

(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2006-209952

(P2006-209952A)

(43) 公開日 平成18年8月10日(2006.8.10)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 21/10 (2006.01)

F I

G 1 1 B 21/10

F

テーマコード (参考)

5 D 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-17938 (P2006-17938)

(22) 出願日 平成18年1月26日 (2006. 1. 26)

(31) 優先權主張番号 11/046,195

(32) 優先日 平成17年1月28日 (2005.1.28)

(33) 優先權主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504012804

コマング・インコーポレイテッド

KOMAG, INC.

アメリカ合衆国、95131 カリフォル

ニア州、サン・ノゼ、オートメーション・

パークウェイ、1710

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

(74) 代理人 100085132

弁理士 森田 俊雄

(74) 代理人 100083703

弁理士 仲村 義平

(74) 代理人 100096781

弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

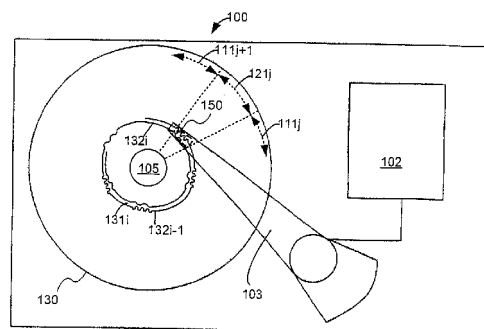
(54) 【発明の名称】 磁気ディスクおよびディスクドライブ

(57) 【要約】

【課題】ディスクリートトラック記録ディスクを提供する。

【解決手段】ディスクリートトラック記録（DTR）ディスク（「パターンド」ディスクとも呼ばれる）は、所定の方法で側壁を変調することによって形成されるセクタ化されたサーボを有し、データセクタの側壁に対してはこの方法での変調は行なわれない。各サーボセクタの2つの側壁はそれぞれ、異なる2つの方法で変調される。したがって、所与のサーボセクタからの信号は、「DC」消去開始の場合でさえも、異なる2つの変調それぞれの成分を含む。したがって、上記変調されたサーボセクタにより、サーボ書込は不要になる。加えて、データセクタの側壁は変調されていないため、データ信号は、変調のフィルタリングなしで読出される。

【選択図】図 1 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気ディスクであって、
磁性膜に形成された複数のランドおよび複数のギャップを含み、
各ランドは、ギャップによって、隣接するランドから分離され、
各ランドは、複数のサーボセクタおよび複数のデータセクタに分割され、
各サーボセクタは、少なくとも 1 つのデータセクタによって、隣接するサーボセクタから分離され、
各サーボセクタの各側壁は空間変調される、磁気ディスク。

【請求項 2】

各サーボセクタの 2 つの側壁は、異なる 2 つの周波数で変調される、請求項 1 に記載の磁気ディスク。

【請求項 3】

前記周波数は互いの 50 % 未満以内である、請求項 2 に記載の磁気ディスク。

【請求項 4】

各側壁の変調の振幅は、ランドの幅の 2 分の 1 未満である、請求項 1 に記載の磁気ディスク。

【請求項 5】

各サーボセクタは複数のフィールドを含み、
所与のサーボセクタの各フィールドは、前記所与のサーボセクタの隣接するフィールドから、径方向にオフセットされる、請求項 1 に記載の磁気ディスク。

【請求項 6】

前記所与のサーボセクタの隣接する 2 つのフィールド間の径方向のオフセットは、前記所与のサーボセクタのランドの幅未満である、請求項 5 に記載の磁気ディスク。

【請求項 7】

各データセクタの各側壁は空間変調されない、請求項 1 に記載の磁気ディスク。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の磁気ディスクを含むディスクドライブであって、
前記磁気ディスクの各データセクタに信号を記録するためかつ前記各データセクタから信号を読み出すための磁気ヘッドをさらに含み、
前記磁気ヘッドは、ランドの幅とほぼ同一の幅の読取素子を含む、ディスクドライブ。

【請求項 9】

ディスクドライブであって、磁性膜に形成された複数のトラックおよび複数のギャップを含む磁気ディスクを含み、各トラックは、ギャップによって、隣接するトラックから分離され、各トラックは、複数のサーボセクタおよび複数のデータセクタに分割され、各サーボセクタは、データセクタによって、隣接するサーボセクタから分離され、各データセクタの各側壁は変調されず、各サーボセクタの内側の側壁は第 1 の周波数で正弦波状に変調され、各サーボセクタの外側の側壁は第 2 の周波数で正弦波状に変調され、前記ディスクドライブはさらに、

前記磁気ディスクの各データセクタに信号を記録するためかつ前記各データセクタから信号を読み出すための磁気ヘッドと、

前記磁気ヘッドに結合された回路と含み、前記回路は、前記磁気ヘッドから前記第 1 の周波数の第 1 の信号を検出するための第 1 の検出器と、前記磁気ヘッドから前記第 2 の周波数の第 2 の信号を検出するための第 2 の検出器とを含み、前記回路はさらに、前記第 1 の検出器および第 2 の検出器に結合され、前記第 1 の信号の第 1 の振幅を前記第 2 の信号の第 2 の振幅と比較するための比較器を含む、ディスクドライブ。

【請求項 10】

前記ヘッドは、前記ヘッドがランド上の中心にあるときに、前記ランドの 2 つの側壁の変調によって生じる 2 つの周波数各々を検知するのに十分な幅である、請求項 9 に記載のディスクドライブ。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願との相互参照

本願は、2002年2月15日にマイケル・マクニール (Michael McNeil) 他によって出願された「パターンド媒体 (Patterned Medium)」と題される米国特許出願第10/077,200号 (2003年9月25日に米国特許公開公報20030179481として公開) に関連し、この出願の全体を本明細書に引用により援用する。

【0002】

発明の分野

本発明は、磁気ディスクドライブの分野に関し、より特定のには、ディスクドライブシステムで使用されるパターンド磁気ディスク (「ディスクリートトラック記録 (discrete track recording)」ディスクまたはDTRディスクとも呼ばれる) に関する。

【背景技術】

【0003】

関連技術

ディスクリートトラック記録 (DTR) ディスクすなわちパターンド磁気ディスクは、先行技術において公知である。例として、S.E.ランバート (S.E.Lambert)、I.L.サンダーズ (I.L.Sanders)、A.M.パトラッチ (A.M.Patlach)、M.T.クロンビ (M.T.Krounbi) およびS.R.ヘツラー (S.R.Hetzler) による「ディスクリートトラックを超えて：パターンド媒体の他の側面 (Beyond discrete tracks: Other aspects of patterned media)」、応用物理ジャーナル (Journal of Applied Physics)、第69巻 (8)、1991年4月15日、第4724-4726頁を参照されたい。具体的に言えば、この文献には、薄膜ディスクの表面を、標準的なリソグラフィ技術を用いてパターンングすることにより、幅が0.5 μm と狭いディスクリートトラックを形成できると記載されている。これらの研究の範囲は、次に述べるようなパターンにまで及んでいる。このパターンは、エッチングされたトラックが、ディスクリートトラックのいくつかの部分をエッチングで取除くことによって、不連続セグメントに分割されたときに形成される。磁化の急激な変化は、媒体のDC消去によって得られ、結果として、リードバックヘッドのギャップが媒体のパターンのエッジと整列したときに、従来の遷移の振幅の50%までのリードバック信号が得られる。

