(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2016-110680
(P2016-110680A)
(43)公開日　平成28年6月20日(2016.6.20)

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード（参考）
G11B 5/39	(2006.01)	G11B 5/39	5D034

審査請求 未請求　請求項の数 10　ＯＬ　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願2014-250258 (P2014-250258)
(22)出願日　平成26年12月10日 (2014.12.10)

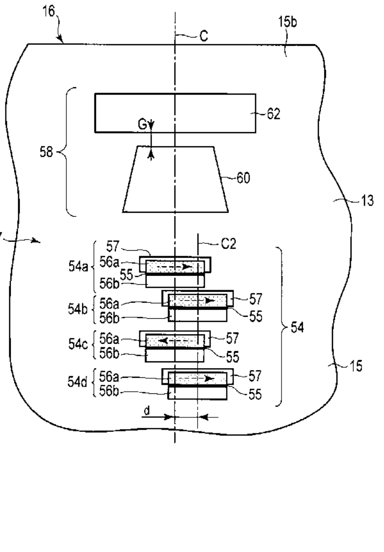
(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　110001737
特許業務法人スズエ国際特許事務所
(72)発明者　大久保　智和
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

Ｆターム(参考) 5D034 BA03 BA30 BB12 BB20

(54)【発明の名称】磁気ヘッド、これを備える磁気ディスク装置、および磁気ヘッドを用いる再生方法

(57)【要約】
【課題】再生信号品質の向上を図ることが可能な磁気ヘッド、これを備えたディスク装置、および再生方法を提供する。
【解決手段】実施形態によれば、磁気ヘッドは、磁化方向が固定された第１磁性体層５６ａと、絶縁層５５を挟んで第１磁性体層に対向して設けられ磁化方向が固定されていない第２磁性体層５６ｂとをそれぞれ有する複数の再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄを備えている。複数の再生素子の少なくとも２つは、各々の第１磁性体層、第２磁性体層のそれぞれが任意の直線を横切るように配置されているとともに、第１磁性体層の磁化が互いに異なる向きに固定されている。
【選択図】図３

図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
磁化方向が固定された第１磁性体層と、絶縁層を挟んで前記第１磁性体層に対向して設けられ磁化方向が固定されていない第２磁性体層とをそれぞれ有する複数の再生素子を備え、
前記複数の再生素子の少なくとも２つは、各々の第１磁性体層、第２磁性体層のそれぞれが任意の直線を横切るように配置されているとともに、前記第１磁性体層の磁化方向が互いに異なる向きになっている磁気ヘッド。
【請求項２】
前記少なくとも２つの再生素子は、前記第１磁性体層の磁化方向が互いに平行且つ相反する向きになっている請求項１に記載の磁気ヘッド。
【請求項３】
前記複数の再生素子は、少なくとも２つの前記再生素子の中心が任意の直線上に整列するように配列され、かつ、前記少なくとも２つの再生素子の第１磁性体層の磁化方向が互いに異なる向きになっている請求項１又は２に記載の磁気ヘッド。
【請求項４】
前記複数の再生素子は、第１軸上に中心が位置するように配置された第１再生素子および第３再生素子と、前記第１軸から所定距離離間して前記第１軸と平行に延びる第２軸上に中心が位置するように配置された第２再生素子および第４再生素子と、を含み、前記第１、第２、第３、第４再生素子は、前記第１軸の方向で所定の間隔を置いて並んでいる請求項１ないし３のいずれか１項に記載の磁気ヘッド。
【請求項５】
前記第１、第２、第４再生素子の磁化固着層は、それぞれ同一方向に磁化され、前記第３再生素子の磁化固着層は、前記第１再生素子の磁化固着層の磁化と逆向きに磁化されている請求項４に記載の磁気ヘッド。
【請求項６】
ディスク状の記録媒体と、
前記記録媒体に対して情報の再生を行う請求項１ないし５のいずれか１項に記載の磁気ヘッドと、
を備える磁気ディスク装置。
【請求項７】
前記磁気ヘッドの前記少なくとも２つの再生素子により再生された２系統の再生信号をそれぞれ重み係数に基づいて平均化および合成する等化回路を備える請求項６に記載の磁気ディスク装置。
【請求項８】
前記記録媒体の再生ゾーンおよび使用する再生素子に応じて、前記重み係数を設定するコントローラを備えている請求項７に記載の磁気ディスク装置。
【請求項９】
前記記録媒体のデータトラックに対する前記磁気ヘッドのスキュー角に応じて、前記複数の再生素子から前記データトラックの中心軸上に位置する２つの再生素子を選択するコントローラを備えている請求項６ないし８のいずれか１項に記載の磁気ディスク装置。
【請求項１０】
磁化方向が固定された第１磁性体層と、絶縁層を挟んで前記第１磁性体層に対向して設けられ磁化方向が固定されていない第２磁性体層とをそれぞれ有する複数の再生素子を備え、前記複数の再生素子の少なくとも２つは、各々の第１磁性体層、第２磁性体層のそれぞれが任意の直線を横切るように配置されているとともに、前記第１磁性体層の磁化方向が互いに異なる向きになっている磁気ヘッドを用いて記録媒体に記録された記録データを再生する再生方法であって、
前記記録媒体のデータトラックに対する前記磁気ヘッドのスキュー角に応じて、前記複数の再生素子から前記データトラックの中心軸上に位置する２つの再生素子を選択し、

