

(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2007-207349

(P2007-207349A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/02 T	5D033
G 1 1 B 21/21 (2006.01)	G 1 1 B 21/21 D	5D042
G 1 1 B 5/60 (2006.01)	G 1 1 B 5/60 Z	5D059
G 1 1 B 11/10 (2006.01)	G 1 1 B 11/10 5O2Z	5D075
G 1 1 B 11/105 (2006.01)	G 1 1 B 11/105 566C	5D091
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2006-25387 (P2006-25387)
 (22) 出願日 平成18年2月2日(2006.2.2)

(71) 出願人 000003067
 TDK株式会社
 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
 (74) 代理人 100074930
 弁理士 山本 恵一
 (72) 発明者 島沢 幸司
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
 (72) 発明者 田上 勝通
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

Fターム(参考) 5D033 AA05 BA12 BB43 BB51 CA02
 5D042 NA02 PA01 PA09 QA01
 5D059 AA01 BA01 CA14 DA14 EA02
 5D075 AA03 CC04 CE17 CF08
 5D091 AA08 CC04 CC18 CC24 HH20

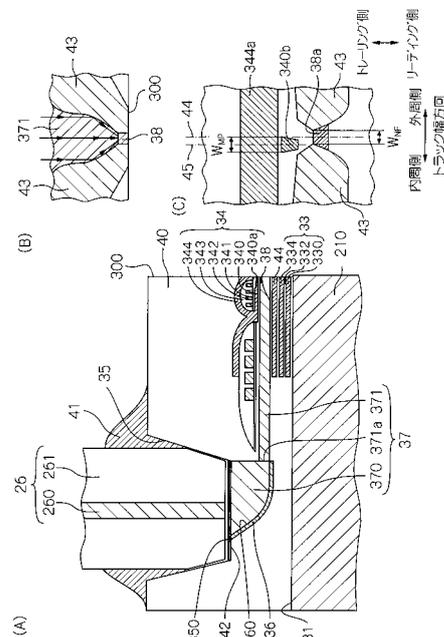
(54) 【発明の名称】 近接場光発生部を備えた薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 熱アシスト磁気記録において、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去がなく、所定のトラックのみに確実に書き込みが行われる薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 媒体対向面及び媒体対向面に垂直な素子形成面を有する基板と、媒体対向面側のヘッド端面に達した磁極端を有する、データ書き込み用の電磁コイル素子と、媒体対向面側のヘッド端面に達した発生端を有する、近接場光を発生させて磁気ディスクの書き込むべき部分を加熱するための近接場光発生部とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、媒体対向面側のヘッド端面上での構成として、発生端が磁極端に近接してリーディング側に位置しており、発生端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線が、磁極端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線からずれている薄膜磁気ヘッドが提供される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

媒体対向面及び該媒体対向面に垂直な素子形成面を有する基板と、該素子形成面に形成されており該媒体対向面側のヘッド端面に達した磁極端を有する、データ書き込み用の電磁コイル素子と、該素子形成面に形成されており該媒体対向面側のヘッド端面に達した発生端を有する、近接場光を発生させて磁気ディスクの書き込むべき部分を加熱するための近接場光発生部とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、

前記媒体対向面側のヘッド端面上での構成として、前記発生端が前記磁極端に近接して、前記磁極端のリーディング側に位置しており、該発生端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線が、該磁極端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線からずれていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

10

【請求項 2】

前記発生端の前記中心線が、前記磁極端の前記中心線から、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向にずれていることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記発生端の前記媒体対向面側のヘッド端面上での形状がトレーリング側に短辺を有する正台形であり、前記磁極端の該媒体対向面側のヘッド端面上での形状がトレーリング側に長辺を有する逆台形であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記近接場光発生部に照射される光の光路を含む導波路部が設けられており、該近接場光発生部が、該導波路部の該媒体対向面側の端に接していることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッド。

20

【請求項 5】

前記近接場光発生部が、前記媒体対向面側のヘッド端面に向かって先細りした形状を有する誘電体層又は金属層であることを特徴とする請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドと、該薄膜磁気ヘッドを支持する支持機構と、前記電磁コイル素子のための信号線と、該薄膜磁気ヘッドが磁気抵抗効果素子を備えている場合は該磁気抵抗効果素子のための信号線とを備えており、前記近接場光発生部に光を照射するための光ファイバをさらに備えていることを特徴とするヘッドジンバルアセンブリ。

30

【請求項 7】

前記薄膜磁気ヘッドは、トラック幅方向に垂直又は略垂直である自身の中心線が前記支持機構の長手方向の中心線に対して斜めになるように、該支持機構に固着されていることを特徴とする請求項 6 に記載のヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項 8】

前記薄膜磁気ヘッドの前記中心線のトレーリング側が、前記支持機構の前記中心線に対して、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向に向いていることを特徴とする請求項 7 に記載のヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項 9】

請求項 6 から 8 のいずれか 1 項に記載のヘッドジンバルアセンブリを少なくとも 1 つ備えており、少なくとも 1 つの磁気ディスクと、前記光ファイバに光を供給するための光源と、該少なくとも 1 つの磁気ディスクに対して前記薄膜磁気ヘッドが行う書き込み及び読み出し動作を制御するとともに、前記光源の発光動作を制御するための記録再生及び発光制御回路とをさらに備えていることを特徴とする磁気ディスク装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号磁界の書き込み及び読み出しを行う薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを備えたヘッドジンバルアセンブリ(HGA)及びこのHGAを備えた磁気ディスク装

