読取り/書込みヘッドと、

前記ディスクと前記読取り/書込みヘッドとの間の接触を検知する手段と、

接触を検知した時前記フライハイト間隔制御装置の出力を切断する手段と、を備えるディスク・ドライブ。

【請求項 2 1】

前記フライハイト間隔制御装置は、フライハイト・センサ出力を生成するフライハイト・センサと、コントローラとを備え、前記コントローラは前記フライハイト間隔の設定点と前記フライハイト・センサ出力との差である誤差信号としての制御信号を生成する、請求項 2 0 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 2 2】

前記切断する手段は前記制御信号に直列に結合する常時閉スイッチを備える、請求項 2 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 2 3】

前記読取り/書込みヘッドは前記ディスクに面する前記読取り/書込みヘッドの導電領域に接続するヘッド電気接続部を含み、前記ディスクはディスク電気接続部を含み、前記制御信号は切断する手段を通して前記ヘッド電気接続部に与えられる、請求項 2 1 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 2 4】

前記接触を検知する手段は、前記フライハイト間隔制御装置と前記ヘッド電気接続との間に直列に結合して前記制御信号の電流成分を検知するための抵抗を備える、請求項 2 3 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 2 5】

前記接触を検知する手段は前記ディスク電気接続部と回路共通導体との間に直列に結合する抵抗を備える、請求項 2 3 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 2 6】

前記接触を検知する手段は接触センサ出力を生成する増幅器を備える、請求項 2 0 記載

10

20

30

40

50

のディスク・ドライブ。

【請求項 27】

前記切断する手段は前記接触センサ出力で制御されるリレー・コイルと前記切断を行うリレー・スイッチとを持つリレーを備える、請求項 20 記載のディスク・ドライブ。

【請求項 28】

前記切断する手段は前記接触センサ出力で制御されるスイッチ入力と前記切断を行うスイッチ出力とを持つ固体スイッチを備える、請求項 20 記載のディスク・ドライブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に磁気データ記憶装置ドライブに関するものである。特に、本発明はフライハイト制御のための方法と構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

最近のディスク・ドライブ設計における面積密度の増加に従って、読取り/書込みヘッドの磁極端と磁気記憶媒体との間の磁気間隔とフライハイトとはこれに対応して小さくなっている。このようにフライハイトが非常に小さいと、ディスクの形状が製作中に変動することにより、特にシーク動作中に、ヘッドとディスクとが好ましくないことに、一時的に機械的に接触することがある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

かかる好ましくない接触を減らすにはフライハイト制御機構内に静電型のアクチュエータを用いることが望ましい。なぜなら、低コストで、質量が小さく、消費電力が小さいからである。しかし静電アクチュエータは、ヘッドとディスクとの間に、間隔に関してほぼ逆2乗の関係を有する引力を発生する。ヘッドがディスクに近づくに従って、引力は漸近的に増加する。静電力によりヘッドがディスクに衝突して、ヘッドが、ディスクが、またはその両方を損傷することがある。ヘッドがディスクに非常に接近した場合、静電アクチュエータを用いるとフライハイトの制御が不安定になる。

【0004】

ディスク・ドライブがフライハイト間隔を制御する静電アクチュエータを含み、ヘッドがディスクに接触したときにヘッドまたはディスクの損傷を減らすための方法と装置とが必要である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

ディスクと読取り/書込みヘッドとを備えるディスク・ドライブを開示する。読取り/書込みヘッドはエア・ベアリング表面を有し、エア・ベアリング表面とディスクとの間にフライハイト空間を形成する。ディスクはディスク電気接続部を有し、読取り/書込みヘッドはディスクに面する読取り/書込みヘッドの導電領域に接続するヘッド電気接続部を有する。

【0006】

またディスク・ドライブはフライハイト間隔制御装置を備え、そのコントローラは制御信号を生成してディスク電気接続部とヘッド電気接続部とに与える。

またディスク・ドライブは接触センサを備える。接触センサは、ディスクと読取り/書込みヘッドとが接触したことを示す制御信号の電流成分を検知する。接触センサは接触センサ出力を生成する。

【0007】

またディスク・ドライブは制御信号をヘッド電気接続部に結合する切断回路を備える。切断回路は接触センサ出力に応じて、接触を検知すると制御信号を切断する。

本発明の特徴を示すこのような機能と利点は、以下の詳細な説明を読み、添付の図面を

10

20

30

40

50

参照すれば明らかになる。

【0008】

(例示の実施の形態の詳細な説明)

以下に説明するディスク・ドライブの実施の形態では、ヘッドとディスクとの間のフライハイ間隔を検知し、コントローラは制御信号電圧を生成してフライハイ間隔を静電的に調整し、フライハイを望ましい設定点に保持する。しかし間隔が非常に近いときは、制御回路による制御は不安定であり、読取り/書込みヘッドは静電引力により引き寄せられて、好ましくないことに、ディスクと接触することがある。しかしディスク・ドライブは、望ましくない接触を検知する接触センサも備える。切断回路は一般にリレーまたは固体スイッチで、接触を検知すると制御信号電圧をほぼゼロまで急速に下げる。これにより静電力もほぼゼロまで急速に下がり、ヘッドとディスクとが接触する時間は大きな損傷を生じるほど長くない。安定的なフライハイ間隔が再び確立されると、制御信号が再びヘッド電気接続部に与えられて通常のディスク・ドライブ動作が再開する。ディスクとヘッドへの損傷は小さく、信頼性が向上する。

10

【0009】

接触を検出するには、コントローラとヘッドおよびディスクとの間に直列に設けられる抵抗器または変圧器の1次側を流れる制御信号電流を検知する。接触が起こると電流が流れ始め、抵抗器の両端または変圧器の2次側に電圧降下が生じる。オペンプ比較器が電圧降下を検知してスイッチを起動する。スイッチは、大きな損傷が生じる前にヘッド電気接続部に達する静電電圧を遮断するのに十分な速度を有する。ディスク・ドライブの通常動作中は、この回路は較正すなわち実時間の接触検出アルゴリズムとして用いることができる。スイッチはリレーの接点または固体スイッチでよい。