前記選択した２つの再生素子により前記データトラックの記録データを読み取り、

前記２つの再生素子により読み取られた２系統の再生信号をそれぞれ重み係数に基づいて平均化および合成する再生方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明の実施形態は、再生素子を有する磁気ヘッド、この磁気ヘッドを備える磁気ディスク装置、および磁気ヘッドを用いる再生方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

情報記録装置として、例えば、磁気ディスク装置は、ケース内に配設されたディスク状の記録媒体、すなわち、磁気ディスクと、磁気ディスクに対して情報のリード／ライトを行う磁気ヘッドと、を備えている。

【０００３】

近年、記録密度の向上を図る目的で、磁気ディスクに対するデータの記録方式として、瓦記録（Shingled Magnetic Recording）が提案されている。瓦記録は、ライトデータを磁気ディスクのトラック幅方向に重ね書きする記録方式であり、幅広の磁気ヘッド（ライトヘッド）を用いた場合でも高トラック密度（ＴＰＩ）設計を可能とする技術である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】米国特許第８４６３４６８号明細書

【特許文献２】米国特許出願公開第２０１４／００６３６４４号明細書

【特許文献３】米国特許第８７１１５１７号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

磁気ヘッド（ライトヘッド）の主磁極の形状に起因して、主磁極のエッジ近傍での磁界分布は、ダウントラック方向に垂直とならず、湾曲している。その結果、記録パターンは磁界分布に対応して湾曲したものとなる。特に瓦記録の場合、重ね書きによりデータとして書き残される記録パターン部分はほぼ湾曲したエリアのみとなる。そのため、記録データの再生時、記録パターンの湾曲の影響を直接的に受けることになる。また、瓦記録においては記録時の磁界傾度を確保するためにスキュー角ゼロを中心に重ね書き方向を逆とすることがあり、この場合、記録媒体の内周部と外周部とで再生出力感度が不均一となる。

【０００６】

この発明は以上の点に鑑みなされたもので、その課題は、再生信号品質の向上を図ることが可能な磁気ヘッド、これを備えたディスク装置、および再生方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

実施形態によれば、磁気ヘッドは、磁化方向が固定された第１磁性体層と、絶縁層を挟んで前記第１磁性体層に対向して設けられ磁化方向が固定されていない第２磁性体層とをそれぞれ有する複数の再生素子を備え、前記複数の再生素子の少なくとも２つは、各々の第１磁性体層、第２磁性体層のそれぞれが任意の直線を横切るように配置されているとともに、前記第１磁性体層の磁化が互いに異なる向きに固定されている。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【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、前記ＨＤＤにおける磁気ヘッド、サスペンション、磁気ディスクを示す

側面図。
【図３】図３は、前記磁気ヘッドのヘッド部を拡大して概略的に示す平面図。
【図４】図４は、磁気ディスクへの瓦記録の記録パターンおよび再生素子の位置関係を概略的に示す図。
【図５】図５は、前記ＨＤＤの等化回路の一例を示すブロック図。
【図６】図６は、変形例に係る等化回路を示すブロック図。
【図７】図７は、第１の実施形態に係るＨＤＤの磁気ディスクに対する磁気ヘッドの位置を概略的に示す平面図。
【図８】図８は、前記ＨＤＤの再生ヘッドとデータトラックとの位置関係を複数のスキュー角について比較して概略的に示す図。
【図９】図９は、前記ＨＤＤにおける平均化重み係数の調整動作を示すフローチャート。
【図１０】図１０は、前記ＨＤＤにおけるデータ再生（読取り）動作を示すフローチャート。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、図面を参照しながら、実施形態について詳細に説明する。
図１は、ディスク装置として、第１の実施形態に係るハードディスクドライブ（ＨＤＤ）を概略的に示すブロック図、図２は、浮上状態の磁気ヘッドおよび磁気ディスクを示す側面図である。
図１に示すように、ＨＤＤ１０は、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、読出しを行う複数の磁気ヘッド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。
【００１０】
ＨＤＤ１０は、ヘッドアンプＩＣ３０と、メインコントローラ４０と、ドライバＩＣ４８と、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に電気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を介して磁気ヘッド１６に電気的に接続されている。また、メインコントローラ４０は、ドライバＩＣ４８を介して、ＶＣＭ２２及びスピンドルモータ１４に電気的に接続されている。ＨＤＣ４４は、ホストコンピュータ４５に接続可能である。
【００１１】
図１および図２に示すように、磁気ディスク１２は、垂直磁気記録媒体として構成されている。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。基板１０１の各表面には、下地層としての軟磁性層１０２と、その上層部に、磁気記録層１０３と保護膜１０４とが順次積層されている。磁気ディスク１２は、スピンドルモータ１４のハブに互いに同軸的に嵌合されている。磁気ディスク１２は、スピンドルモータ１４により所定の速度で矢印Ｂ方向に回転される。
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。図２に示すように、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に設けられた配線部材２８を介して、ヘッドアンプ