50

置に関する。特に、本発明は、近接場光を利用して熱アシスト磁気記録方式により信号の書き込みを行う垂直磁気記録用薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを備えたHGA及びこのHGAを備えた磁気ディスク装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気ディスク装置の高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドのさらなる性能の向上が要求されている。薄膜磁気ヘッドとしては、読み出し用の磁気抵抗(MR)効果素子と書き込み用の電磁コイル素子とを積層した構造である複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられており、これらの素子によって磁気記録媒体である磁気ディスクに信号データが読み書きされる。

10

【0003】

磁気記録媒体は、いわば、磁性微粒子が集合した不連続体であり、それぞれの磁性微粒子は単磁区構造となっている。ここで、1つの記録ビットは、複数の磁性微粒子から構成されている。従って、記録密度を高めるためには、磁性微粒子を小さくして、記録ビットの境界の凹凸を減少させなければならない。しかし、磁性微粒子を小さくすると、体積減少に伴う磁化の熱安定性の低下が問題となる。

【0004】

磁化の熱安定性の目安は、 $K_U V / k_B T$ で与えられる。ここで、 K_U は磁性微粒子の磁気異方性エネルギー、 V は1つの磁性微粒子の体積、 k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度である。磁性微粒子を小さくすることは、まさに V を小さくすることであり、そのままでは $K_U V / k_B T$ が小さくなって熱安定性が損なわれる。この対策として、同時に K_U を大きくすることが考えられるが、この K_U の増加は、媒体の保磁力の増加をもたらす。これに対して、磁気ヘッドによる書き込み磁界強度は、ヘッド内の磁極を構成する軟磁性材料の飽和磁束密度でほぼ決定されてしまう。従って、保持力が、この書き込み磁界強度の限界から決まる許容値を超えると書き込みが不可能となってしまふ。

20

【0005】

この磁化の熱安定性の問題を解決する第1の方法として、面内磁気記録方式から垂直磁気記録方式への移行が考えられる。垂直磁気記録媒体では記録層厚をより大きくすることが可能であり、結果として、 V を大きくして熱安定性を向上させることができる。第2の方法として、パターンドメディアの使用が考えられる。通常の磁気記録では、上述したように1つの記録ビットを N 個の磁性微粒子によって構成して記録しているが、パターンドメディアを用いて、1つの記録ビットを体積 NV の1つの領域とすることによって、熱安定性の指標が $K_U NV / k_B T$ となり飛躍的に向上する。

30

【0006】

熱安定性の問題を解決する第3の方法として、 K_U の大きな磁性材料を用いるが、書き込み磁界印加の直前に、媒体に熱を加えることによって、保磁力を小さくして書き込みを行う、いわゆる熱アシスト磁気記録方式が提案されている。この方式は光磁気記録方式と一見類似しているが、光磁気記録方式は空間分解能を光に持たせているのに対し、熱アシスト磁気記録方式は空間分解能を磁界に持たせている。

【0007】

従来、提案されている熱アシスト磁気記録方式として、例えば、特許文献1においては、基板上に形成された円錐体等の形状をした金属の散乱体と、その散乱体の周辺に形成された誘電体等の膜とを備えた近接場光プローブを用いる光記録方式に関する技術が開示されている。また、特許文献2においては、記録再生装置において固体イメージング・レンズを用いたヘッドを利用し、光磁気ディスクに超微細な光ビームスポットで超微細な磁区信号を記録する技術が開示されている。さらに、特許文献3においては、内蔵したレーザ素子部からの光を、媒体に対向した微小光学開口に照射して熱アシストを行う技術が開示されている。

40

【0008】

また、特許文献4には、近接場光プローブを構成する散乱体を、その照射される面が記

50

録媒体に垂直となるように、垂直磁気記録用単磁極書き込みヘッドの主磁極に接して形成された構成が開示されている。さらに、特許文献5には、レーザ光源を備えた記録再生ヘッドにおいて、記録用磁気ヘッドの磁極の幅 W_w とレーザ光源により加熱される幅 T_{ww} との関係が規定されている。

【0009】

さらに、非特許文献1には、水晶のスライド上に形成されたU字状の近接場光プローブを用いて近接場光と磁界とを発生させ、70nm程度のトラック幅を有する記録パターンを形成する技術が開示されている。また、非特許文献2には、光がよく透過する回折格子を、光がほとんど透過しない回折格子を突き当てて結合したグレーティングを有する光加熱素子が開示されている。一方、光の導入に光ファイバを用いる例として、特許文献6において、斜めに切断した光ファイバ等の端面に、ピンホールが形成された金属膜を設けた構成が開示されている。また、特許文献7には、光ファイバから出射したレーザ光を適切にレンズ光学系に向けるための可動ミラーを備えた光学式浮上ヘッドが開示されている。

10

【0010】

以上に記載した技術のうち、光ファイバ等からのレーザ光を、近接場光の発生手段に照射することにより近接場光を発生させて、この近接場光によって媒体を加熱する方法は、所望の強度を有する微細な近接場光を比較的容易に得られることから、非常に有望と考えられる。