【0004】

別の文献として、青山勉、佐藤勇武、石尾俊二による「パターンド磁気記録媒体の作成方法と磁気的特性」、応用物理第72巻第3号、第0298-0303頁 (2002) を参照されたい。この文献によると、ディスクリートトラック媒体は、従来の、トラック密度が非常に高い連続磁性膜では重要な問題であろうサイド書込およびサイド読出現象を改善する。不連続なビット媒体は、1 Tbit/in²を超える、熱的に安定した磁気記録を実現する可能性がある。この文献では、ナノインプリントおよびRIEを組合せたものの使用を含む作成方法が示され、作成されたサンプルの磁気特性について論じられている。

【0005】

DTRディスクの場合、製造者は、ディスク製造時にヘッド位置サーボ情報をディスク上にプレフォーマットできるはずである。また、プレフォーマットされたサーボ制御情報は、ヘッドがDTRディスク上のプレフォーマットされた領域の上を空間移動する際に、ヘッドの浮上高に混乱を生じさせ得る。

【0006】

したがって、本特許出願の発明者らは、プレフォーマットされた専用サーボ領域の場合でも浮上高に影響を及ぼさない新たなサーボ構造が必要であると考える。

【0007】

米国特許第5,739,972号 (本特許全体を本明細書に引用により援用する) には

10

20

30

40

50

、サーボ情報が各データトラックの鋸歯状のエッジに記録された記憶媒体が記載されている。MRヘッドのリードバック信号の熱要素が抽出されサーボ制御のために使用される。具体的に言うと、MRヘッドが、周波数 f_1 で鋸歯状にされた外側のエッジに近づくように移動するにつれ、周波数 f_1 の熱信号が増大する。MRヘッドがトラックの中心に位置すると、トラックの鋸歯状の2つのエッジからの周波数応答はゼロに近い。なお、米国特許第5,739,972号では、トラックの長さ全体に沿って鋸歯状のエッジが存在することを必要としており、トラックはデータセクタ対サーボセクタに割当てられていない。したがって、このようなシステムからのリードバック信号は、トラックに沿うすべての場所において、データ信号およびサーボ信号を含む。

【特許文献1】米国特許出願第10/077,200号

10

【特許文献2】米国特許第5,739,972号

【非特許文献1】S.E.ランバート、I.L.サンダーズ、A.M.パトラッチ、M.T.クロンビ、S.R.ヘツラー「ディスクリートトラックを超えて：パターンド媒体の他の側面」応用物理ジャーナル、第69巻(8)、1991年4月15日、第4724-4726頁

【非特許文献2】青山勉、佐藤勇武、石尾俊二「パターンド磁気記録媒体の作成方法と磁気的特性」応用物理第72巻第3号、第0298-0303頁(2002)

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

概要

本発明に従い、ディスクリートトラック記録(DTR)ディスクのサーボセクタのみにおいて、ランドの側壁が所定の態様で空間変調されるのに対し、データセクタにおける同ランドの側壁については、前記所定の態様の変調は行なわれない。このような発明の実施例において、実際側壁はデータセクタでは変調されないが、サーボセクタでは変調される。なお、実施例によっては、DTRディスクは2種類あってもよい。1つはサーボセクタのみにおいて溝が変調されたものであり、もう1つはサーボセクタおよびデータセクタ双方において溝が変調されたものである。

【0009】

多くの実施例では、サーボセクタにおいて、DTRディスクのランドの2つの側壁は、各々空間変調される。この空間変調は、たとえば各側壁の場所を、異なる2つの周波数 f_1 および f_2 のうち一方または他方で振動させることにより、行なわれる。所与のサーボセクタからのリードバック信号は、たとえばディスクが(たとえば1方向に磁化されることにより)DC消去されても、この変調(これら2つの周波数 f_1 および f_2 の成分)を含む。上記空間変調された側壁を有するサーボセクタによって、先行技術で必要であった種類のサーボ書込は不要になる。

30

【0010】

なお、データセクタのランドの側壁が変調されない実施例では、ディスクのDC消去後、このディスクのデータセクタからリードバックされる信号はない。このような実施例においては、データ信号はフィルタリングなしで読出される。それ以外の実施例では、データ信号はフィルタリングされるものの、上記変調(たとえば周波数 f_1 および f_2 の信号)を取り除くためにフィルタリングされるのではない。なぜなら、データセクタでは、ランドの側壁は全く変調されていないか、またはサーボセクタのように変調されていないからである。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

詳細な説明

ディスクリートトラック記録ディスク130(図1A)には、データの記憶を禁止する領域(「ギャップ」と呼ばれる)132i-1および132iによって分離される、信号を保持する多数の領域(「ランド」と呼ばれる)131i-1、131i、131i+1

50

(図1B参照)がある。ランド領域131iは「トラック」とも呼ばれる。なお、ディスク130の多くの実施例では、ギャップ領域132iは、図1Dに示されるように(ランド領域131iから)物理的に後退させた領域である溝によって実現されるが、これに代わる実施例では、ギャップ領域132iは、ランド領域と同じ高さであるが磁化できない材料を含む領域として実現される。このような代替実施例のディスク130については、磁化できない材料を、イオン注入によって形成してもよい。

【0012】

ディスク130の各ランド領域131i(図1A)は、ヘッドをディスクに対して位置決めするのに使用されるサーボセクタ121i(図1A)のような、複数のセクタで形成される。サーボセクタ121jは、2つのデータセクタ111jおよび111j+1の間

10

【0013】

本発明に従うと、ランド131iは、ランド131iを挟むギャップ領域132iおよび132i-1によって定められる2つの側壁133iおよび134i(図1B)を有する。側壁133iおよび134iは、サーボセクタ121jにおいて空間変調されるが、同側壁は、データセクタ111jおよび111j+1では変調されないままである。サーボセクタにおける各側壁の空間変調は、データセクタにおける同側壁の位置からの何らかの既知の変化とすることができ、この既知の変化は、回路102が検知する信号で認識される。いくつかの実施例では、図1Bの壁134iは、データセクタ111jにおけるノーマルベースライン(たとえばこのベースラインはディスク130の中心を基準とする円形または螺旋形)から、サーボセクタ121iにおける、上記ノーマルベースラインに対して(たとえば正弦波状に)空間振動する波形に、空間的に変形される。同様に、図1Bの壁133iもこのように空間変形されるが、その振動の周波数は壁134iの周波数と異なる。

20

【0014】

2つの側壁134iおよび133iの空間変調はわざと異なるようにされており、回路102は、ヘッド150がランド131iの上を空間移動するときこのヘッドの読取素子151が検知する信号の相違を認識するように、設計される。なお、ヘッド150は、主としてモータ105によるディスク130の回転によって生じる、ディスクとヘッド間の

30

【0015】

上記の例では、ランド131iの2つの側壁133iおよび134iは、それぞれ異なる2つの周波数f1およびf2で正弦波状に変調され、回路102は、リードバック信号の、これら特定の2つの周波数の成分間の相違を認識する。さらに、この実施例の回路102は、これら2つの周波数f1およびf2の成分間の振幅の相違を用いて、ヘッド150のランド131iに対する位置を求める。側壁133iおよび134iによって生じる信号間の相違は、この例では周波数変調に基づいているが、これ以外の実施例ではこれ以外