ＩＣ３０に電気的に接続されている。

【００１２】

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。

【００１３】

スライダ１５は、磁気ディスク１２の表面に対向する矩形状のディスク対向面（媒体対向面、空気支持面（ＡＢＳ））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Ｃにより、磁気ディスク表面から所定量浮上した状態に維持される。空気流Ｃの方向は、磁気ディスク１２の回転方向Ｂと一致している。スライダ１５は、空気流Ｃの流入側に位置するリーディング端１５ａおよび空気流Ｃの流出側に位置するトレーリング端１５ｂを有している。

【００１４】

図３は、ＡＢＳから見た磁気ヘッドのヘッド部を拡大して示す平面図である。磁気ヘッド１６のヘッド部１７は、スライダ１５のトレーリング端１５ｂに薄膜プロセスで形成された再生ヘッド５４および記録ヘッド５８を有し、分離型の磁気ヘッドとして形成されている。

【００１５】

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、ＡＢＳ１３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、この主磁極６０にライトギャップＧを置いて対向するライトシールド６２、および、主磁極６０とライトシールド６２で構成される磁気コアに巻き付けられた図示しない記録コイル等を備えている。主磁極６０およびライトシールド６２は、スライダ１５の長軸（中心軸Ｃ）上に並んで配置されている。主磁極６０およびライトシールド６２の先端部は、ＡＢＳ１３に露出している。

【００１６】

再生ヘッド５４は、ＴＤＭＲ（Two Dimensional Magnetic Recording）を想定した複数の再生素子を備えている。本実施形態では、再生ヘッド５４は、第１ないし第４の４つの再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄを備えている。各再生素子は、トンネル接合（ＴＭＲ：Tunneling Magneto Resistive）素子を用いている。すなわち、再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄの各々は、絶縁層５５を挟んで積層された磁化固着層（Ｐｉｎ層）（第１磁性体層）５６ａおよび磁化フリー層（Ｆｒｅｅ層）（第２磁性体層）５６ｂを有している。Ｐｉｎ層５６ａおよびＦｒｅｅ層５６ｂは、それぞれ磁性体で形成されている。Ｐｉｎ層５６ａは、ハードバイアス層５７からの磁界により、磁化方向が一定方向に固定されている。Ｆｒｅｅ層５６ｂの磁化は完全には固定されておらず、外部磁界（記録媒体、すなわち、磁気ディスク１２からの漏れ磁界）により磁化の向きが変動する。Ｐｉｎ層５６ａおよびＦｒｅｅ層５６ｂに接触する図示しない電極あるいは電極膜が設けられている。

【００１７】

ＴＭＲ再生素子は、Ｐｉｎ層５６ａの磁化とＦｒｅｅ層５６ｂの磁化のなす角度の変化を再生出力に変換して出力する。例えば、Ｐｉｎ層５６ａの磁化とＦｒｅｅ層５６ｂの磁化の向きが同じ場合は、再生素子の電気抵抗が小さくなり、磁化の向きが異なる場合は、電気抵抗が大きくなる。この作用を使用して、ＴＭＲ再生素子は磁気ディスク１２から記録磁界に対応した信号を再生する。

【００１８】

第１ないし第４再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄは、その長手方向がそれぞれスライダ１５の中心軸（第１軸）Ｃと直交する向きに設けられ、また、中心軸Ｃの軸方向に所定の間隔を置いて並んで配置されている。すなわち、第１ないし第４再生素子５４ａ

、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄは互いに平行に並んで配置されている。第１ないし第４再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄの先端（下端）部は、ＡＢＳ１３に露出している。

【００１９】

４つの再生素子の内、第１再生素子５４ａおよび第３再生素子５４ｃは、その長手方向の中心がスライダ１５の中心軸Ｃ上に整列して配置されている。残りの第２再生素子５４ｂおよび第４再生素子５４ｄは、その長手方向の中心が第２中心軸（第２軸）Ｃ２上に整列して配置されている。この第２中心軸Ｃ２は、スライダ１５の中心軸Ｃと平行に、かつ、中心軸Ｃから所定距離ｄだけ離間している。すなわち、第２および第４再生素子５４ｂ、５４ｄは、第１および第３再生素子５４ａ、５４ｃに対して、中心軸Ｃと直交する方向に距離ｄだけずれて配置されている。

【００２０】

後述するように、ＨＤＤ１０では、磁気ディスク１２の径方向における磁気ヘッド１６の位置に応じて、あるいはデータトラックに対する磁気ヘッド１６のスキュー角に応じて、４つの再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、５４ｄの中から選択された２つの再生素子により情報再生が行われる。選択した２つの再生素子は、Ｐｉｎ層５６ａの磁化が互いに逆向き、反平行となるように磁化されている。本実施例によれば、図３に示すように、第１、第２、第４再生素子５４ａ、５４ｂ、５４ｄのＰｉｎ層５６ａの磁化は、右方向に設定され、第３再生素子５４ｃのＰｉｎ層５６ａの磁化は左方向（逆方向）に設定されている。