20

【0010】

最近のディスク・ドライブ設計における面積密度の増加に従って、読取り/書込みヘッドの磁極端と磁気記憶媒体との間の磁気間隔はこれに対応して小さくなっている。この磁気間隔の一部は被覆剤と潤滑剤のために用いられる。またこの磁気間隔の一部は磁極端凹所(PTR)と熱磁極端凹所(T-PTR)のための余裕に用いられ、高温になると磁気間隔が減少する。磁気間隔の一部をかかると機能に用いた後、読取り/書込みヘッドとディスクとの間のエア・ベアリング層として残るのは非常に小さな機械的間隔(すなわち、フライハイ)だけである。フライハイはこのように非常に小さいので、ディスク構造の中のヘッドの形状が製作中に変動することにより、特にシーク動作中に、またはディスク・ドライブ環境から機械的衝撃を受けると、ヘッドとディスクとが好ましくないことに、一時的に機械的に接触することがある。

30

【0011】

望ましくない機械的接触が起こるのを減らすために、静電アクチュエータを用いてフライハイを積極的に調整する。フライハイ間隔(すなわち磁気間隔)を検知し、静電アクチュエータに電子的フィードバックを与えてフライハイを制御する。フィードバックを用いるとフライハイ間隔が比較的一定に保たれて、機械的接触の回数が減少する。

【0012】

静電型のアクチュエータは低コストで、質量が小さく、消費電力が小さいので、かかるフィードバック構成に有用である。しかし静電アクチュエータは、ヘッドとディスクとの間に、間隔に関してほぼ逆2乗の関係を生ずる引力を発生する。ヘッドがディスクに近づくに従って、引力は漸近的に増加する。静電力によりヘッドがディスクに衝突して、ヘッドか、ディスクか、またはその両方を損傷することがある。ヘッドがディスクに非常に接近した場合、静電型のアクチュエータではフライハイの制御が不安定になる。

40

【0013】

読取り/書込みヘッドのエア・ベアリング表面と電子的フィードバックを調整してこの不安定性をいくらか補償することはできるが、かかる調整は全ての運転条件で完全に効果的ではない。間隔がゼロに近づくに従って制御は不安定になり、静電引力はヘッドをディスクに近づけて、損傷を与えるほど長い時間にわたってヘッドとディスクとを接触させる

50

。電子的フィードバックは時間遅れがあり、損傷を防ぐほど迅速に反応する。以下に述べる実施の形態はこの問題を解決する。

【実施例】

【0014】

図1はディスク・ドライブ記憶装置100の或る実施の形態を示す。ディスク・ドライブ100は、材料(磁気材料または光学的に読取り可能な材料など)の層である記憶表面106を有するディスク・パック126を含む。ディスク・パック126は多数のディスクのスタックを含み、各ディスクは読取り/書込みヘッド110(スライダとも呼ぶ)を含む読取り/書込み組立体112でアクセスすることができる。各読取り/書込みヘッド110は或るフライハイトでディスクの上を飛ぶ。フライハイトの制御については後で詳細に説明する。スピンドル・モータ127はディスク・パック126内のディスクを図の矢印107の方向に回転させる。ディスクが回転するとき、読取り/書込み組立体112はディスク・パック126内の記憶表面106上の種々の回転位置にアクセスする。読取り/書込み組立体112はディスク表面106に対して半径方向(例えば矢印122で示す方向)に駆動され、ディスク表面106上の種々のトラック(すなわち半径位置)にアクセスする。読取り/書込み組立体112のかかる駆動は例えばボイス・コイル・モータ(VCM)118を含むサーボ装置により与えられる。ボイス・コイル・モータ118は軸120の回りに回転するロータ116を含む。またVCM118は図のように読取り/書込みヘッド組立体112を支持するアーム114を含む。

10

【0015】

図のようにディスク・ドライブ100は、ディスク・ドライブ100の動作を制御したデータをディスク・ドライブ100に送受するための制御回路130を含む。図8-14に関して後で詳細に説明するが、制御回路130は静電フライハイト・アクチュエータに関して動作するフライハイト・コントローラを含んでよい。

20

【0016】

フライハイトが非常に小さいディスク・ドライブでは、エア・ベアリングだけではディスクとの正しい間隙を保つことはできない。これは、ディスク滑りなだれ(glide avalanche)、炭素保護膜、磁極端凹所、潤滑油からの平均損失が、フライハイト変動に対する十分な余地を残さないからである。これについて、図2と図3に関して以下に説明する。

【0017】

図2と図3はディスク152の上を飛ぶヘッド150の一部を示す。図2は拡大図で、横軸と縦軸の目盛係数は異なる。横軸の目盛151は水平距離をミリメートルで示す。縦軸の目盛153は垂直距離をナノメートルで示す。図3は図2を更に拡大した図で、スライダの後縁154付近をより詳細に示す。図3は横軸と縦軸に異なる目盛係数を有する拡大図である。横軸の目盛155は水平距離をマイクロメートルで示す。縦軸の目盛157は垂直距離をナノメートルで示す。

30

【0018】

フライハイト156が非常に小さい場合は、ダイヤモンドに似た炭素皮膜158, 159と、磁極端凹所160と、潤滑層162とが磁気間隔164の大部分を占める。図3に示すように磁気間隔164は約7nmであるが、機械的間隔すなわちフライハイト156はわずかに約2nmである。フライハイト156はエア・ベアリング表面148と潤滑層162の上面146との間の最小間隔である。テストのために、アコウスティック・エミッション(AE)センサ149を後縁154上に設けて、ヘッドがディスクにいつ接触したかを示すアコウスティック・エミッション・センサ出力を生成する回路(図示しない)に接続する。フライハイト156変動の別の要因は、製作中の変動、熱磁極端突起、ドライブ環境、ディスク形状またはシーキングに起因する動的フライハイト損失などである。かかる変動を補償するためにディスク・ドライブ内に静電アクチュエータを含む。これについて、図4と図5とに関して以下に詳細に説明する。

40

【0019】

図4は、静電フライハイト・アクチュエータ174を含むディスク170とヘッド17

50

2とを示す。「静電フライハイト・アクチュエータ」174は、従来技術のディスクおよびヘッド構造に電気接続部184, 186を設けて制御信号Vを接続できるようにする以外には、従来技術のヘッドおよびディスク構造に何も付加せずに形成することができる。図に示すように、ディスク170はディスク電気接続部186で共通導体に接続してよい。ヘッド172から共通導体への漂遊電気路が除かれるので、ヘッド172(またはその一部)をディスク170に対して充電することができる。ヘッド172はフライハイト・コントローラ180に接続するヘッド電気接続部184を有する。ヘッド172は第1のコンデンサ板として働き、第1のコンデンサ板に面するディスクの部分は第2のコンデンサ板として働く。2枚のコンデンサ板はエアギャップにより分離され、コントローラ180がヘッド電気接続部184とディスク電気接続部186とに制御信号を与えると互いに静電的に引き合う。