40

【0016】

加えて、図1Bでは、サーボセクタ121jにおける変調として正弦波状の波形が示されているが、波形は、これ以外の振動形状、たとえば、実施例に応じて予め定められる三角波(図3A)または方形波(図3B)または任意の形状(図示せず)でもよい。具体的に言うと、壁134iおよび133iは、サーボセクタ121jにおいて、たとえその形状は振動していなくとも、チャープ形状(図3C)またはスペクトル拡散形状に空間変調されてもよい。要約すると、サーボセクタ121jにおける側壁の具体的な空間形状は、読取素子151においてこの側壁から生成される信号を回路102が認識する限り、どのようなものにもすることができる。

50

【 0 0 1 7 】

加えて、多くの実施例において、同側壁はデータセクタでは変調されないままであるが、これに代わる実施例では、データセクタの側壁も、ベースライン（螺旋形または円形）に対し空間変調されてもよい。このベースラインとは、同側壁がサーボセクタにあるときに振動する際の中心となる線である。上記代替実施例では、側壁 1 3 3 i のデータセクタ 1 1 1 j および 1 1 1 j + 1 における変調は、サーボセクタ 1 2 1 j における変調と十分に異なるようにして、回路 1 0 2 がこれらの相違を識別できるようにしている。この代替実施例の一例では、側壁 1 3 3 i および 1 3 4 i は、サーボセクタ 1 2 1 j において、それぞれの周波数 f 1 および f 2 で正弦波状に変調され、これら側壁は、データセクタ 1 1 1 j および 1 1 1 j + 1 においても、それぞれの周波数 f 3 および f 4 で正弦波状に変調される。上記のように、多くの実施例においては、f 3 および f 4 は、0 に等しく、これらは、データセクタ 1 1 1 j および 1 1 1 j + 1 においては側壁 1 3 3 i および 1 3 4 i を変調しない。

【 0 0 1 8 】

ランド 1 3 1 i の、側壁 1 3 3 i および 1 3 4 i それぞれの中心線間の距離が、幅 W l a n d を定める（図 1 B）。いくつかの実施例では、（図 1 B において点線で示される）磁気抵抗ヘッド 1 5 0 の読取素子 1 5 1 の幅は、ランド幅 W l a n d とほぼ等しいかまたはそれよりも大きい。「ほぼ」という語は、ヘッド 1 5 0 が、サーボセクタにおいてランドの中心に置かれているときに、このランドの 2 つの側壁の変調を検知する機能の有効性を保証するのに十分近い、何らかの数値を指すことを、意味している。いくつかの実施例では、読取素子 1 5 1 の特定の幅 W r e a d は、通常の実験から求められ、この実験では読取素子の幅をランド幅 W l a n d の $\pm 10\%$ 以内となるように選択する。多くの実施例においては、読取素子の幅 W r e a d は、以下の上限值より小さい。

【 0 0 1 9 】

【数 1】

$$Wread - max = Wland + 2 * GAP - 2 * RTMR$$

【 0 0 2 0 】

「TW」はトラック幅であり、「GAP」はギャップの幅であり、RTMR は読取トラック位置ずれである。加えて、いくつかの実施例では、読取素子はランド幅より小さくされ、読取素子の幅 W r e a d の下限は以下の通りである。

【 0 0 2 1 】

【数 2】

$$Wread - min = (\frac{1}{2} * Wland)$$

【 0 0 2 2 】

本発明に従うと、読取素子 1 5 1 は、サーボセクタの少なくとも 1 つのフィールドにおいてランド 1 3 1 i の 2 つの側壁各々の空間変調を検知するのに十分な幅とされる。

【 0 0 2 3 】

なお、先の段落ではいくつかの制限について述べているが、読取素子 1 3 1 i の具体的な寸法は、実施例が異なれば異なるものであり、多くの実施例において、この寸法は、主として、データセクタ 1 1 1 j および 1 1 1 j + 1 の設計といった他の事項を考慮して決定される。いくつかの実施例においては、サーボセクタ 1 2 1 j の設計を考慮する限りにおいて、読取素子 1 3 1 i の設計も、ディスクドライブの回路 1 0 2 の、2 つの側壁の空間変調から検知される信号に対する感度（または感度の欠如）に依存し（多くの実施例ではこの感度は実験からわかる）、検知された信号の雑音にも依存する。ほとんどの実施例

において、2つの側壁から検知される信号は、駆動回路102が読取素子151の中心線をランド131iの中心に置く（たとえば実施例に応じ、所定の不確定範囲内で中心に置く）のに十分な、信号対雑音比（SNR）を有する。

【0024】

加えて、いくつかの実施例では、ヘッド150の書込素子152の幅Wwriteは、（a）トラック幅「Wland」、（b）ギャップ「GAP」の幅および（c）書込素子トラック位置ずれ「WTMR」に基づき、ある制限内に入るように、選択される。いくつかの実施例における書込素子152の幅Wwriteに対する下限Wwrite-minおよび上限Wwrite-maxは、以下のように表わされる。

【0025】

【数3】

$$Wwrite - min = Wland + WTMR$$

$$Wwrite - max = Wland + 2 * GAP - WTMR$$

【0026】

2つのTMRの各々、すなわち書込TMR（WTMR）および読出TMR（RTMR）は、双方ともに、ディスクドライブにおけるヘッド150の通常のトラック追従動作中に起こり得る、素子151および152それぞれの位置ずれの最大範囲を定める。

【0027】

なお、トラック間のピッチは、（Wland + GAP）であり、その値は実施例に依存する。たとえば、いくつかの実施例では、ピッチは300ナノメートルであるが、それ以外の実施例では、500ナノメートルという大きなピッチまたは50ナノメートルという小さなピッチを用いてもよい。所与の実施例におけるピッチの特定の値は、特定のドライブの設計に依存する。

【0028】

多くの実施例において、ランド幅Wlandを、たとえば2分の1ピッチまたは4分の3ピッチとなるように選択し得る。実施例によっては、ランド幅Wlandを、ピッチの40%から90%の範囲内の値を有するように選択してもよい。加えて、ギャップ幅GAPを、上記の係数に適合するよう、ピッチの10%から60%の間となるように選択してもよい。また、実施例によっては、ランド131iの側壁134iがサーボセクタ121jにおいて変調される振幅Waは、以下に示すように、ランド131iの幅Wlandの2分の1までのいずれかの値となるように選択してもよい。

【0029】

【数4】

$$0 < Wa \leq (0.5 * Wland)$$

【0030】

なお、側壁134iが空間振動する最大距離M（振動波形を変調に使用すると仮定）は、 $2 * Wa$ である（図1B参照）。

【0031】

図1Aおよび図1Bに示す例では、側壁が空間変調されたサーボセクタ121jが、側壁が変調されていない2つのデータセクタ111jおよび111j+1の間に挟まれる。サーボセクタ121jにおけるランド131iの側壁133iおよび134iを空間変調し、データセクタ111jおよび111j+1における同側壁を変調しないことには、ランド131iからのデータ信号を、サーボセクタ変調のためにフィルタリングせずに使用するという利点があり、そのため、データ信号を扱う回路102の一部分は、本明細書で

10

20

30

40

50

説明する種類のサーボセクタを有するディスクの使用時でさえ、通常の設計と変わらない。加えて、サーボセクタ 1 2 1 j のランド 1 3 1 i からのリードバック信号は、たとえ「D C」消去開始の場合でも、2つの側壁 1 3 3 i および 1 3 4 i の各々が変調される空間周波数 f_1 および f_2 の成分をもたらす。