【００２１】

ＨＤＤ１０は、上記のように構成された磁気ヘッド１６を用いて、磁気ディスク１２の記録層にライトデータを瓦記録（Shingled Magnetic Recording）するように構成されている。すなわち、ライトデータをクロストラック方向に重ね書きすることで高ＴＰＩを得ている。図４は、磁気ディスク１２の外周側および内周側に瓦記録されたデータトラックの記録パターンを模式的に示している。この図に示すように、瓦記録の場合、データトラックに残る記録パターンは、磁気ディスク１２の外周側部分に記録された記録パターンＰＯおよび磁気ディスク１２の内周側部分に記録された記録パターンＰＩともに湾曲したパターンとなる。瓦記録の場合、磁気ヘッド１６のスキュー角による記録品質の変化を抑えるため、磁気ディスクの径方向中央部（記録ヘッド１６のスキュー角がゼロとなる領域）を中心として、磁気ディスク１２の内周側部分と外周側部分と重ね書き方向が逆向きとなる。その結果、記録パターンＰＯ、ＰＩの湾曲方向が逆となっている。すなわち、磁気ディスク１２の内周側部分と外周側部分とで、磁気ディスクからの漏れ磁界は逆に傾くことになる。従って、再生素子のＰｉｎ層５６ａとＦｅｅ層５６ｂの内部の磁化の相対角は、再生素子が磁気ディスク１２の内周側部分に位置する時と、再生素子が磁気ディスク１２の外周側部分に位置する時とで同一とならない。

【００２２】

前述の選択した２つの再生素子をリーダー１およびリーダー２とした場合、図４に示すように、リーダー１およびリーダー２は、Ｐｉｎ層５６ａの磁化方向が互いに逆向きとなっている。図４では、Ｐｉｎ層５６ａとハードバイアス層の磁化方向は同じとし、Ｐｉｎ層５６ａの磁化のみを表記して説明している。Ｐｉｎ層５６ａの磁化方向が異なる２つのリーダー１およびリーダー２で記録パターンＰＯ、ＰＩを読取る場合、それぞれのリーダー単体で見ると、Ｐｉｎ層５６ａとＦｒｅｅ層５６ｂの磁化の相対角は、磁気ディスク１２の内周側と外周側で互いに逆向きとなる。つまり、例えば磁気ディスク１２の内周側における各リーダーの磁化の相対角が（リーダー１、リーダー２）＝（α、β）であった場合、磁気ディスク１２の外周側での各リーダーの磁化の相対角は（リーダー１、リーダー２）＝（β、α）となる。これにより、リーダー１、２の相対角の平均値は、磁気ディスク１２の内周側部分と外周側部分とで一致することになる。従って、リーダー１の再生波形およびリーダー２の再生波形を、回路上で重み付き平均化することで、記録パターン湾曲による媒体磁化の傾きの影響をキャンセルすることができる。

【００２３】

図５は、リーダー１、２からの再生波形を平均化する等化回路を示している。等化回路７０は、Ｒ／Ｗチャネル４２に設けられ、リーダー１用の第１系統７０ａおよびリーダー２用の第２系統７０ｂの２系統を有している。各系統７０ａ、７０ｂは、ハイパスフィルタ（ＨＰＦ）、可変ゲインアンプ（ＶＧＡ）、非対称性訂正回路（ＡＳＣ）、連続タイムフィルタ（ＣＴＦ）、ＡＤコンバータ（ＡＤＣ）、有限インパルス応答回路（ＦＩＲ）を備えている。２系統のＦＩＲフィルタ(ＦＩＲ)からの出力は合成されて、非線形ゆがみ調整回路（ＮＬＤ）、誤り訂正回路（ＩＴＲ、ＲＬＬ）を介して、ＨＤＣ４４へ送られる。

【００２４】

第１および第２系統７０ａ、７０ｂにおいて、ＡＤＣとＦＩＲとの間で、ある重み係数W_{α}、W_{β}を、それぞれでの再生信号に加算して平均化処理を行う。重み係数W_{α}、W_{β}を最適化することにより、記録パターンの湾曲に起因する再生出力感度のゾーン不均一性をキャンセルすることができる。

【００２５】

図５では、第１および第２の２つの再生波形系統７０ａ、７０ｂを単純に平均化する等化回路７０を例示したが、ＴＤＭＲ用回路を用いても同様の効果を得ることができる。例えば、図６に示すように、ＴＤＭＲ用の等化回路７５では、第１系統７５ａおよび第２系統７５ｂを同時に等化処理する二次元有限インパルス応答回路（２Ｄ－ＦＩＲ：二次元等化器）を用いる。この場合、自動的に平均化処理が等化処理の一部として包括され、平均化の重み係数W_{α}、W_{β}は、二次元等化器（２Ｄ－ＦＩＲ）のタップ係数に反映されることになる。

【００２６】

いずれの等化回路７０、７５を用いても、２つの再生素子、すなわち、リーダー１、２の再生信号は、それぞれ相対角α（再生感度小）の再生信号と相対角β（再生感度大）の再生信号との組み合わせで構成されている。そのため、結果として得られる再生ヘッドの再生感度はこれら相対角の平均値となり、磁気ディスク１２の内周側／外周側によらず一定となる。