10

【0020】

静電フライハイト・アクチュエータ174は、エア・ベアリング表面177の少なくとも一部上に形成される第1のアクチュエータ電極176と、第1のアクチュエータ電極176に面するディスク170の一部上に形成される第2のアクチュエータ電極178とを備える。第2のアクチュエータ電極178は、その上にある第1のアクチュエータ電極176の対面する形状により定義される形状を有する。制御信号Vはコントローラ180により生成され、図に示すように電気導体により線181を介して第1のアクチュエータ電極176に結合し、また回路共通導体を介して第2のアクチュエータ電極178に結合する。第1のアクチュエータ電極176は金属皮膜でよく、絶縁層175によりヘッド172の本体から絶縁される。または、ヘッド172自体を線182でコントローラ180に接続し、ヘッド172全体を第1の電極としてもよい。第1のアクチュエータ電極176と第2のアクチュエータ電極178との間の電気ポテンシャルの差Vは静電引力を生成する。これについて、図5に関して以下に説明する。

20

【0021】

図5は、静電フライハイト制御アクチュエータ内の静電力をアクチュエータ間隔の関数として示す。図5の縦軸200は静電引力をニュートン(N)で表す。図5の横軸202は機械的間隔、すなわちフライハイトをナノメートル(nm)で表す。スライダとディスク表面との間隔は非常に小さいので、スライダ全体を充電するかまたはスライダ表面上に別個の電極を形成することにより、大きな静電力を生成することができる。電圧をスライダ本体または専用の電極に印加すると、ディスクは接地電極として働く。しかし静電フライハイト制御を用いても、間隔と静電力との間に関数関係204があるので大きな問題が生じる。次の式1に示すように、静電力は間隔に対してほぼ逆2乗の関係を有する。

30

【数1】

$$F = \frac{(1/2)\epsilon_0 AV^2}{d^2}$$

式1

ただし、

Fは静電引力、

 ϵ_0 はギャップ内の空気の誘電率、

Aは各電極の面積、

Vはヘッド接続とディスク接続とに印加される電圧、

dは電極間の間隔である。

40

【0022】

このため、応答204は図5に示すように非常に非線形になる。間隔がゼロ間隔に漸近的に近づくに従って力は漸近的に無限大に達する。この関係の実際的な意味は、或るしきい値電圧より上、すなわち或る間隔より下では引力が非常に大きくなり、スライダはディスクに衝突して破壊するということである。またこのしきい値電圧は一定ではなく、予め

50

知ることはできない。ヘッドが駆動される任意の時刻において、またはヘッドとディスクとの間隔を小さくする外部条件があるとき、スライダはディスクに引き寄せられて衝突する可能性がある。静電力は引力であってヘッドをディスクに引き寄せる。またヘッドは、ヘッドとディスクとの間のエア・ベアリング層により生成される揚力を受ける。揚力と静電力との合成効果について、図6に関して以下に説明する。

【0023】

図6は、特定のヘッド/ディスクの組み合わせにおいて、ヘッド電気接続部184とディスク電気接続部186とに印加される静電電圧の関数としてフライハイ間隔を示す。図6で、縦軸210はフライハイ間隔(間隔)をナノメートルで表し、横軸212は電気接続部184, 186に印加される電圧Vを表す。この関係は非線形である。静電力とフライハイとの関数関係が非線形のために、印加される静電電圧が増加するに従ってフライハイ/電圧曲線214の傾斜は急になる。曲線214の傾斜が急になる領域ではフライハイ制御の安定性が低下し、後で図7に示すように接触して損傷する可能性がある。しかし後で図8-14に示すように、接触検知および切断機構によりこの損傷は避けられ、または減少する。

10

【0024】

図7は、スピン・テスト台上でヘッド電気接続部とディスク電気接続部とに印加された静電電圧Vの関数として、アコスティック・エミッション(AE)センサ(例えば図3のセンサ149)の代表的な応答曲線を示す。縦軸271はアコスティック・エミッション・センサ出力を表し、横軸272は印加された静電電圧Vを表す。この例示のヘッド/ディスクの組み合わせでは、スライダは273で示すようにV=5ボルト丁度で衝突する。同様のヘッド/ディスクの組み合わせを調べると、接触のしきい値電圧Vの範囲は1.0ボルトから5.5ボルトであった。衝突直前のアコスティック・エミッション・センサ出力の増加274は一定でないので、接触を検知して避けるための手段として十分ではない。アコスティック・エミッション・センサ出力が事前の増加274を示さなくても接触が起こっている。

20

【0025】

図8は接触センサ回路232を持つディスク・ドライブ230の第1の実施の形態を示す。ディスク・ドライブ230はディスク234と読取り/書込みヘッド236とを含む。読取り/書込みヘッド236はエア・ベアリング表面238を有し、エア・ベアリング表面238とディスク234との間にフライハイ間隔247を形成する。図4に関して上に説明したように、ディスク電気接続部235をディスク234上に設け、ヘッド電気接続部237を読取り/書込みヘッド236上に設ける。

30

【0026】

フライハイ間隔制御装置242はフライハイ・コントローラ252を含み、コントローラ252はヘッド電気接続部237に与える制御信号244を生成する。好ましい実施の形態では、フライハイ間隔制御装置242は、設定点246と、フライハイ・センサ出力250を生成するフライハイ・センサ248と、設定点246とフライハイ・センサ出力250との関数Eとして制御信号244を生成するコントローラ252とを含む。好ましい実施の形態では、図に示すように加算接続点253は設定点246とフライハイ・センサ出力250との差として関数E(誤差信号)を生成する。他の構成のフライハイ間隔制御装置も同様に用いることができる。アプリケーションの必要に従って、フライハイ・センサ248はフライハイ間隔247を検知する磁氣的、電氣的、光学的または他の間隔センサでよい。

40

【0027】

接触センサ232は、コントローラ252から出てヘッド電気接続部237とディスク電気接続部235とを通る制御信号244の電流成分254を検知する。電流成分254はディスク234と読取り/書込みヘッド236とが接触したことを示す。接触センサ232は接触センサ出力256を切断回路258に与える。