【0032】

本発明の多くの実施例において、ランド 1 3 1 i の2つの壁 1 3 3 i および 1 3 4 i は、わずかに異なる2つの空間周波数で変調され、たとえば、壁 1 3 3 i は周波数 f_1 で変調され壁 1 3 4 i は周波数 f_2 で変調される。したがって、読取素子 1 5 1 が、サーボセクタ 1 2 1 j の上を空間移動する際に、磁界の変化として検知するリードバック信号は、周波数 f_1 および f_2 双方を含む。なお、読取素子 1 5 1 が検知するリードバック信号は、ランド 1 3 1 i の壁 1 3 3 i および 1 3 4 i の空間変調によって生じる磁界の変化によって形成される。通常のやり方で設計されるヘッド 1 5 0 は、サーボセクタ 1 2 1 j の上を空間移動するときに、このような磁界の変化を検出する。

10

【0033】

加えて、本発明に従うヘッド 1 5 0 は、通常の方法で、熱効果による信号を遮断または最小限にするようにも設計される。これは、米国特許第 5,739,972 号とは異なっており、この特許では、ヘッドは、ランドの鋸歯状にされたエッジによって生じる熱効果に対する感度が高くかつこの熱効果を検出することが求められる。なお、本発明のいくつかの実施例のディスク 1 3 0 は、磁化されて（たとえば D C 消去されて）、ヘッド 1 5 0 に所定の磁気応答を生じさせる。

20

【0034】

図 1 C に示されるように、これら2つの周波数 f_1 および f_2 の信号は、回路 1 0 2 (図 1 A) に含まれる検出器 1 0 7 A および 1 0 7 B によって検出し得る。各サーボセクタにおけるランドの2つの側壁の空間変調の振幅 W_a が同一であれば、リードバック信号の、これら周波数 f_1 および f_2 の振幅を、直接、これも回路 1 0 2 に含まれる比較器 1 0 8 によって、互いに比較してもよい。この2つの周波数の信号間の相違は、比較器 1 0 8 によって、位置エラー信号 (P E S) として、回路 1 0 2 内のアクチュエータエレクトロニクス (A E) モジュール 1 0 9 に、与えられる。A E モジュール 1 0 9 は、ヘッド 1 5 0 が置かれているアーム 1 0 3 の場所を、通常の態様で (P E S 信号に応答して) 制御する。

30

【0035】

なお、本明細書において説明する多くの実施例において、ディスク 1 3 0 は磁性材料の層を1層以上含む。たとえば、図 1 D において、磁性材料の層 1 8 0 は、基板 1 7 0 の上に示されている。基板 1 7 0 は、たとえば (a) ニッケルリンでめっきされたアルミニウムマンガンまたは (b) ガラスとすることができる。保護層 1 9 0 が磁性層 1 8 0 の上にあってもよい。なお、図 1 D に示した構成は例示に過ぎず、実施例によっては、追加の層があってもよく、層はより少なくてもよい。

【0036】

磁性層 1 8 0 は、たとえば基板 1 7 0 上でのスパッタリングにより形成されるコバルトクロムプラチナで形成されてもよい。なお、本発明のいくつかの実施例では、ディスク 1 3 0 の溝の深さ D_t は実施例に応じて 5 nm から 100 nm の範囲内としてよい。いくつかの実施例においては、ディスク 1 3 0 は、たとえば本明細書に引用により援用する米国特許出願第 10/077,200 号に記載されているように、ナノインプラントリソグラフィ (N I L) を用いて形成される。

40

【0037】

上記スタンパは、マスタディスクから形成され、ギャップが、下記の相違点以外は「N I L」方法で一般的に使用されるやり方で、電子ビームによって形成される溝によって定められる。電子ビームは、サーボセクタにおける (ギャップを実現するための) 溝の形成中に、(接線方向の運動に加え) 径方向内側および外側に向かって動くことにより、空間変調を生じさせる。いくつかの実施例では、上記電子ビームの内向きおよび外向きの動き

50

は、通常のやり方でキャパシタ上の電圧を変化させることによって実現してもよい。

【0038】

サーボセクタのフィールドにおける電子ビームの径方向の動きの周波数は、一方の f_1 または f_2 であり、いくつかの実施例では、この動きの周波数は、隣接する溝の形成に使用されていた、他方の f_1 または f_2 に依存する。具体的に言うと、ディスクが円形の溝を有しこの溝によってデータセクタの円形のランドを分離する場合（すなわち円形のトラック）、いくつかの実施例では、1つの溝は、すべてのサーボセクタに対し1つの空間振動周波数を有してもよい。これ以外の円形トラックの実施例では、溝の空間振動周波数は、隣接するサーボセクタで異なっている（たとえばあるサーボセクタでは f_1 であり、このサーボセクタの前後の2つのサーボセクタでは f_2 ）。螺旋形トラックを有する実施例では（図1Aに示すように）、振動周波数は、電子ビームにより、 360° の回転についてのすべてのサーボセクタにおいて同一に（たとえば f_1 に）保たれ、次に、別の 360° の回転についてのすべてのサーボセクタにおいて他方の振動周波数（たとえば f_2 ）に切換えられ、上記動作が繰返される。なお、図1Aでは 360° の回転についてのサーボセクタは5つしかないが、典型的には、多くの実施例において約100のサーボセクタがあり、実施例によっては200または300という多くのサーボセクタさえ使用することができる。

【0039】

ディスクにおけるランドの振動する側壁が確実に適切に形成されるようにするために、いくつかの実施例においてマスタディスク上で露光されるレジストは、露光速度の十分に大きな変動を許容するように予め選択される。その理由は、このような実施例では、電子ビームが径方向内側および外側に移動してサーボセクタで変調された側壁を有する（ギャップを定める）溝を形成するときに高速で移動する一方、変調されない溝は、電子ビームがデータセクタをこれよりも遅い速度（ほぼ固定された線形速度）で移動することによって形成されるからである。

【0040】

なお、いくつかの実施例では、周波数 f_1 および f_2 は、互いに異なっているものの、十分近くなるように選択され、たとえば互いの50%以内となるように選択されてもよい。このような実施例において周波数 f_1 および f_2 が近いことによって、2つの周波数検出器107Aおよび107B（図1C）からの信号が、ほぼ同時に比較に使用できるようになる。これに対し、もし周波数 f_1 が周波数 f_2 の数倍であったなら（代替のいくつかの実施例におけるように）、検出器107Aからの信号は、検出器107Bからの信号の数周期前に、使用できるようになる。したがって、周波数 f_2 の数倍の周波数 f_1 は、このような代替実施例のサーボセクタが、 f_2 が f_1 とほぼ等しい実施例で必要であるサーボセクタよりも、はるかに大きいことを必要とする。

【0041】

代替実施例では、変調（たとえば周波数および/または振幅）を区別可能な2つの信号を使用してもよい。また、いくつかの実施例では、側壁の周期的な変調（たとえば方形波形状）の空間波長（したがって周波数 f_1 または f_2 ）は、溝の幅に匹敵するほど大きくなるように選択される。その理由は、電子ビームを使用してギャップを形成する際のビームの解像度および電力制御である。