【００２７】

しかし、２つのＰｉｎ層５６ａの磁化の不均一性や湾曲した記録パターンからの漏れ磁界のばらつきがある。そのため、再生信号のビットエラーレート（ＢＥＲ）が最良となるＰｉｎ層５６ａの磁化固定方向がどちらか一方向に偏るケースが考えられる。しかし、本実施形態の磁気ヘッド１６では、図５に示した平均化重み係数W_{α}、W_{β}を任意に設定可能である。また、図６に示したＴＤＭＲの場合は、２Ｄ－ＦＩＲのタップ係数（重み係数W_{α}、W_{β}）は適応化により逐次最適化処理が行われることが一般的である。そのため、磁気ヘッド１６では、常にＢＥＲが最適な条件で記録パターン湾曲の影響をキャンセルすることが可能となる。

【００２８】

平均化処理による再生感度不均一のキャンセル効果は、２つの再生素子の長手方向中心がデータトラックの幅方向中心に整列している、つまり、２つの再生素子のクロストラック方向のオフセット量がゼロで再生する場合が最大となる。しかし、オフセット量がゼロでない場合でも、平均化重み係数を適切に設定することで前述のキャンセル効果を最適化することができる。

【００２９】

図７および図８に示すように、磁気ディスク１２に対する磁気ヘッド１６の径方向位置に応じて、すなわち、データトラックＴに対する磁気ヘッド１６のスキュー角に応じて、再生素子の位置（オフセット量）が変動する。例えば、磁気ヘッド１６が磁気ディスク１２の径方向の内周側（ＩＮ）、中間部（Ｍ）、外周側（ＯＵＴ）に位置している場合、磁気ヘッド１６のスキュー角はそれぞれ大（＋）、ゼロ、大（－）となる。本実施形態の再生ヘッド５４によれば、スキュー角が、大（＋）、ゼロ、大（－）のそれぞれで、２つの再生素子が読取り対象のデータトラックＴ上に重なる配置構造となっている。かつ、第１ないし第４再生素子５４ａ～５４ｄは、重なる２つの再生素子のＰｉｎ層５６ａの磁化が

互いに逆向きとなるように配置されている。

【００３０】

図８に示すように、４つの再生素子５４ａ～５４ｄの中から、データトラックＴの中心軸上に位置する２つの再生素子が選択されて、データ再生が行われる。例えば、磁気ヘッド１６が磁気ディスク１２の内周側（ＩＮ）に位置している場合、データトラックＴの中心軸上に中心が位置する第２再生素子５４ｂおよび第３再生素子５４ｃ（太い枠で示す）が選択される。磁気ヘッド１６が磁気ディスク１２の中間部（Ｍ）に位置している場合、データトラックＴの中心軸上に中心が位置する第１再生素子５４ａおよび第３再生素子５４ｃ（太い枠で示す）が選択される。磁気ヘッド１６が磁気ディスク１２の外周側（ＯＵＴ）に位置している場合、データトラックＴの中心軸上に中心が位置する第３再生素子５４ｃおよび第４再生素子５４ｄ（太い枠で示す）が選択される。

【００３１】

このように、実際の信号再生時には、磁気ヘッド１６のスキュー角に応じて、データトラックＴの中心軸上に位置する２つの再生素子のみをアクティブとして信号処理を行うことで、スキュー角が発生する状況でも前述したような再生感度不均一のキャンセル効果を最大化することができる。

【００３２】

なお、上述した複数の再生素子は、所定のオフセットで配列した構成に限定されることはない。いずれの径方向位置でもスキュー角がゼロとなるような磁気ヘッドのヘッドアクチュエータ構造（例えば、磁気ヘッドを磁気ディスクの径方向に沿って直線的に移動可能なリニアアクチュエータ等）を用いることも可能である。

【００３３】

図９は、平均化の重み係数W_{α}、W_{β}の初期調整（重み係数テーブル作成）動作を示すフローチャート、図１０は、記録データの再生動作を示すフローチャートである。

図９に示すように、ＭＰＵ４６は、磁気ヘッド１６の径方向位置に応じて、再生素子を選択するための選択（ゾーン／リーダー）テーブル８０を有している。選択テーブル８０は、第１ないし第４再生素子５４ａないし５４ｄの内、例えば、磁気ディスク１２の内周部（ゾーン１）、中間部（ゾーン２）、外周部（ゾーン３）でそれぞれ使用する２つの再生素子を定めている。

【００３４】

ＭＰＵ４６は、まず、複数の磁気ヘッド１６の内の１つを特定した後（ＳＴ１）、磁気ディスク１２のゾーン（１～Ｍ）の１つを特定する（ＳＴ２）。続いて、ＭＰＵ４６は、特定したゾーンおよび選択テーブル８０に基づいて、２つの再生素子（アクティブリーダー）を選択し（ＳＴ３）、更に、アクティブリーダーの重み調整（最大Ｌ回）を行う（ＳＴ４）。重み調整回数ｉがＬ以下の場合（ＳＴ５）、ＭＰＵ４６は平均化重み係数W_{α}、W_{β}を設定する（ＳＴ６）。