【0028】

50

通常の動作状態では、切断回路 258 は制御信号 244 をヘッド電気接続部 237 に結合する。接触センサ 232 が接触を検知すると、切断回路 258 は接触センサ出力 256 に応じて制御信号 244 を切断する。図 8 に一般に示すディスク・ドライブ 230 は、図 9 - 14 に関して以下に説明する種々の電子回路で実現してよい。

【0029】

図 9 は図 8 に示すディスク・ドライブ 230 と同様な第 2 の実施の形態のディスク・ドライブ 260 を示す。図 8, 9 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

図 9 で、接触センサ回路 232 は抵抗器 262 に直列の電流検知抵抗器 R 261 を含む。制御信号の電流成分 I はコントローラ 252 から抵抗器 262, 261 を通ってヘッド電気接続部 237 に結合する。電流検知抵抗器 R の両端に発生する電圧は差動増幅器 265 の入力 263, 264 に結合する。増幅器 265 は抵抗器 R の両端の電圧を増幅して増幅電圧 V_0 266 を生成する。ヘッド 236 とディスク 234 とが接触していないときは電流成分 I はゼロに近い。しかし接触が起こると非ゼロの電流 I が抵抗器 R を流れて、抵抗器 R の両端に電圧を発生する。

【0030】

図 9 で、切断回路 258 は常時開 (NO) 接点を持つリレー 267 を含む。リレー 267 の切替え時間は、接触によりヘッド 236 またはディスク 234 が損傷する前に制御信号をヘッド電気接続部 237 から切断するのに十分な速さを有する。接触が起こると、リレー 267 の常時開接点が閉じて制御信号を共通導体すなわち接地にバイパスするので、制御信号はヘッド電気接続部 237 に達しない。抵抗器 262 はコントローラ 252 が短絡するのを防ぎ、コントローラ 252 から大きな電流が流れるのを防ぐ。電流 I が抵抗器 R を流れると、オペアンプ、比較器、またはその他の装置を駆動するのに十分な電圧降下が発生するので、 V_0 は十分大きくなってリレー 267 を起動し、リレー接点を通して電流を接地に流す。これにより、ヘッド電気接続部 237 に印加される電圧は減少してほぼゼロになる。

【0031】

図 10 は図 9 に示したディスク・ドライブ 260 と同様な第 3 の実施の形態のディスク・ドライブ 270 を示す。図 9, 10 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

図 10 で、接触センサ回路 232 の構成は図 9 の構成と同じである。制御信号の電流成分 I はコントローラ 252 から抵抗器 261 を通ってヘッド電気接続部 237 に結合する。電流検知抵抗器 R の両端に発生する電圧は差動増幅器 265 の入力 263, 264 に結合する。増幅器 265 は抵抗器 R の両端の電圧を増幅して増幅電圧 V_0 266 を生成する。ヘッド 236 とディスク 234 とが接触していないときは電流成分 I はゼロに近い。しかし接触が起こると非ゼロの電流 I が抵抗器 R を流れて、抵抗器 R の両端に電圧を発生する。

【0032】

図 10 で、切断回路 258 はコントローラ 252 とヘッド電気接続部 237 との間に直列に通常閉 (NC) 接点を持つリレー 275 を含む。リレー 275 の切替え時間は、接触によりヘッド 236 またはディスク 234 が損傷する前に制御信号をヘッド電気接続部 237 から切断するのに十分な速さを有する。接触が起こると、リレー 275 の常時閉接点が開いて制御信号を切断するので、制御信号はヘッド電気接続部 237 に達しない。電流 I が抵抗器 R を流れるとオペアンプ比較器を飽和させる電圧降下が発生し、 V_0 は十分大きくなってリレー 275 を起動する。これにより、ヘッド電気接続部 237 に印加される電圧は減少してほぼゼロになる。

【0033】

図 11 は図 10 に示したディスク・ドライブ 270 と同様の第 4 の実施の形態のディスク・ドライブ 280 を示す。図 10, 11 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

10

20

30

40

50

図 1 1 では、接触センサ回路 2 3 2 の接続が図 1 0 の接続とは異なる。図 1 1 では図に示すように、接触センサ回路 2 3 2 はディスク電気接続部 2 3 5 と回路共通導体との間に接続する。制御信号の電流成分 I はディスク 2 3 4 から抵抗器 2 6 1 を通って回路共通導体に結合する。その他の点では、図 1 0 と図 1 1 の回路は同じ構成である。

【 0 0 3 4 】

図 1 2 は図 9 に示したディスク・ドライブ 2 6 0 と同様な第 5 の実施の形態のディスク・ドライブ 2 9 0 を示す。図 1 2 , 9 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

図 1 2 では、接触センサ回路 2 3 2 の接続が図 9 の接続とは異なる。図 1 2 では図に示すように、接触センサ回路 2 3 2 はディスク電気接続部 2 3 5 と回路共通導体 2 3 9 との間に接続する。制御信号の電流成分 I はディスク 2 3 4 から抵抗器 2 6 1 を通って回路共通導体 2 3 9 に結合する。その他の点では、図 1 2 と図 9 の回路は同じ構成である。

【 0 0 3 5 】

図 1 3 は図 9 , 1 0 に示したディスク・ドライブ 2 6 0 , 2 7 0 と同様な第 6 の実施の形態のディスク・ドライブ 3 0 0 を示す。図 1 3 , 9 , 1 0 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

図 1 3 では、図 9 , 1 0 に用いたリレー 2 6 7 , 2 7 5 の代わりに固体スイッチ 3 0 1 , 3 0 2 を用いる。また図 1 2 では、NO または NC 接点の代わりに、1 つの切断回路 2 5 8 内に NC 路と NO 路の両方を実質的に形成する 2 個の固体スイッチを設ける。図 1 3 では、増幅器 2 6 5 は固体スイッチ 3 0 1 , 3 0 2 を駆動するための相補の（論理的に逆の）出力 V_{01} および V_{02} を生成する。必要に応じて、切断の後には固体スイッチをゆっくり活動化して、静電制御信号をヘッド電気接続部 2 3 7 に円滑に再印加してよい。固体スイッチ 3 0 1 , 3 0 2 として種々のトランジスタを用いてよい。その他の点では、図 1 3 , 9 , 1 0 の回路は同じ構成である。当業者に理解されるように、切断後の制御信号の再印加を制御するため、増幅器 2 6 5 にヒステリシス、時間遅れ、またはその両方を用いてよい。

【 0 0 3 6 】

図 1 4 は図 1 3 に示したディスク・ドライブ 3 0 0 と同様な第 7 の実施の形態のディスク・ドライブ 3 1 0 を示す。図 1 4 , 1 3 では、同じまたは同様の機能は同じ参照番号を用いて識別する。