【0042】

いくつかの実施例では図1Bに示すような種類の簡単なサーボセクタを使用するが、多くの実施例では、各サーボセクタに複数のパターンたとえば3つのパターン、4つのパターンまたは5つのパターンがある。たとえば、図2Aは、フィールドA、フィールドBおよびフィールドCといった重なり合う3つのパターンを含むサーボセクタから検知される信号を示しており、結果として得られる信号（上記のPES信号を形成するのに使用される）は、複数のトラックを横切る、ディスクの中心からの径方向の距離の関数としての、ほぼ連続する有効範囲をもたらす。具体的には、図2Aに示すように、フィールドAはフィールドBに重なり、フィールドBはフィールドCに重なっている。なお、図2Aに示し

た例では、径方向の距離は、トラックピッチ（すなわち隣接する２つのランドそれぞれの中心間の距離）を単位としており、たとえばｘ軸に沿う「２」という数字は、２つのトラックピッチを表わす。さらに、ｙ軸に沿う検知信号は、典型的にマイクロボルトで測定され、この信号は図２Ａでは正規化されて示される。

【００４３】

図２Ａに示す、重なり合うフィールドＡ－Ｃは、本発明に従い、データランドの側壁が位置するラインの場所を径方向にオフセットとすることによって実現してもよい。なお、図２Ｂの最上部において、フィールドＡが始まる前に、１つのデータランドの２つの側壁がライン１３３ＣＡおよび１３４ＣＡにある。２つの線１３３ＣＡおよび１３４ＣＡには、隣接するデータランドの側壁があり、これらの線は通常、ディスク全体として見た場合円形または螺旋形であるが、図２Ｂではほぼ線形である。なぜなら、これらの曲率は、図２Ｂを示す際の倍率では小さいからである。これら２つの線１３３ＣＡおよび１３４ＣＡは、フィールドＡの２つの側壁１３１ｉのサーボランド１３１ｉの（正弦波状のずれといった）変調の中央線を形成する。２つの側壁１３３ｉおよび１３４ｉ（この例では線１３３ＣＡおよび１３４ＣＡに対し正弦波状）はともに、本発明に従い、サーボセクタにおいて１つのフィールド「Ａ」を定める。

10

【００４４】

上記１つのフィールドは、典型的にはほとんどの実施例において不十分であり、これらの実施例では、上記フィールドＡと同じやり方で追加のフィールドが形成される。具体的に言うと、いくつかの実施例では、第２のフィールドＢの側壁１３３ｉの中心線１３３ＣＢが、フィールドＡの対応する中心線１３３ＣＡから径方向にオフセットされる。このオフセットは、ピッチの整数の分数１／Ｎであり、ここでＮは整数である。分数が小さいほど、フィールド間の信号の重なりは大きく、ヘッドがトラックを横切る際のサーボ信号の連続性は良くなる。たとえば、第２のフィールドＢ内の側壁１３３ＣＢは、第１のフィールドＡにおけるランド１３１ｉの中心線（図示せず）の径方向の場所にあってもよい。また、第３のフィールドＣでは、上記側壁１３３ｉの中心線１３３ＣＣは、第１のフィールドＡの側壁１３４ｉの中心線（図示せず）の径方向の場所と同じ径方向の場所にあってもよい。なお、図２Ｂでは、側壁１３３ｉを定める第１のフィールドＡのギャップ１３３ＧＡは、これらのギャップを形成するのに使用されるプロセスのため（たとえばマスタディスクの形成時に電子ビームのスイッチオフによって形成される場合）、第２のフィールド

20

30

【００４５】

隣接するフィールド「Ａ」および「Ｂ」において線１３３ＣＡおよび１３３ＣＢが径方向に分離される距離（すなわちそれぞれの側壁が中心に置かれる場所）は、多くの要素に依存しており、それはたとえば、ＰＥＳ信号の形成に使用されるサーボフィールドの数、サーボフィールドに利用できるスペースの量、トラックのピッチ、上記ディスクを使用するディスクドライブのサーボ回路の複雑度、およびそれ以外のドライブ設計パラメータである。図２Ｃは、６つのフィールドを使用する代替実施例におけるサーボセクタの変調された側壁を示す。

【００４６】

ヘッド１５０は、ランド１３１ｉ＋１の場所２１１の上を空間移動するときに、フィールドＡにおける２つの周波数ｆ１およびｆ２を検知する（検知された２つの周波数の信号はヘッドがランド上の中心にあるときは等しい）。ヘッド１５０は、場所２１２にあるときには、フィールドＢにおける周波数ｆ１のみを検知する（検知された信号は、ヘッドの読取素子のエッジが、ランドのエッジ部分においてギャップに向かう方向における最大偏位のときに最大となる）。ヘッド１５０は、場所２１３にあるとき、フィールドＣにおける周波数ｆ２およびｆ１を検知する。図２Ｂに示されるような種類のマルチフィールドサーボセクタを横切って空間移動するときに検知される、これら２つの周波数の信号の振幅は、図１Ｂに示されるような種類の単一フィールドサーボセクタを横切って空間移動する際よりも望ましいＰＥＳ信号をもたらす。

40

50

【 0 0 4 7 】

図 2 B に示されるような種類のフィールドの 1 周期において、フィールド「A」、「B」および「C」は、ヘッドの移動方向（すなわち方位角方向）にずらされてこれらを時間的に分離し、径方向には、データトラックのピッチの分数であるピッチ（サーボピッチ）だけ、ずらされる。次の周期は、同一の方位角位置をカバーするが、図 2 B のフィールド A によって示されるように、1 データトラック分だけ、径方向にずらされる。1 周期では、所与の周波数（たとえば f_1 ）がランドの左側にあり、次のサイクルでは、この所与の周波数（たとえば f_1 ）はランドの右側にある。このように、2 つの周波数 f_1 および f_2 の相対位置を用いて「偶数」および「奇数」トラックを識別している。たとえば、「奇数」トラックは、左側および右側でそれぞれ周波数 f_1 および f_2 を有するが、「偶数」トラックは、左側および右側でそれぞれ周波数 f_2 および f_1 を有する。

【 0 0 4 8 】

なお、アクティブサーボフィールドからのサーボ信号が所定の振幅に達すると（ヘッドがランドに対し中心にあることを示す）、回路 1 0 2 のサーボエレクトロニクスは、適切な、方位角方向において隣接するフィールドを自動追跡する。したがって、多くの実施例ではサーボピッチは小さく保たれて、フィールドごとの位置エラー信号がうまく重なり合うようにする。複数のサーボフィールド A - C および A - C は、ヘッドがランド 1 3 1 i（図 2 B）の中心にあり、さらなる情報が読出されて、ヘッドが位置する特定のトラックを（他の多くのトラックから）見分けることを確実にする。

【 0 0 4 9 】

サーボフィールドの例が、以下に示すパラメータを観点として示される。W l a n d がトラック幅であり G A P がギャップ幅であるとする、ピッチ P は、W l a n d + G A P である（ $P = W l a n d + G A P$ ）。加えて、ウォブル振幅 W a を実質的に W l a n d / 2 より小さく保たれるようにして、トラックの 2 つのエッジ間の干渉を回避する。N が 1 周期におけるサーボフィールドの数（整数）であるとする、 $S P = P / N$ は、サーボフィールドの径方向オフセットである（すなわち 2 つのフィールド間の距離）。以下の表では、すべての数字の単位はナノメートルであり、例外として「N」の列では数字は個数を表わす。なお、M の列は側壁の空間変調のピーク - ピーク振幅 $2 * W a$ である（図 2 A 参照）。

【 0 0 5 0 】

【表 1】

例	Wland	GAP	M	P	N	SP
A	80	40	30	120	3	40
B	80	40	30	120	4	30
C	80	80	30	160	3	53.3
D	80	80	30	160	4	40