【0011】

【特許文献1】特開2001-255254号公報
 【特許文献2】特開平10-162444号公報
 【特許文献3】特開2001-283404号公報
 【特許文献4】特開2004-158067号公報
 【特許文献5】国際公開第01/06498号パンフレット
 【特許文献6】特開2000-173093号公報
 【特許文献7】特表2002-511176号公報
 【非特許文献1】Shintaro Miyanishi等 "Near-field Assisted Magnetic Recording" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 41, NO. 10, 第2817頁~第2821頁, 2005年

20

30

【非特許文献2】庄野敬二, 押木満雅 「熱アシスト磁気記録の現状と課題」 日本応用磁気学会誌, VOL. 29, NO. 1, 第5頁~第13頁, 2005年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、上述した近接場光発生手段を、垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドに適用した場合、スキュー角の影響によって、隣接トラックに不要な書き込みや消去がなされる不都合が生じ得るという問題が発生していた。

【0013】

一般に、垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドにおいて、主磁極端のヘッド端面における形状は、トレーリング側に長辺を有する台形となっている。すなわち、主磁極端の形状の側面には、ロータリーアクチュエータでの駆動により発生するスキュー角の影響によって、書き込み対象であるトラックに隣接したトラック(隣接トラック)に不要な書き込みや消去等を及ぼさないように、ベベル角が付けられている。しかしながら、近接場光発生手段をこの垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドに適用した場合、このヘッド端面における近接場光発生手段の端の位置及び形状によっては、このスキュー角の影響によって、近接場光発生手段から発生する近接場光が、隣接トラックにも及んでしまい、主磁極端の位置及び形状によっては、この隣接トラックに不要な書き込みや消去を行ってしまう場合も生じ得る。

40

【0014】

50

これに対して、上述した特許文献5においては、記録用磁気ヘッドの磁極の幅 W_w とレーザ光源により加熱される幅 T_{ww} との関係を規定し、記録用磁気ヘッドと再生素子とのトラックに対する追従ずれを無くしている。しかしながら、この技術は、特に主磁極を有する垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドを対象とはしていない。このように、従来、熱アシスト磁気記録方式を垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドに適用した場合に生じる上述した特有の問題に対しては、明確かつ十分な対処法が打ち出されてこなかった。

【0015】

従って、本発明の目的は、熱アシスト磁気記録において、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去がなく、所定のトラックのみに確実に書き込みが行われる薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを備えたHGA及びこのHGAを備えた磁気ディスク装置を提供することにある。

10

【0016】

また、本発明の他の目的は、十分な量の近接場光を所定の位置及び範囲に印加することができる薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを備えたHGA及びこのHGAを備えた磁気ディスク装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明について説明する前に、明細書において使用される用語の定義を行う。基板の素子形成面に形成された磁気ヘッド素子の積層構造において、基準となる層よりも基板側にある構成要素を、基準となる層の「下」又は「下方」にあるとし、基準となる層よりも積層される方向側にある構成要素を、基準となる層の「上」又は「上方」にあるとする。

20

【0018】

本発明によれば、媒体対向面及びこの媒体対向面に垂直な素子形成面を有する基板と、この素子形成面に形成されており媒体対向面側のヘッド端面に達した磁極端を有する、データ書き込み用の電磁コイル素子と、この素子形成面に形成されており媒体対向面側のヘッド端面に達した発生端を有する、近接場光を発生させて磁気ディスクの書き込むべき部分を加熱するための近接場光発生部とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、媒体対向面側のヘッド端面上での構成として、発生端が磁極端に近接して磁極端のリーディング側に位置しており、発生端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線が、磁極端のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線からずれている薄膜磁気ヘッドが提供される。

ここで、この発生端の中心線が、磁極端の中心線から、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向にずれていることが好ましい。また、発生端の媒体対向面側のヘッド端面上での形状がトレーリング側に短辺を有する正台形であり、磁極端の媒体対向面側のヘッド端面上での形状がトレーリング側に長辺を有する逆台形であることが好ましい。

30

【0019】

このような構成を有する薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気ディスクの外周側のトラック上に位置する場合においても、内周側のトラック上に位置する場合においても、主磁極層の磁極端の幅で主に決まるトラック幅内に、近接場光発生部の発生端がおおよそ収まるように設定することができる。従って、発生端から発生する近接場光は、内外周にわたって隣接トラックにはほとんど及ばない。その結果、薄膜磁気ヘッドのスキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

40

【0020】

また、近接場光発生部に照射される光の光路を含む導波路部が設けられており、近接場光発生部が、この導波路部の媒体対向面側の端に接していることが好ましい。この際、近接場光発生部が、媒体対向面側のヘッド端面に向かって先細りした形状を有する誘電体層又は金属層であることも好ましい。

【0021】

本発明によれば、さらに、上述した薄膜磁気ヘッドと、この薄膜磁気ヘッドを支持する支持機構と、電磁コイル素子のためのための信号線と、薄膜磁気ヘッドがMR効果素子を備えている場合はこのMR効果素子のためのための信号線とを備えており、近接場光発生部に光

50

を照射するための光ファイバをさらに備えている H G A が提供される。

【 0 0 2 2 】

この H G A において、薄膜磁気ヘッドは、トラック幅方向に垂直又は略垂直である自身の中心線が支持機構の長手方向の中心線に対して斜めになるように、支持機構に固着されていることが好ましい。さらに、この薄膜磁気ヘッドの中心線のトレーリング側が、支持機構の中心線に対して、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向に向いていることが好ましい。