図 1 4 では、抵抗器 R の代わりに変圧器 3 0 3 を用いて励起電流成分 I を検知する。その他の点では、図 1 4 と図 1 3 の回路は同じ構成である。

【 0 0 3 7 】

図 1 5 - 1 7 は、スピン・テスト台上でヘッド 2 3 6 とディスク 2 3 4 とを繰り返し接触させたときの、静電励起電圧（左の縦軸 3 2 0 は図 9 のリレー 2 6 7 の NO 接点の両端の電圧）とアコUSTIC・エミッション・センサ出力（右の縦軸 3 2 1）のオシロスコープ表示の種々の図形を示す。オシロスコープはヘッド直接ではなく、リレー 2 6 7 の NO 接点の両端の静電励起電圧を監視する。これにより、接触センサ 2 3 2 が早まってトリップしたときにオシロスコープを通して電流が漏れるのを防ぐ。図 1 5 - 1 7 では、静電励起電圧と軸とを点線で表し、アコUSTIC・エミッション・センサ出力と軸とを実線で表す。横軸 3 2 2 は、静電励起電圧を 3 2 4 , 3 2 6 , 3 2 8 に示すように手動で増加させたときの経過時間を秒で表す。予測できない電圧レベル 3 3 0 , 3 3 2 , 3 3 4 で接触が起こると、接触センサ回路 2 3 2 は接触を検知し、リレー 2 6 7 を活動化して、ヘッド電気接続部に与えられる励起電圧を 3 3 6 , 3 3 8 , 3 4 0 に示すように急速にゼロ付近まで減少させる。図 1 5 - 1 7 の各図では接触センサにより適時に電圧を下げる事ができたので、衝突が避けられ、また損傷が起こらなかった。

【 0 0 3 8 】

図 1 8 は図 1 5 - 1 7 と同様な二重チャンネル・オシロスコープ表示の図形を示す。しかし図 1 8 では接触検知回路を無効にしたので、静電励起は切断されなかった。図 1 8 で静電励起を手動で増加させると、アコUSTIC・エミッション・センサの長くて高い

10

20

30

40

50

出力 350 で示すようにヘッドは衝突した。図 18 は、接触を検知したときに静電励起を切断しないとヘッド衝突と損傷が起こる可能性を示す。

【0039】

要約すると、ディスク・ドライブ(100, 230, 260, 270, 280, 290, 300, 310)はディスク電気接続部(235)を持つディスク(234)とヘッド電気接続部(237)を持つ読取り/書込みヘッド(236)とを含む。読取り/書込みヘッドはエア・ベアリング表面(148, 238)を有し、エア・ベアリング表面とディスクとの間にフライハイト間隔(156)を形成する。

【0040】

またディスク・ドライブはフライハイト間隔制御装置(242)を含み、そのコントローラ(252)はヘッド電気接続部(237)に制御信号(244)を与える。

ディスク・ドライブは接触センサ(232)も含む。接触センサは、ディスク(234)と読取り/書込みヘッド(236)との接触を表す制御信号(244)の電流成分(I)を検知する。接触センサ(232)は接触センサ出力(256, 266、 V_0 、 V_{01} 、 V_{02})を生成する。

またディスク・ドライブは制御信号(244)とヘッド電気接続部(237)とを結合する切断回路(258)を含む。切断回路(258)は接触センサ出力(256, 266、 V_0 、 V_{01} 、 V_{02})に応じて、接触を検知すると制御信号を切断する。

【0041】

理解されるように、本発明の種々の実施の形態の多くの特徴と利点について、本発明の種々の実施の形態の構造と機能の詳細と共に上に述べたが、この開示は単に例示であって、詳細については、特に特許請求の範囲に述べられている用語の広い一般的な意味で示される全範囲において、本発明の原理内の一部の構造と形態に関して変更を行うことができる。例えば、読取り/書込みの特定のアプリケーションに従って特定の要素を変更しても、本発明の範囲と精神から逸れることなく実質的に同じ機能性を保持することができる。例えば、接触センサ回路と切断回路は互いに統合してよく、またコントローラと統合してよい。また、ここに説明した好ましい実施の形態はハード・ディスク・ドライブ装置用のヘッドに関するものであるが、当業者が理解するように、本発明の範囲と精神から逸れることなく、本発明の教示をテープ・ドライブなどの他の磁気装置に適用してよい。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】ディスク・ドライブを示す。

【図2】ディスクの上を飛ぶヘッドの一部を示す。

【図3】図2の機構の拡大図を示す。

【図4】ディスクとヘッドとフライハイト・コントローラとを示す。

【図5】読取り/書込みヘッドとディスクとの間の静電力を間隔の関数として示す。

【図6】ヘッドとディスクとの間隔を制御信号電圧の関数として示す。

【図7】アコスティック・エミッション(AE)センサの出力を、読取り/書込みヘッドとディスクとの間に印加された静電電圧の関数として示す。

【図8】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第1の実施の形態を示す。

【図9】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第2の実施の形態を示す。

【図10】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第3の実施の形態を示す。

【図11】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第4の実施の形態を示す。

【図12】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第5の実施の形態を示す。

【図13】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第6の実施の形態を示す。

【図14】接触センサ回路を持つディスク・ドライブの第7の実施の形態を示す。

【図15】静電励起電圧Vとアコスティック・エミッション・センサESの二重図形オシロスコープ表示を示す。

【図16】静電励起電圧Vとアコスティック・エミッション・センサESの二重図形オシロスコープ表示を示す。

10

20

30

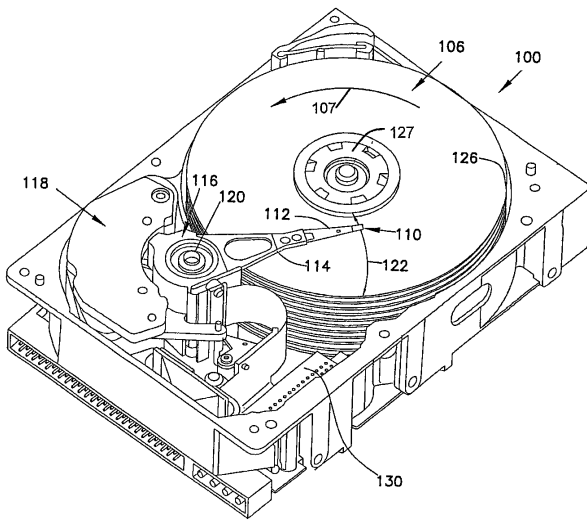
40

50

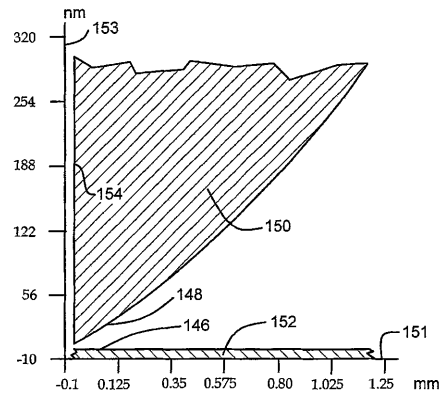
【図17】 静電励起電圧VとアコUSTイック・エMISSION・センサESの二重図形オシロスコープ表示を示す。