【 0 0 5 1 】

上記の表では、例 B は、例 A より、必要なサーボセクタのスペースは多く、 $4 / 3$ であるが、エラー関数間隔は小さく、 $3 / 4$ であり、結果として望ましく重なり合っている。例 D のエラー曲線はより延びているが、エラー関数間隔は例 A と同じであり、したがって重なりはいくぶん望ましいものとなっている。

【 0 0 5 2 】

当業者には、この開示に鑑みれば、本明細書に記載される実施例の多数の変形例および適応例が明らかになるであろう。たとえば、いくつかの実施例ではエンボス加工を用いてディスク 1 3 0 を形成し、このようなディスクは、図 5 A および 5 B に示されるように他の製造方法で形成できる。具体的に言うと、図 5 A では、基板 1 7 0 は平坦であるが、磁

性層 180 および保護層 190 は、たとえば層 180 のエッチングによって形成された溝 132 i、132 i - 1、132 i - 2などを有し、ランド間のギャップを実現する。

【0053】

図 5 B に示される実施例では、基板 170 はここでも平坦であるが、磁性層 180 には、たとえばイオン注入によって磁化しないようにされるいくつかの領域 161 および 162 がある。磁化されない領域 161 および 162 は、ランド 131 i - 1、131 i および 131 i + 1 間のギャップの代わりに、固体領域である。この実施例のランド 131 i - 1、131 i および 131 i + 1 は磁化可能であり、実際磁化され、これは図 1 A - 1 D を参照して先に述べたとおりである。具体的に言えば、図 5 B では、ランド 131 i - 1、131 i、131 i + 1 が、データセクタにおいて、磁化されるトラックを形成する（サーボセクタでは実施例に応じ磁化されるか DC 消去される）。磁化不能領域 161 および 162 は、（例示を簡単にするために）変調されないものとして図 5 B に示されているが、実際は、本発明に従いサーボセクタにあるときは（たとえば図 5 A に示されるように）空間変調される。

10

【0054】

加えて、いくつかの実施例では、本明細書で述べた種類の、変調されるサーボセクタは、DC 消去されるが（すなわち 1 方向に磁化される）、それ以外の実施例では、高周波キャリア信号（たとえば 100 MHz）が磁性層 180 で符号化される。このような実施例では、サーボ信号周波数 f_1 および f_2 は、キャリア信号の測波帯として、読取素子で検知された信号からデコードされる。検知される特定の周波数 f_1 および f_2 は、モータ 105 によってディスク 130 が回転する速度に依存する（これはディスクドライブの設計パラメータである）。

20

【0055】

図 4 A および 4 B に示されるように、2 つの測波帯 410 は、増幅されると、26 MHz および 28.6 MHz のピーク 411 および 412 として、個々に区別可能である。ピーク 411 および 412 はともに、この実施例のサーボセクタの単一のトラック（すなわち単一のランド）の 2 つの側壁の空間変調を表わす。なお、2 つのピーク 411 および 412 は、ヘッドがトラックの中心にあるときは同一の振幅である。2 つのピーク間の振幅の相違は、いくつかの実施例においてヘッドを中心に置くために使用される。図 4 A および 4 B に示される実施例では、磁性層はサーボセクタにおいて DC 消去され、検知される信号は、各側壁についてピークを 1 つしか有さない（各ランドについて合計 2 つのピーク）。すなわち測波帯はない。

30

【0056】

これに対し、図 4 C および 4 D に示す例では測波帯があり、トラックは搬送周波数 f_0 （ピーク 431 で示されるように 165.8 MHz）で磁化され、 f_0 は、振幅が最も大きいピークであることから、識別される。この例では、この f_0 のピーク 431 の両側にある、より小さい 2 つのピーク 432 A および 432 B は、周波数 f_2 で空間変調された 1 つの側壁が寄与していることを表わす。この 1 つの側壁は、それぞれの周波数が $f_0 + f_2$ および $f_0 - f_2$ である 2 つのピーク 432 A および 432 B を生じさせる。もう 1 つの側壁は、周波数 f_1 で空間変調されたために、それぞれの周波数が $f_0 + f_1$ および $f_0 - f_1$ である 2 つのピーク 433 A および 433 B に寄与する。図 4 C および 4 D の例では、値は $f_1 = 29.00 \text{ MHz}$ および $f_2 = 26.36 \text{ MHz}$ である。なお、これらの f_1 および f_2 の値と同じ値が図 4 A および 4 B でも使用されている。

40

【0057】

図 4 C および 4 D に示された搬送周波数がゼロでない実施例では、隣接する 2 つのピーク各々間の相違を平均し、ヘッドをトラック上で中心に置くフィードバック信号を得る。具体的に言うと、ピーク 432 A および 433 A 間の振幅の相違を、ピーク 433 A および 433 B 間の振幅のもうひとつの相違に加算し、結果として得られる合計を 2 分の 1 にして、フィードバック信号を得る（これは図 1 C に示されるアクチュエータエレクトロニクスモジュール 109 に与えられる）。

50

【 0 0 5 8 】

なお、いくつかの実施例では、キャリア信号だけではなく、それ以外の追加情報をさらに、サーボセクタのランドの磁性層 180 に符号化する。この追加情報を、ヘッドがどのトラックの上を空間移動しているのか識別するのに使用する。このような 1 つの実施例では、キャリア信号は 400 MHz でサーボセクタの磁性層 180 に記録され、1 ビットの情報が、各セクタのキャリア信号に、たとえばサーボセクタのすべての磁区を移動方向またはこの移動方向と反対の方向に整列させることにより、(4 MHz で) 埋込まれる。ディスクに 360° で 100 のサーボセクタがあれば、100 ビットの追加情報をこのやり方で符号化すればよい。これら 100 ビットは、この実施例において独自のトラック識別子を符号化する。

10

【 0 0 5 9 】

また、上記では、側壁はいくつかのディスクのサーボセクタにおいて連続的に変調されるものとして説明しているが、これ以外のディスクがその側壁をサーボセクタにおいて不連続に空間変調してもよい。これはたとえば側壁の存在および不在を単純に変調することによって行なわれる(すなわち変調が存在する側壁または不在の側壁を構成することにより、バイナリ符号化を行なう)。このような 1 つのディスク(図 3C)は、空間変調を用いており、ランドには、一方で長さ L1 (たとえば 100 nm) の側壁が断続し、もう 1 つの側では異なる長さ L2 (たとえば 150 nm) の側壁が断続している。これら 2 つの側壁によって、回路 102 が検出する、2 つの異なる波長の方形波信号が、読取素子に発生する。

20

【 0 0 6 0 】

いくつかの実施例では、ビームを揺れさせることができるまたはビームをオンオフさせることができる電子ビームレコーダにおいて、マスタディスクが作製される。これら実施例では、電子ビームレコーダは、サーボセクタのランドのエッジに予め規定された変調を形成する。形成される変調に応じて、電子ビームレコーダは、変調の振幅および周期性に対して、ビームがどれだけの速度で移動可能か、レジストが一回の電子供給における露出に對しいかに反応するかなどの制限を課す。このように、これらの制限が、こうした実施例におけるディスクのランドの側壁の変調の設計の際に考慮される。