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、さらにまた、上述した H G A を少なくとも 1 つ備えており、少なくとも 1 つの磁気ディスクと、光ファイバに光を供給するための光源と、この少なくとも 1 つの磁気ディスクに対して薄膜磁気ヘッドが行う書き込み及び読み出し動作を制御するとともに、光源の発光動作を制御するための記録再生及び発光制御回路とをさらに備えている磁気ディスク装置が提供される。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明による薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを備えた H G A 及びこの H G A を備えた磁気ディスク装置によれば、熱アシスト磁気記録において、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去がなく、所定のトラックのみに確実に書き込みが行われる。これにより、熱アシストによる確実かつ高い記録密度を実現する書き込み動作が実行可能となる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 5 】

以下に、本発明を実施するための形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図面において、同一の要素は、同一の参照番号を用いて示されている。また、図面中の構成要素内及び構成要素間の寸法比は、図面の見易さのため、それぞれ任意となっている。

【 0 0 2 6 】

図 1 は、本発明による磁気ディスク装置の一実施形態における要部の構成を概略的に示す斜視図である。

【 0 0 2 7 】

同図において、10 は、スピンドルモータ 11 の回転軸の回りを回転する複数の垂直磁気記録用の磁気記録媒体である磁気ディスク、12 は、垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッド（スライダ）21 をトラック上に位置決めするためのアセンブリキャリッジ装置、13 は、この薄膜磁気ヘッド 21 の書き込み及び読み出し動作を制御し、さらに後に詳述する熱アシスト用のレーザ光を発生させる光源である半導体レーザ 18 を制御するための記録再生及び発光制御回路をそれぞれ示している。

30

【 0 0 2 8 】

アセンブリキャリッジ装置 12 には、複数の駆動アーム 14 が設けられている。これらの駆動アーム 14 は、ボイスコイルモータ（VCM）15 によってピボットベアリング軸 16 を中心にして角揺動可能であり、この軸 16 に沿った方向にスタックされている。各駆動アーム 14 の先端部には、H G A 17 が取り付けられている。各 H G A 17 には、スライダ 21 が、各磁気ディスク 10 の表面に対向するように設けられている。磁気ディスク 10、駆動アーム 14、H G A 17 及びスライダ 21 は、単数であってもよい。

40

【 0 0 2 9 】

半導体レーザ 18 は、光ファイバ 26 にレーザ光を供給するものであり、自身の活性層の位置に、ファイバホルダ 19 によって光ファイバ 26 の端断面が接続されている。発振レーザの波長は、例えば、635 nm である。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、本発明による H G A の一実施形態を示す斜視図である。ここで、図 2 (A) は、H G A 17 の磁気ディスク表面に対向する側の構成を示しており、図 2 (B) は、H G

50

A 17の磁気ディスク表面に対向する側とは反対側の構成を示している。

【0031】

図2(A)によれば、HGA17は、サスペンション20の先端部に、磁気ヘッド素子を有するスライダ21を固着し、さらにそのスライダ21の端子電極に配線部材25の一端を電氣的に接続して構成される。

【0032】

サスペンション20は、ロードビーム22と、このロードビーム22上に固着され支持された弾性を有するフレクシャ23と、ロードビーム22の基部に設けられたベースプレート24と、フレクシャ23上に設けられておりリード導体及びその両端に電氣的に接続された接続パッドからなる配線部材25とから主として構成されている。

10

【0033】

薄膜磁気ヘッド21は、トラック幅方向に垂直又は略垂直である自身の中心線27が、サスペンション20の長手方向の中心線28に対して斜めになるように、フレクシャ23に固着されている。さらに、中心線27のトレーリング側270が、サスペンション20の中心線28に対して、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向に向いている。このような斜めの構成と、後述する近接場光発生部の発生端のオフセットとを合わせて用いることによって、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

【0034】

図2(B)によれば、HGA17は、薄膜磁気ヘッド21のヘッド端面からレーザ光を入射させるための光ファイバ26をさらに備えている。光ファイバ26の出光側の端は、後に詳述するように、薄膜磁気ヘッド21の素子形成面上に設けられた被覆層40の上面に形成された受光窪み35に挿入されており、接着剤で固定されている。

20

【0035】

なお、本発明のHGA17におけるサスペンションの構造は、以上述べた構造に限定されるものではないことは明らかである。なお、図示されていないが、サスペンション20の途中にヘッド駆動用ICチップ又は光ファイバ26にレーザ光を供給するための半導体レーザを装着してもよい。

【0036】

図3は、図2に示すHGAの先端部に装着されている、本発明による薄膜磁気ヘッド(スライダ)の一実施形態を示す斜視図である。

30

【0037】

図3によれば、本実施形態における薄膜磁気ヘッド21は、適切な浮上量を得るように加工された媒体対向面である浮上面(ABS)30を有するスライダ基板210と、スライダ基板210のABS30に垂直な素子形成面31に形成された、信号データを読み出すためのMR効果素子33及び信号データを書き込むための電磁コイル素子34と、MR効果素子33及び電磁コイル素子34の間に形成されている導波路部37と、導波路部37の端に接して連結しておりABS側のヘッド端面300に達した端を有する、磁気ディスクの記録層部分を加熱するための近接場光を発生させる近接場光発生部38と、ファイバ26からの光を反射させて導波路部37に向けさせるための反射部36と、MR効果素子33、電磁コイル素子34、導波路部37、近接場光発生部38及び反射部36を覆うように素子形成面31上に形成された被覆層40と、被覆層40の上面に形成されており、光ファイバ26の出光端を挿入するための受光窪み35と、被覆層40の層面から露出した合計4つの信号端子電極39とを備えている。