【図18】 接触センサを無効にしたときの、図8の抵抗器Rの両端の電圧とアコUSTイック・エMISSION・センサの出力との、二重図形オシロスコープ表示を示す。

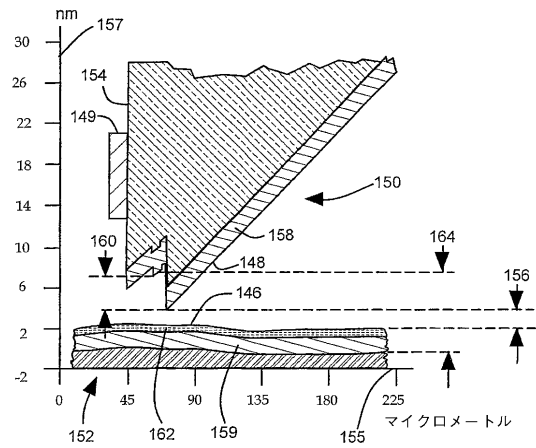
【図1】



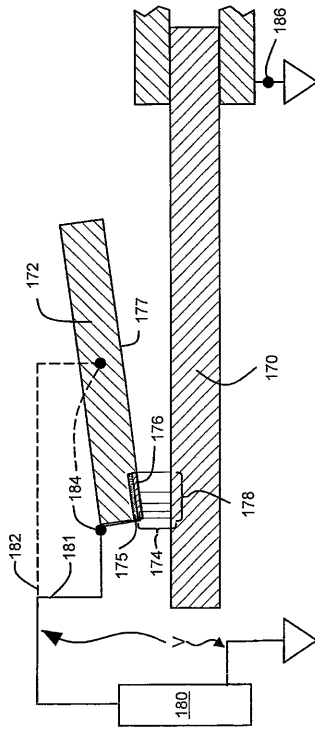
【図2】



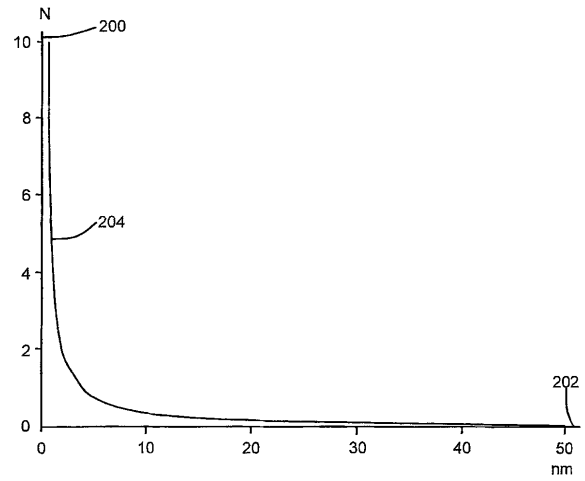
【図3】



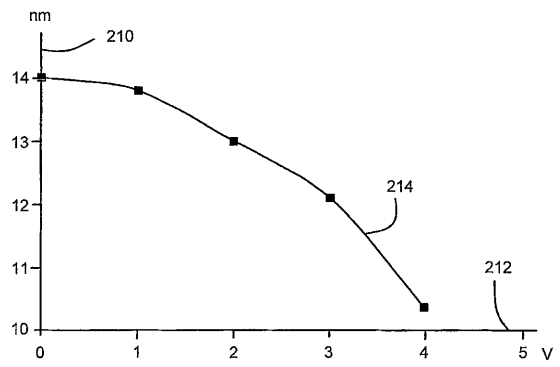
【図4】



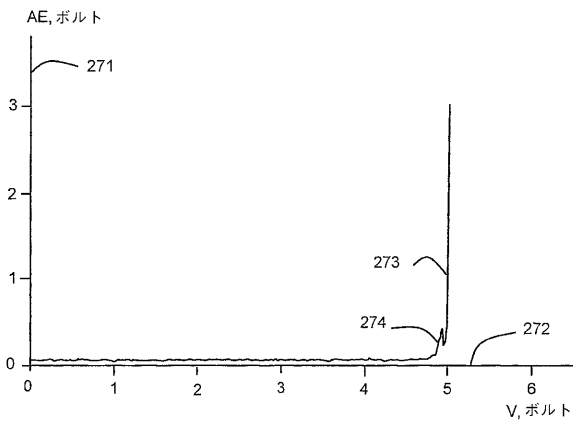
【図5】



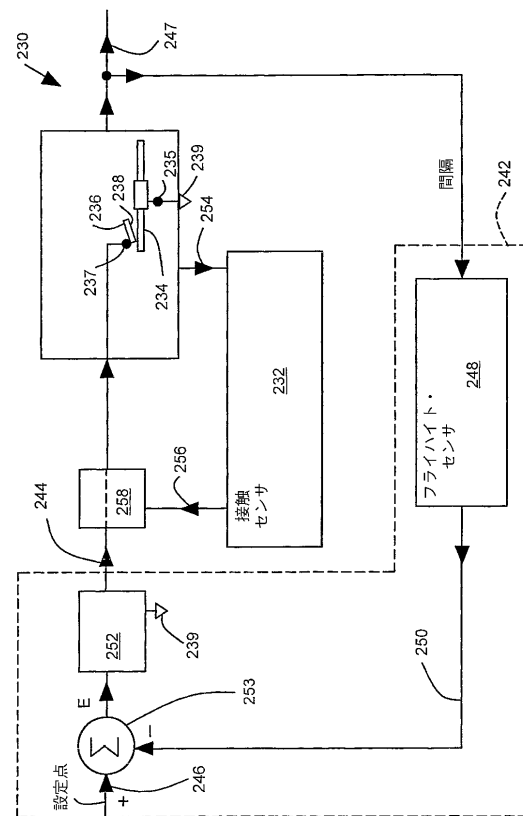
【図6】



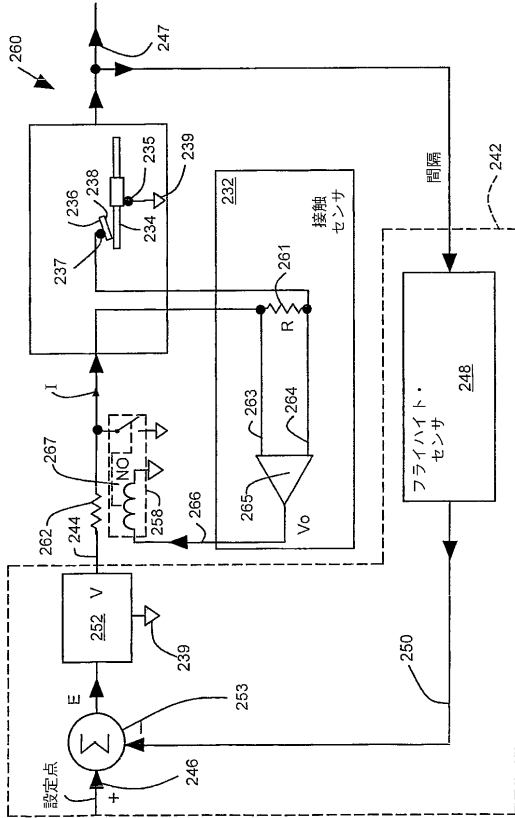