【 0 0 6 1 】

本発明の範囲および添付の特許請求の範囲は、本明細書において述べた実施例の変形例および適応例を数多く含む。

30

【 0 0 6 2 】

上記説明および図面において使用されているいくつかの記号のリストを以下に示す。

【 0 0 6 3 】

W a - 側壁変調の振幅

W l a n d - ランドの幅

G A P - 隣接するランドの対向する側壁間の距離

W r e a d - m a x - ヘッドの読取素子の最大幅

W r e a d - m i n - ヘッドの読取素子の最小幅

W w r i t e - m a x - ヘッドの書込素子の最大幅

W w r i t e - m i n - ヘッドの書込素子の最小幅

R T M R - 読取素子のトラック位置ずれ

W T M R - 書込素子のトラック位置ずれ

P - ピッチすなわち隣接する 2 つのランド間の距離

N - 1 つのピッチにおけるサーボフィールドの数

1 / N はフィールド間の距離をピッチを単位として表わしたものである。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 4 】

【 図 1 A 】 磁気ディスクドライブのブロック図であり、この磁気ディスクドライブのサーボセクタ 121 j のランドは、図 1 B に詳細を示すように、本発明に従い変調されている

50

。

【図 1 B】図 1 A の磁気ディスクドライブのアーム 1 0 3 の下にある、ディスク 1 3 0 の領域の拡大図であり、データセクタ 1 1 1 j および 1 1 1 j + 1 の変調されない側壁間にあるサーボセクタ 1 2 1 j の変調された側壁を示す。

【図 1 C】図 1 A の磁気ディスクドライブの回路のブロック図である。

【図 1 D】図 1 B のディスク構造の一例を示す、図 1 B の 1 D - 1 D の方向に沿った立体断面図である。

【図 2 A】本発明のいくつかの実施例におけるサーボセクタの 3 つのフィールド「A」、
「B」および「C」間の位置エラー信号 (P E S) の重複をグラフで示す図である。

【図 2 B】一実施例において図 2 A の重複する P E S 信号を実現するのに使用される、図 1 B に示した種類のサーボ領域にある、径方向にオフセットした 3 つのフィールドの拡大図である。

10

【図 2 C】代替実施例において図 2 A に示した種類の重複する P E S 信号を実現するのに使用される、径方向にオフセットした 6 つのフィールドを有するサーボセクタを示す図である。

【図 3 A】正弦曲線以外の空間変調を用いた、図 1 B に示した種類のディスクの代替実施例を示す図である。

【図 3 B】正弦曲線以外の空間変調を用いた、図 1 B に示した種類のディスクの代替実施例を示す図である。

【図 3 C】正弦曲線以外の空間変調を用いた、図 1 B に示した種類のディスクの代替実施例を示す図である。

20

【図 4 A】側壁の空間変調から得られる信号を (y 軸上に) グラフで示す図であり、ここでは磁性層は、D C 消去され、周波数 (x 軸) の関数として、検知されている。

【図 4 B】側壁の空間変調から得られる信号を (y 軸上に) グラフで示す図であり、ここでは磁性層は、D C 消去され、周波数 (x 軸) の関数として、増幅されている。

【図 4 C】側壁の空間変調から得られる信号を (y 軸上に) グラフで示す図であり、ここでは磁性層は、搬送周波数 f 0 で磁化され、周波数 (x 軸) の関数として、検知されている。

【図 4 D】側壁の空間変調から得られる信号を (y 軸上に) グラフで示す図であり、ここでは磁性層は、搬送周波数 f 0 で磁化され、周波数 (x 軸) の関数として、増幅されている。

30

【図 5 A】本発明に従う代替実施例の断面図であり、磁性層はエッチングされてギャップを形成している。

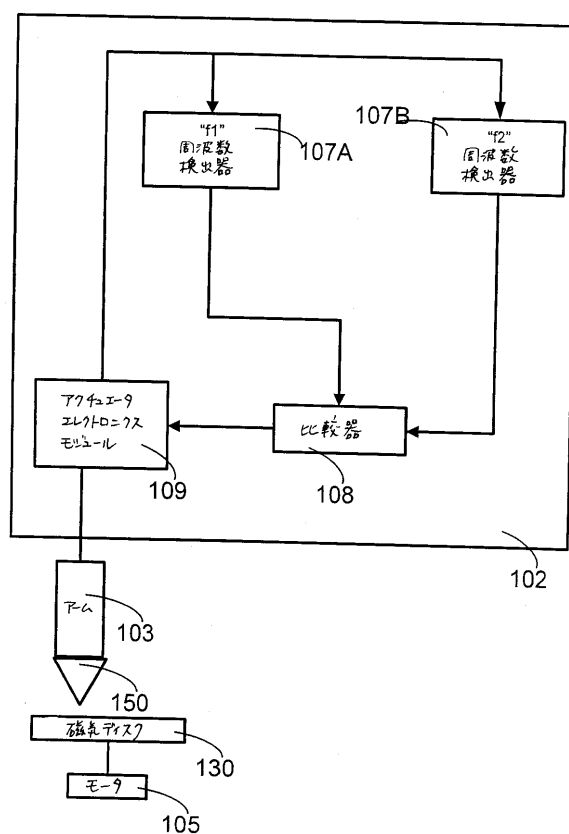
【図 5 B】本発明に従う代替実施例の断面図であり、磁性層はギャップの代わりとして磁化不能にされている。

【符号の説明】

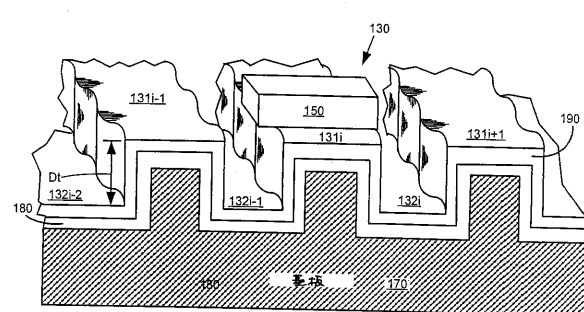
【0 0 6 5】

1 1 1 j データセクタ、1 2 1 j サーボセクタ、1 3 0 ディスク、1 3 3 i 側壁、1 3 4 i 側壁。

【 ㊦ 1 C 】

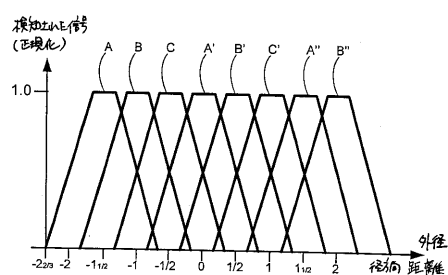


【 ㊦ 2 B 】

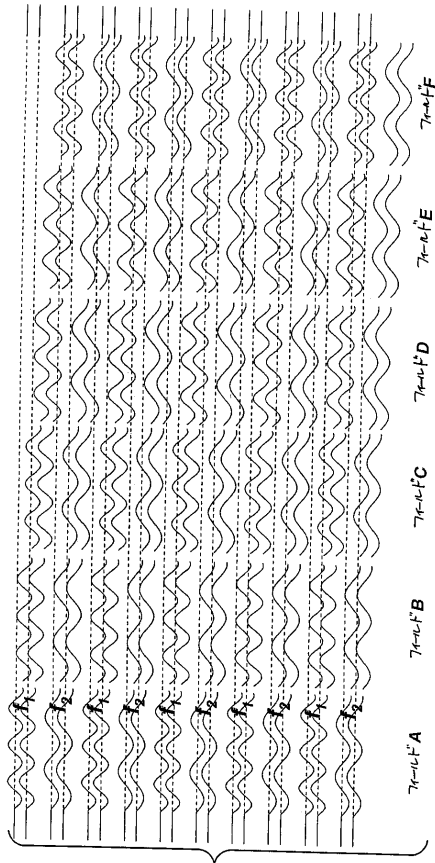


The figure shows four groups of helical structures labeled A, B, C, and A'. Each group contains three individual helix diagrams. Helices are represented by wavy lines with vertical dashed lines indicating specific points or planes.