40

【0038】

MR効果素子33及び電磁コイル素子34の一端は、ヘッド端面300に達している。書き込み又は読み出し動作時には、薄膜磁気ヘッド21が回転する磁気ディスク表面上において流体力学的に所定の浮上量をもって浮上する。この際、これらの素子端が磁気ディスクと対向することによって、信号磁界の感受による読み出しと信号磁界の印加による書き込みとが行われる。

50

【0039】

信号端子電極39は、MR効果素子33及び電磁コイル素子34に2つずつ接続されている。なお、これらの信号端子電極の数及び位置は、図3(A)の形態に限定されるものではない。同図において端子電極は4つであるが、例えば、電極を3つとした上でグラウンドをスライダ基板に接地した形態でもよい。

【0040】

図4(A)は、図3に示した薄膜磁気ヘッドの実施形態の要部の構成を概略的に示す図3のA-A線断面図であり、図4(B)は、導波路部37及び近接場光発生部38の形状を示す平面図であり、図4(C)は、近接場光発生部38のヘッド端面300における形状を示す平面図である。

10

【0041】

図4(A)によれば、MR効果素子33は、MR効果積層体332と、この積層体を挟む位置に配置されている下部電極層330及び上部電極層334とを備えている。MR効果積層体332は、磁化自由層と磁化固定層とがトンネルバリア層を挟んで積層されたトンネル磁気抵抗(TMR)効果多層膜、垂直通電型巨大磁気抵抗(CPP(Current Perpendicular to Plain)-GMR)効果多層膜、及び面内通電型巨大磁気抵抗(CIP(Current In Plain)-GMR)効果多層膜のうちのいずれか1つを備えている。いずれであっても、非常に高い感度で磁気ディスクからの信号磁界を感受して読み出しを行う。なお、MR効果積層体332がCIP-GMR多層膜を備えている場合、上下部電極層334及び330の代わりに、MR効果積層体との間にシールドギャップ層を介する上下部シールド層がそれぞれ設けられ、さらにMR効果積層体にセンス電流を供給するための素子リード導体層が設けられることになる。

20

【0042】

下部シールド層330は、アルティック($Al_2O_3 - TiC$)等からなるスライダ基板210の素子形成面31に積層されており、例えば、厚さ約 $0.3\mu m \sim 約3\mu m$ のNiFe、NiFeCo、CoFe、FeN又はFeZrN等から形成されている。上部シールド層334は、例えば、厚さ約 $0.3\mu m \sim 約4\mu m$ のNiFe、NiFeCo、CoFe、FeN又はFeZrN等から形成されている。なお、上下部シールド層334及び330の間隔である再生ギャップ長は、約 $0.02\mu m \sim 約1\mu m$ である。

【0043】

電磁コイル素子34は、垂直磁気記録用であり、主磁極層340、ギャップ層341、コイル層342、コイル絶縁層343、及び補助磁極層344を備えている。主磁極層340は、コイル層342によって誘導された磁束を、書き込みがなされる磁気ディスクの記録層まで収束させながら導くための導磁路である。ここで、主磁極層340のヘッド端面300側の端部340aの層厚方向の長さ(厚さ)は、他の部分に比べて小さくなっている。この結果、高記録密度化に対応した微細な書き込み磁界が発生可能となる。

30

【0044】

ここで、主磁極層340は、例えば、ABS側の端部での全厚が約 $0.01\mu m \sim 約0.5\mu m$ であって、この端部以外での全厚が約 $0.5\mu m \sim 約3.0\mu m$ のNi、Fe及びCoのうちいずれか2つ若しくは3つからなる合金、又はこれらを主成分として所定の元素が添加された合金等から形成されている。ギャップ層341は、例えば、厚さ約 $0.01\mu m \sim 約0.5\mu m$ の Al_2O_3 又は DLC等から形成されている。コイル層342は、例えば、厚さ約 $0.5\mu m \sim 約3\mu m$ のCu等から形成されている。コイル絶縁層343は、例えば、厚さ約 $0.1\mu m \sim 約5\mu m$ の熱硬化されたレジスト層等から形成されている。補助磁極層344は、例えば、厚さ約 $0.5\mu m \sim 約5\mu m$ のNi、Fe及びCoのうちいずれか2つ若しくは3つからなる合金、又はこれらを主成分として所定の元素が添加された合金等から形成されている。

40

【0045】

受光窪み35は、被覆層40の上面に形成された掘込み部分であって、反射部36の直上に形成されている。この受光窪み35に、近接場光発生部38に照射されるレーザー光を

50

放射するための光ファイバ26の出光端が、真上から挿入されており、さらに、エポキシ系等の接着剤41で固定されている。光ファイバ26の出光端には、テーパが形成されており、同じく壁面がテーパ状になっている受光窪み35に対して、隙間がない状態で精度良く所定位置に固定されている。また、光ファイバ26の端面は、底面350に対向又は接面している。ここで、光ファイバ26の出光端の直径は、約 $5\mu\text{m}$ ～約 $500\mu\text{m}$ であるので、受光窪み35の平均内径も、この値に合わせて正確に加工されている。また、光ファイバ26の出光端から放射されるレーザー光のビーム径もまた、約 $5\mu\text{m}$ ～約 $500\mu\text{m}$ となる。