【図7】



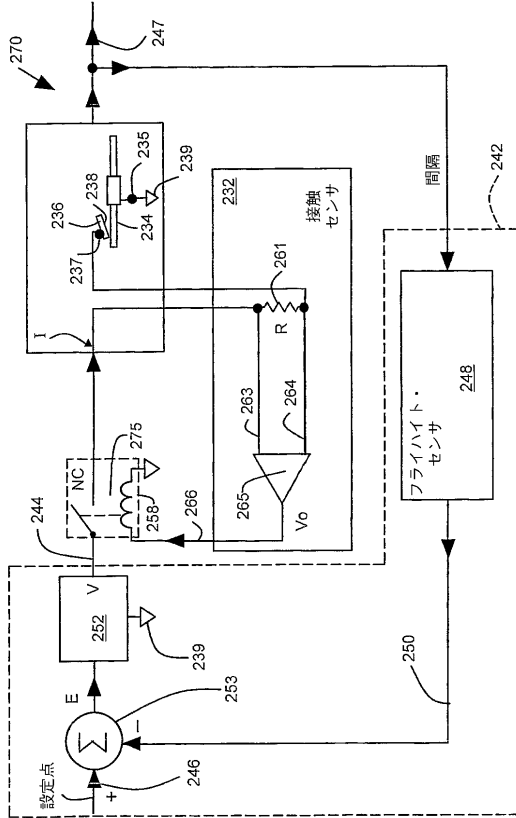
【図8】



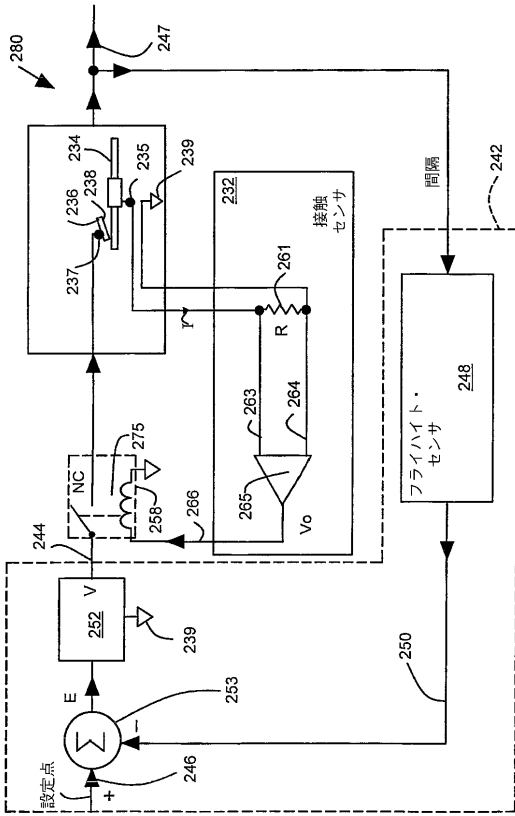
【 図 9 】



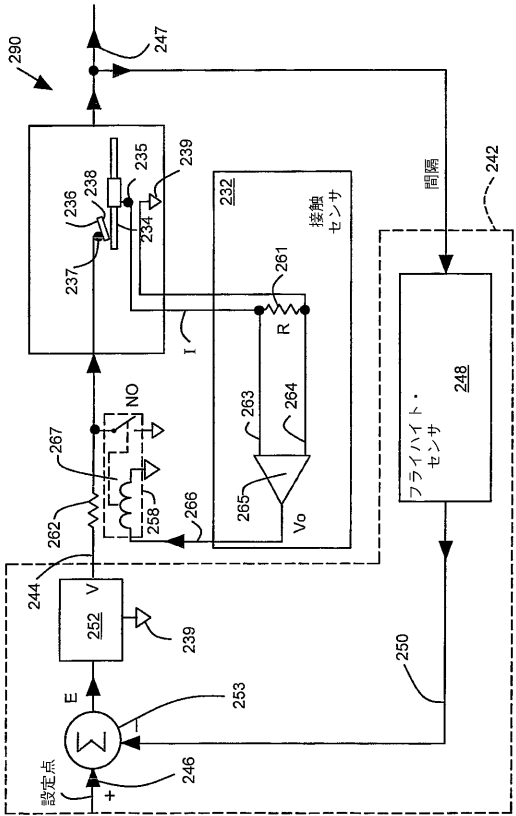
【 図 10 】



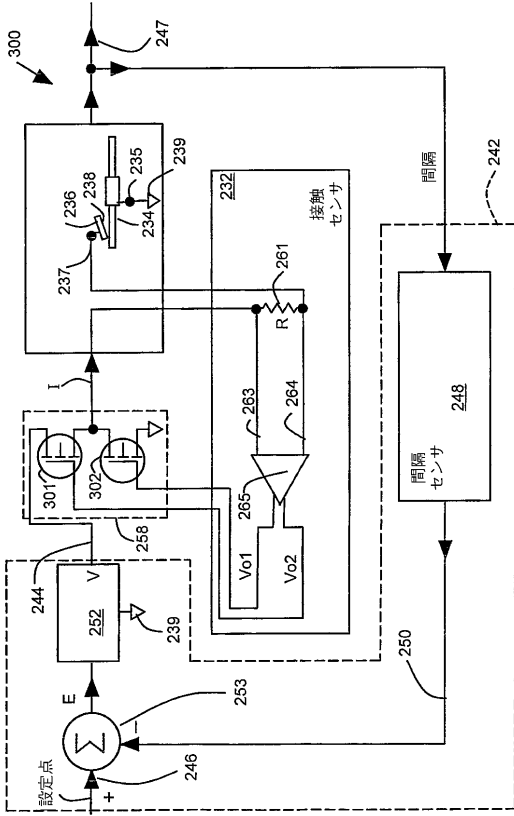
【 図 11 】



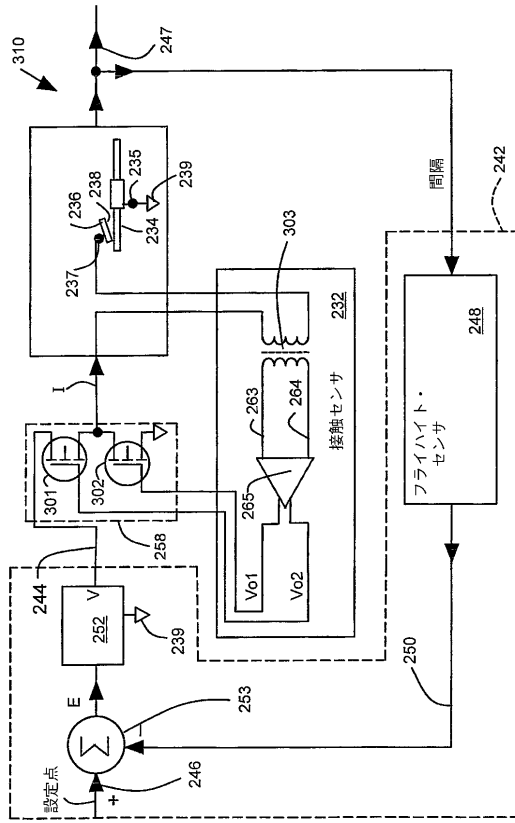
【 図 12 】



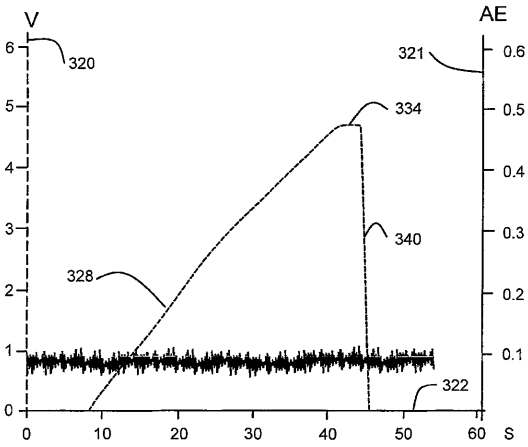
【図 13】



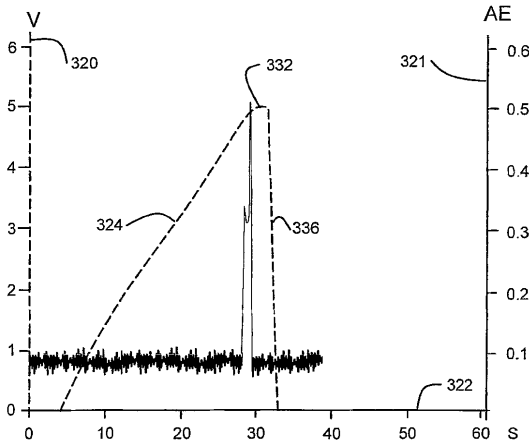
【図 14】



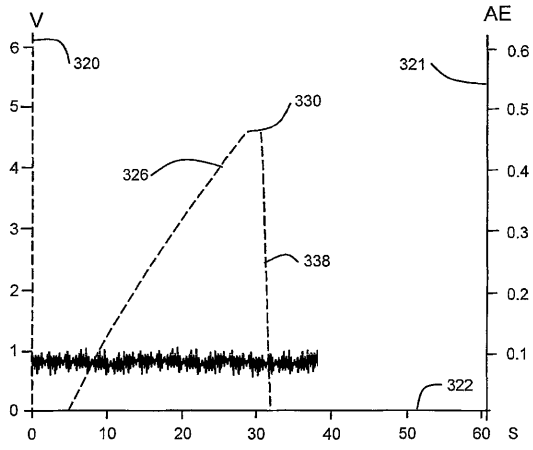