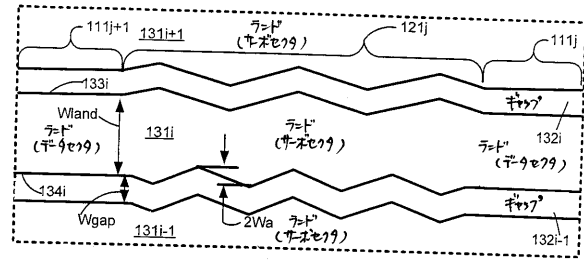
- Group A:** Labeled with $\gamma_0 - \alpha_1$. The first helix has labels 133CA, 133I, and 134A. The second helix has labels 134I and 211. The third helix has label 211. A dimension L is indicated between the first two helices. A horizontal arrow at the top right indicates a distance of 2^*w_a .
- Group B:** Labeled with $\gamma_0 - \alpha_1'$. The first helix has labels 133GA and 133CB. The second helix has label 212. The third helix has no specific labels. A dimension L is indicated between the first two helices.
- Group C:** Labeled with $\gamma_0 - \alpha_1''$. The first helix has label 133CC. The second helix has label 213. The third helix has no specific labels. A dimension L is indicated between the first two helices.
- Group A':** Labeled with $\gamma_0 - \alpha_1'''$. It consists of three helices with no specific labels. A dimension L is indicated between the first two helices.



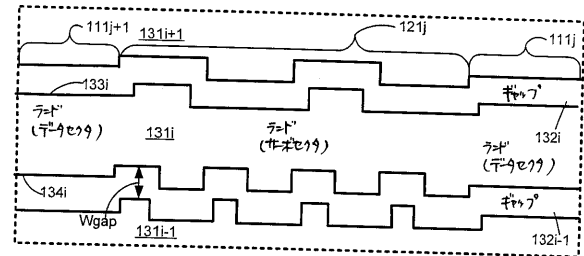
【図 2 C】



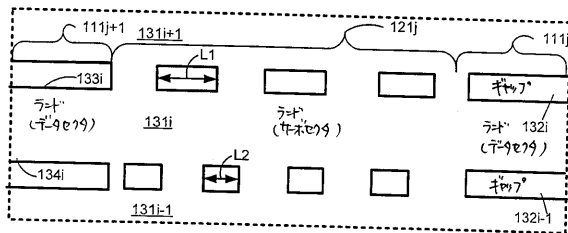
【図 3 A】



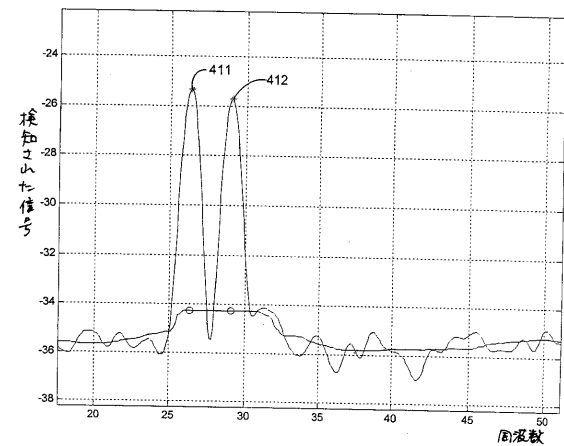
【図 3 B】



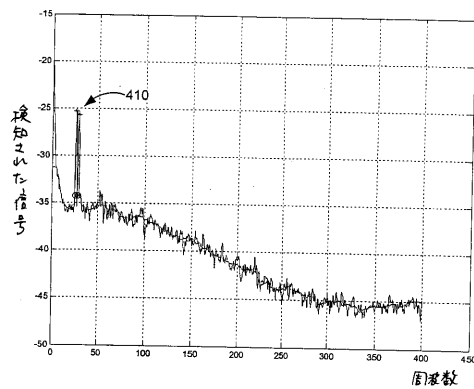
【図 3 C】



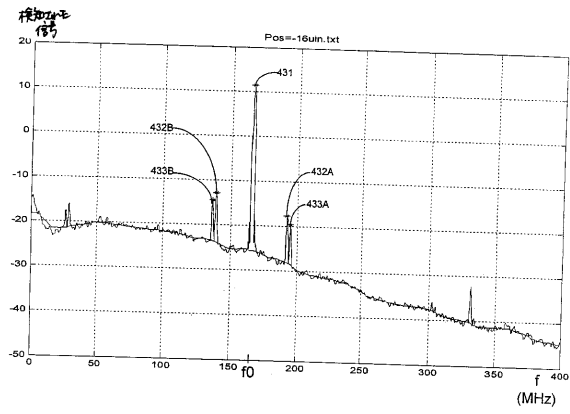
【図 4 B】



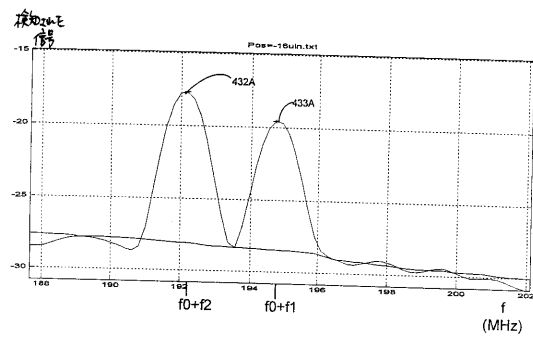
【図 4 A】



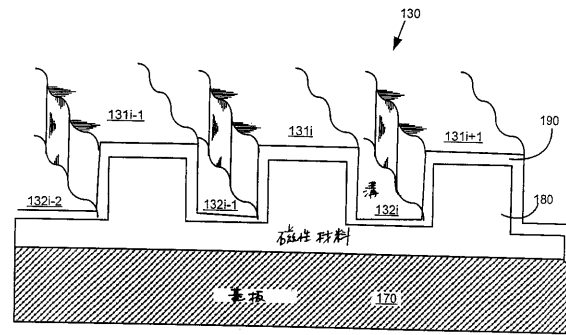
【図 4 C】



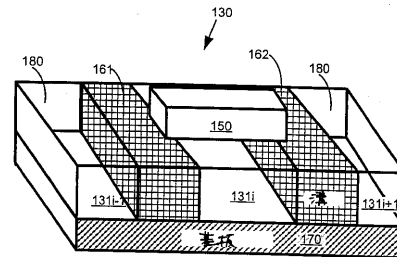
【図 4 D】



【図 5 A】



【図 5 B】



フロントページの続き

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 將行

(72)発明者 デービッド・ワヘンシュワッツ

アメリカ合衆国、9 5 0 7 0 カリフォルニア州、サラトガ、コビーナ・コート、1 2 0 6 6

(72)発明者 デービッド・トレーブ

アメリカ合衆国、9 4 3 0 6 カリフォルニア州、パロ・アルト、フェルネ・アベニュー、4 7 9

F ターム(参考) 5D096 AA02 BB01 EE03 GG01