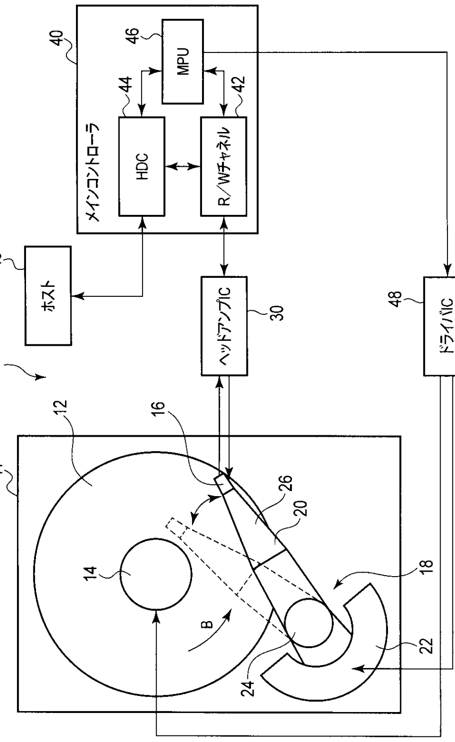
【００３５】

次いで、ＭＰＵ４６は、設定した平均化重み係数W_{α}、W_{β}を用いて、再生信号の均等化を行い、再生信号のＢＥＲ（Ｅ）を測定する（ＳＴ７）。測定したＢＥＲ（Ｅ）と最適値（Ｅbest）とを比較し（ＳＴ８）、測定したＢＥＲ（Ｅ）が最適値（Ｅbest）よりも小さい場合、ＭＰＵ４６は、測定ＢＥＲ（Ｅ）を最適値（Ｅbest）として設定した後（ＳＴ９）、ＳＴ４に戻る。また、ＳＴ８において、測定ＢＥＲ（Ｅ）が最適値（Ｅbest）以上の場合もＳＴ４に戻る。ＭＰＵ４６は、ＳＴ５において、重み調整ｉがＬよりも大きくなった時点で重み係数の最適値探索を終了し、その際の設定重み係数W_{α}、W_{β}をメモリに登録する（ＳＴ１０）。更に、ＭＰＵ４６は、ゾーンおよび磁気ヘッドを登録し（ＳＴ１１、１２）、ヘッド／ゾーンパラメータとして管理する。これにより、ＭＰＵ４６は、磁気ヘッド、再生素子、磁気ディスクのゾーンに対応する重み係数W_{α}、W_{β}の（ヘッド／ゾーン）テーブル９０（図１０参照）を作成する。テーブル９０は、磁気ディスク１２のゾーンを間引いて重み係数をテーブル管理する例（例えば、磁気ディスクの全ゾーンを５分割（ゾーン１～５）して管理する例）を示している。メモリの容量が充分な場合は、磁

気ディスク１２の全ゾーンに関して重み係数テーブルを作成してもよい。
【００３６】
　図１０に示すように、記録データを再生する際、ＭＰＵ４６は、再生する磁気ヘッド１６（ｎ）、磁気ディスク１２のシリンダ（＝ゾーン）を特定し（ＳＴ１）、次いで、選択テーブル８０から２つの再生素子（アクティブリーダー）を選択する（ＳＴ２）。続いて、ＭＰＵ４６は、（ヘッド／ゾーン）テーブル９０から対応する重み係数Ｗ$_{\alpha}$、Ｗ$_{\beta}$を参照する。選択した２つの再生素子（アクティブリーダー）により磁気ディスク１２から記録データを読み取り、再生信号をヘッドアンプＩＣで増幅する。増幅した再生信号はＲ／Ｗチャネル４２の等化回路７０に入力される。更に、ＭＰＵ４６は、参照した重み係数Ｗ$_{\alpha}$、Ｗ$_{\beta}$をそれぞれ２つの再生素子の再生信号に加算して補間する（ＳＴ４）。これにより、２つの再生素子からの再生波形を平均化した後、非線形ゆがみ調整回路（ＮＬＤ）、誤り訂正回路（ＩＴＲ、ＲＬＬ）を介して、再生信号をＨＤＣ４４へ送る。
【００３７】
　以上のように構成されたＨＤＤによれば、磁気ディスクに対するデータの記録方式として、瓦記録を用いることにより、幅広の磁気ヘッド（ライトヘッド）を用いた場合でも高トラック密度（ＴＰＩ）を得ることができる。瓦記録により記録パターンが湾曲している場合でも、Ｐｉｎ層の磁化方向が相反する２つの再生素子により記録データを再生し、平均化することにより、記録パターンの湾曲による媒体磁化の傾きの影響をキャンセルすることができる。従って、再生信号のＳ／Ｎ比の劣化を抑制し、再生信号品位の向上を図ることが可能となる。
【００３８】
　再生波形に加算する重み係数Ｗ$_{\alpha}$、Ｗ$_{\beta}$を最適化することにより、再生素子のＰｉｎ層に起因する再生出力感度のゾーン不均一性を一層確実にキャンセルすることができる。更に、磁気ディスクの再生領域（ゾーン）あるいは磁気ヘッドのスキュー角に応じて、データトラックＴの中心軸上に位置する２つの再生素子のみをアクティブとして選択し、信号再生処理を行うことで、スキュー角が発生する状況でも再生感度不均一のキャンセル効果を最大化することができる。
　以上のことから、再生信号品位の向上した磁気ヘッド、およびこれを備えたディスク装置が得られる。
【００３９】
　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。
　例えば、再生ヘッドの再生素子は、４つに限らず、２つ、３つ、あるいは５つ以上としてもよい。複数の再生素子の配列構成は、上述した実施形態に限定されることなく、少なくとも２つの再生素子の中心がデータトラックの中心軸に沿って整列可能な配列であればよい。平均化重み係数Ｗ$_{\alpha}$、Ｗ$_{\beta}$は、（ヘッド／ゾーン）テーブルを参照する構成に限らず、予めデフォルトで各再生素子の再生特性を測定し、その測定結果に基づいて、平均化重み係数Ｗ$_{\alpha}$、Ｗ$_{\beta}$を決定してもよい。
【符号の説明】
【００４０】
　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、５４ａ…第１再生素子、５４ｂ…第２再生素子、
　５４ｃ…第３再生素子、５４ｄ…第４再生素子、５６ａ…磁化固着層（Ｐｉｎ層）、
　５６ｂ…磁化フリー層（Ｆｒｅｅ層）、５８…記録ヘッド、７０…等化回路、
　７０ａ…第１系統、７０ｂ…第２系統