【0046】

受光窪み35の底面350には、光ファイバ26からの光の一部が反射して損失する分を低減するための、反射防止膜42が形成されている。反射防止膜42は、例えば、 Ta_2O_5 又は SiO_2 からなるイオンアシスト蒸着による単層構造、又は Ta_2O_5 と SiO_2 とが交互に積層されたイオンアシスト蒸着による多層構造を有している。この単層/多層構造は、入射されるレーザー光の波長に応じてなされた光学的な設計に基づいて形成される。

10

【0047】

反射部36は、受光窪み35の直下であって、ヘッド端面300から見て、MR効果素子33、電磁コイル素子34及び近接場光発生部38の後方に位置している。反射部36は、Au、Ag、Al、Cu若しくはTi等の金属層又はそれらのうちのいくつかの組合せの合金層であり、反射面360を有する。反射面360は、光ファイバ26からの光を絞って導波路直線部371の端371aに入射させるように湾曲しており、光ファイバ26からのレーザー光をできるだけ近接場光発生部38に到達させる役割を果たす。これにより、近接場光の発生効率が向上する。なお、反射部36の層厚は、約 10nm ～約 500nm であり、トラック幅方向の幅は、約 $10\mu\text{m}$ ～約 $500\mu\text{m}$ である。ここで、受光窪み35に挿入された光ファイバ26は、コア部260と、コア部260を取り囲むクラッド部261からなる。コア部260の直径は、例えば、約 $8\mu\text{m}$ である。レーザー光は、このコア部260の端から出射するので、反射面360は、コア部260の真下の部分の少なくとも一部において、適切な反射のための曲面を有している。

20

【0048】

なお、反射部の形態は、上述したものに限定されるものではなく、例えば、平らな反射面を有する平面鏡型、回折格子を利用したグレーティング型、さらにはプリズム型であってもよい。

30

【0049】

以上に述べたように、受光窪み35が被覆層40に形成されていて、光ファイバ26が薄膜磁気ヘッドに直接固定されるので、光ファイバ26からのレーザー光の光路が、駆動時の振動等によって変動したりずれたりすることがほとんど無い。従って、本実施形態の薄膜磁気ヘッドによれば、光ファイバをフレクシャ等の外部の部品に固定した場合に比べて、光ファイバ26の出光端と反射部36及び近接場光発生部38との位置関係が安定し、光ファイバ26からのレーザー光を、反射部36を経て、近接場光発生部38に確実に安定して到達させることが可能となる。

40

【0050】

ここで、受光窪み35及び反射部36はともに、後述する薄膜プロセスを用いた形成方法によって形成される。このうち、特に、受光窪み35が、素子形成面上に設けられた被覆層40の上面に形成されるので、反射部36の形成から一連の薄膜プロセスとして、受光窪み35を形成可能となる。従って、そのサイズ及び位置関係は、フォトリソグラフィ法によるパターンニング技術によって、高精度で設定可能となる。すなわち、光ファイバ26の出光端の固定位置を、容易に精度良く設定することができる。これにより、光ファイバ26からのレーザー光を、設計通りに近接場光発生部38に照射することができるので、所望の近接場光の発生効率が得られる。

【0051】

50

導波路部 37 は、受光窪み 35 の底面 350 から反射部 36 を介して近接場光発生部 38 に至るまでの光路を含んでおり、受光窪み 35 の直下であって底面 350 と反射面 360 との間の領域を含む導波路反射部 370 と、MR 効果素子 33 と電磁コイル素子 34 との間に位置して素子形成面 31 とほぼ平行に伸長しておりヘッド端面 300 の近傍においてヘッド端面 300 に向かって先細りしている導波路直進部 371 とからなる。導波路部 37 は、何れの部分においても、被覆層 40 を形成する材料よりも高い屈折率 n を有する誘電材料から形成されている。例えば、被覆層 40 が、 SiO_2 ($n = 1.5$) から形成されている場合、導波路部 37 は、 Al_2O_3 ($n = 1.63$) から形成されていてもよい。さらに、被覆層 40 が、 Al_2O_3 ($n = 1.63$) から形成されている場合、導波路部 37 は、 Ta_2O_5 ($n = 2.16$)、 Nb_2O_5 ($n = 2.33$)、 TiO ($n = 2.3 \sim 2.55$) 又は TiO_2 ($n = 2.3 \sim 2.55$) から形成されていてもよい。導波路部 37 をこのような材料で構成することによって、材料そのものが有する良好な光学特性によるだけでなく、界面での全反射条件が整うことによって、レーザ光の伝播損失が小さくなり、近接場光の発生効率が向上する。

10

【0052】

近接場光発生部 38 は、導波路部 37 と同じ誘電材料で形成されていて、一方の端が導波路直進部 371 のヘッド端面 300 側の端に接しており、他方の端がヘッド端面 300 に達している。図 4 (B) によれば、導波路直進部 371 のヘッド端面 300 に向かって先細りしている部分と近接場光発生部 38 とのトラック幅方向の両側に接して、Au、Pd、Pt、Rh 若しくは Ir、若しくはこれらのうちのいくつかの組合せからなる合金、又は Al、Cu 等が添加されたこれらの合金等の導電材料からなるサイド導体層 43 が設けられている。このような構成によって、導波路反射部 370 を通って導波路直進部 371 を伝播するレーザ光の多くが、サイド導体層 43 の反射面 430 での反射を経て、近接場光発生部 38 に集中する。これにより、より多くのレーザ光が近接場光発生部 38 に到達するので、近接場光の発生効率が向上する。