【図 15】



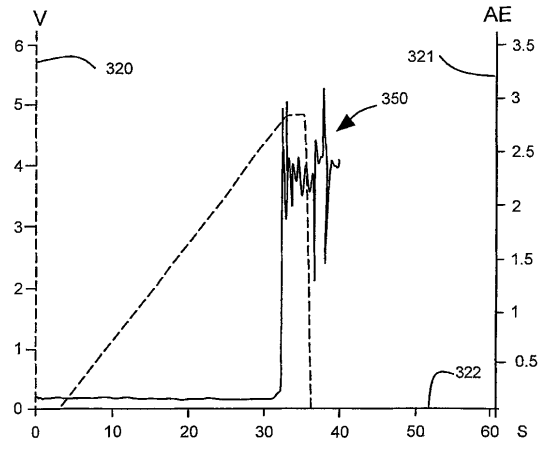
【図 16】



【 17】



【 18】



フロントページの続き

(72)発明者 リッターリング、ジェイソン、ダブリュ
アメリカ合衆国 ミネソタ、プライオア レイク、 フェアローン ショアズ トレイル エスイ
ー 15188

(72)発明者 ニッペンバーグ、リー、シー
アメリカ合衆国 ミネソタ、バーンズヴィル、 レイクビュー ドライブ 13104

審査官 鈴木 重幸

(56)参考文献 特開平09-082014(JP,A)
特開昭52-078415(JP,A)
特開昭61-202384(JP,A)
特開平09-091911(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G11B 21/21