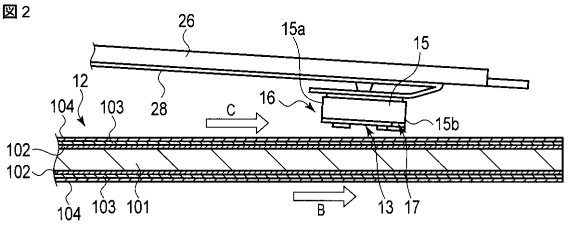
【図１】

図1



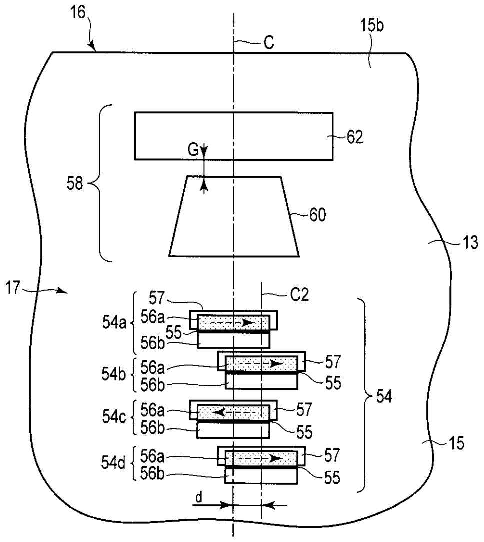
【図２】

図2



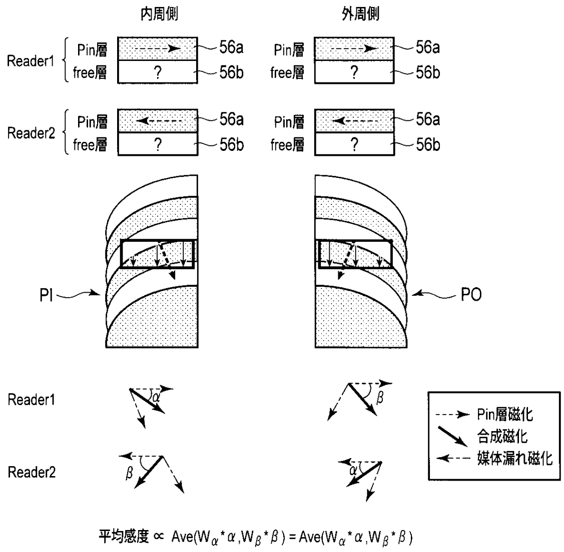
【図３】

図3



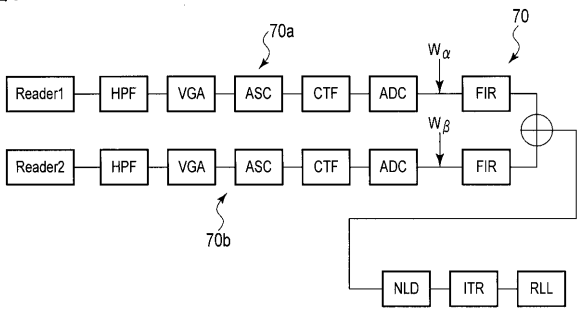
【図４】

図4



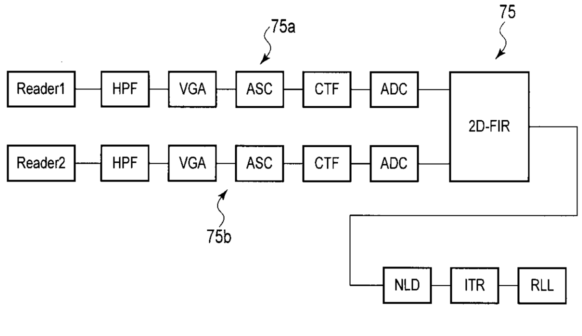
【図５】

図5



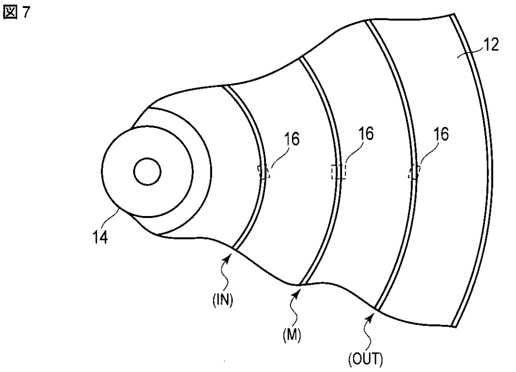
【図６】

図6



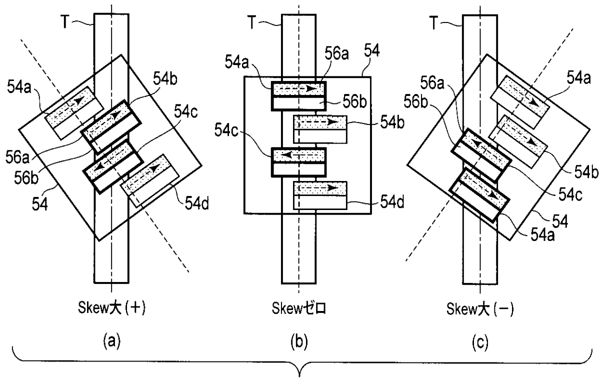
【図７】

図7



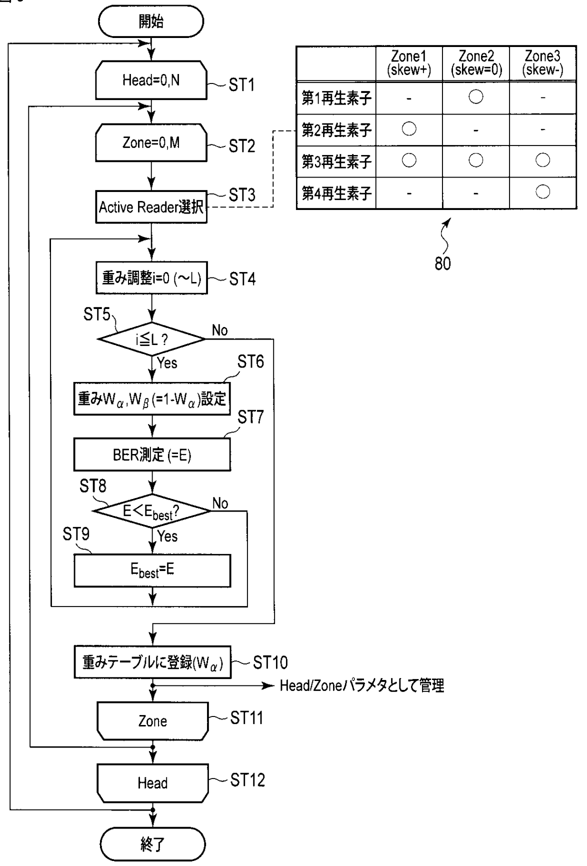
【図８】

図8



【図９】