20

【0053】

近接場光発生部 38 のトラック幅方向の幅及び層厚は、入射されるレーザ光の波長よりも十分に小さく、それぞれ、約 10 nm ~ 約 300 nm 及び約 10 nm ~ 約 200 nm である。この近接場光発生部 38 がレーザ光を受けると、このレーザ光の電界成分のトラック幅方向の振動によって、構成材料である誘電体とサイド導体層 43 との界面に、同じくトラック幅方向に強制振動させられる電気双極子が誘導される。この電気双極子の振動は、近接場光発生部 38 のサイズがレーザ光の波長よりも小さいことから、ほぼ一様となる。この一様な電気双極子の振動によって、この振動方向に垂直な方向、すなわち磁気ディスクの表面に向かう方向に電磁波が放射される。この電磁波の電気力線は、電気双極子の正負が入れ替わるように振動する際に、いったん閉じてまた開くといった形を繰り返して、節を作って伝播する。このうち、近接場光発生部 38 から最初の節までの極近傍に広がる電気力線の領域が近接場光となる。

30

【0054】

この近接場光の電界強度は、入射光に比べて桁違いに強く、この非常に強力な近接場光が、対向する磁気ディスク表面の記録層部分を急速に加熱する。これにより、この記録層部分の保磁力が、書き込み磁界による書き込みが可能な大きさまでに低下するので、高密度記録用の高保磁力の磁気ディスクを使用しても、電磁コイル素子 34 による書き込みが可能となる。なお、近接場光は、ヘッド端面 300 から磁気ディスクの表面に向かって、上述した近接場光発生部 38 のトラック幅方向の幅又は層厚程度までの領域に存在する。従って、10 nm 又はそれ以下の浮上量である現状において、近接場光は、十分に記録層部分に到達する。また、このように発生する近接場光の幅は、同じく上述した幅又は層厚と同程度であって、この近接場光の電界強度は、この幅又は層厚以上の領域では指数関数的に減衰するので、非常に局所的に磁気ディスクの記録層部分を加熱することができる。

40

【0055】

なお、近接場光発生部 38 のヘッド端面 300 に垂直な方向の長さは、例えば、約 10

50

$n\text{ m} \sim$ 約 500 nm である。また、導波路直進部 370 のトラック幅方向の幅は、最も広い箇所において、例えば、約 $20\text{ }\mu\text{ m} \sim$ 約 $500\text{ }\mu\text{ m}$ である。

【0056】

図4(C)によれば、ヘッド端面300上での構成として、主磁極層340の磁極端340bの形状は、トレーリング側に長辺を有する台形(逆台形)となっている。すなわち、主磁極層340の端部340aの側面には、ロータリーアクチュエータでの駆動により発生するスキュー角の影響によって隣接トラックに不要な書き込み等を及ぼさないように、ベベル角が付けられている。ベベル角の大きさは、例えば、15度程度である。実際に、書き込み磁界が主に発生するのは、トレーリング側の長辺近傍であり、この長辺の長さによって書き込み磁界の印加幅が主に決定される。

10

【0057】

また、同じくヘッド端面300上での構成として、近接場光発生部38の発生端38aは、この磁極端340bに近接して、磁極端340bのリーディング側に位置している。さらに、発生端38aの形状は、トレーリング側に短辺を有する台形(正台形)となっている。ここで、この発生端38aのトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線44が、磁極端340bのトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線45から、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向に平行してずれている(オフセットしている)。このような近接場光発生部の発生端におけるオフセットの構成と、上述した薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成とを合わせて用いることによって、後に詳述するように、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

20

【0058】

なお、近接場光は、入射されるレーザ光の波長及び導波路直進部371の形状にも依存するが、一般に、最も幅の狭いトレーリング側の短辺近傍において最も強い強度を有する。すなわち、磁気ディスクの記録層部分を加熱する熱アシスト作用において、このトレーリング側の短辺近傍が、主要な加熱作用部分となる。従って、本実施形態における発生端38aの配置及び形状によれば、主要な加熱作用部分である発生端38aのトレーリング側の短辺近傍が、書き込み部分である主磁極層の磁極端340bに非常に近い位置となる。従って、発生端38aと磁極端340bとの間における設定位置のトラック幅方向の誤差を非常に小さくすることができる。その上、実際の熱アシスト書き込み動作では、近接場光が、主要な加熱作用部分である発生端38aの短辺近傍から磁気ディスクの記録層部分に印加されたまさに直後に、書き込み磁界が、磁極端340bから加熱された記録層部分に印加されることになる。すなわち、磁気ディスクの記録層部分を加熱した直後に、ほとんど間を置かず、確実に書き込みを行うことができる。これにより、加熱する部分及びタイミングの不相当による書き込みエラーを防止することが可能となる。その結果、熱アシストによる確実な書き込み動作が、安定して実行される。