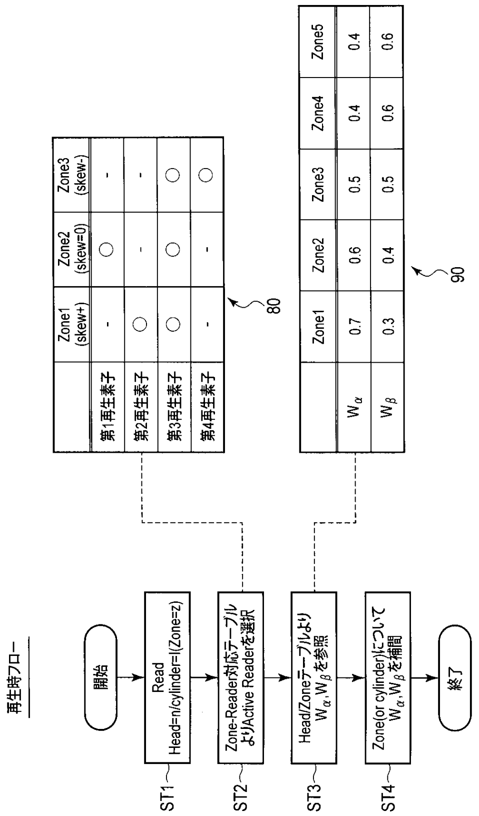
図9



	Zone1 (skew+)	Zone2 (skew=0)	Zone3 (skew-)
第1再生素子	-	○	-
第2再生素子	○	-	-
第3再生素子	○	○	○
第4再生素子	-	-	○

【図１０】

図10



	Zone1 (skew+)	Zone2 (skew=0)	Zone3 (skew-)
第1再生素子	-	○	-
第2再生素子	○	-	-
第3再生素子	○	○	○
第4再生素子	-	-	○

	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4	Zone5
W_α	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
W_β	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6