30

【0059】

また、発生端38aにおけるトレーリング側の短辺の長さを W_{NF} とし、磁極端340bにおけるトレーリング側の長辺の長さを W_{MP} とした場合、熱アシスト磁気記録方式として記録ビットの空間分解能を磁界に持たせることを考えた場合、磁気ドミナントとして、 $W_{NF} > W_{MP}$ となるようにサイズが設定される。この関係については、後に詳述する。

40

【0060】

以上に述べたような熱アシスト磁気記録方式を適用することにより、実際には、高保磁力の磁気ディスクに垂直磁気記録用の薄膜磁気ヘッドを用いて書き込みを行い、記録ビットを極微細化することによって、 $1\text{ Tbits}/\text{in}^2$ 級の記録密度を達成することも可能となり得る。

【0061】

なお、MR効果素子33と導波路直進部371及び近接場光発生部38との間に、素子間シールド層44が形成されている。素子間シールド層44は、MR効果素子33を、電磁コイル素子34より発生する磁界から遮断して読み出しの際の外来ノイズを防止する役

50

割を果たす。また、素子間シールド層 4 4 と導波路直進部 3 7 1 との間に、さらに、バックリングコイルが形成されていてもよい。バックリングコイルは、電磁コイル素子 3 4 から発生して M R 効果素子 3 3 の上下部電極層を経由する磁束ループを打ち消す磁束を発生させて、磁気ディスクへの不要な書き込み又は消去動作である広域隣接トラック消去 (W A T E) 現象の抑制を図るものである。なお、コイル層 3 4 2 は、図 4 (A) において 1 層であるが、2 層以上又はヘリカルコイルでもよい。

【 0 0 6 2 】

図 5 (A) 及び (B) は、本発明による薄膜磁気ヘッドが備えている近接場光発生部の他の実施形態を示す断面図及び斜視図であり、図 5 (C) は、近接場光発生部 5 1 のヘッド端面 5 4 における位置及び形状を示す平面図である。

10

【 0 0 6 3 】

図 5 (A) によれば、導波路部 5 0 は、図 4 (A) に示した実施形態と同じく M R 効果素子 5 2 及び電磁コイル素子 5 3 との間に形成されているが、そのヘッド端面 5 4 側の端面に接して、近接場光発生部 5 1 が形成されている。近接場光発生部 5 1 は、図 5 (B) に示すように、ヘッド端面 5 4 に向かって先細りした形状を有して、素子形成面 5 5 に対してヘッド端面 5 4 側が上がる形で傾いており、光ファイバからのレーザ光を受ける受光面 5 1 0 を有している。近接場光発生部 5 1 は、この受光面 5 1 0 において導波路部 5 0 の媒体対向面側の端面に接している。なお、図 5 (B) において、導波路部 5 0 及び近接場光発生部 5 1 は、図の見易さのため、素子形成面 5 5 側から (下側から) 見た斜視像として表されている。

20

【 0 0 6 4 】

この近接場光発生部 5 1 は、A u、P d、P t、R h 若しくは I r、若しくはこれらのうちのいくつかの組合せからなる合金、又は A l、C u 等が添加されたこれらの合金等からなり、受光面 5 1 0 にレーザ光を受けることによって、内部の自由電子がレーザ光の電界によって一様に強制振動させられることによりプラズモンが励起される。このプラズモンは、近接場光発生部 5 1 の、ヘッド端面 5 4 側の先端に向かって伝播し、この先端の近傍に非常に強い電界強度を有する近接場光を発生させる。この近接場光を用いて、熱アシスト磁気記録を行うことが可能となる。

【 0 0 6 5 】

図 5 (C) によれば、ヘッド端面 5 4 上において、近接場光発生部 5 1 の発生端 5 1 a は、電磁コイル素子 5 3 の主磁極層の磁極端 5 3 0 b に近接して、磁極端 5 3 0 b のリーディング側に位置している。また、発生端 5 1 a の形状は、トレーリング側に短辺を有する正台形となっており、磁極端 5 3 0 b の形状は、トレーリング側に長辺を有する逆台形となっている。さらに、この発生端 5 1 a のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線 5 6 は、磁極端 5 3 0 b のトラック幅方向に垂直又は略垂直である中心線 5 7 から、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向にずれている (オフセットしている)。このような近接場光発生部の発生端におけるオフセットの構成と、上述した薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成とを合わせて用いることによって、後に詳述するように、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

30

【 0 0 6 6 】

さらに、発生端 5 1 a が磁極端 5 3 0 b のリーディング側に近接していることによって、発生端 5 1 a と磁極端 5 3 0 b との間における設定位置のトラック幅方向の誤差を非常に小さくすることができ、その上、実際の熱アシスト書き込み動作の際、主要な加熱作用部分である発生端 5 1 a の短辺近傍において加熱動作が行われたまさに直後に、主磁極層の磁極端 5 3 0 b が、確実に、加熱された記録層部分に書き込みを行うことになる。これにより、加熱する部分及びタイミングの不相当による書き込みエラーを防止することが可能となる。その結果、熱アシストによる確実な書き込み動作が、安定して実行される。

40

【 0 0 6 7 】

また、発生端 5 1 a におけるトレーリング側の短辺の長さを $W_{N F}$ とし、磁極端 5 3 0 b におけるトレーリング側の長辺の長さを $W_{M P}$ とした場合、熱アシスト磁気記録方

50

式として記録ビットの空間分解能を磁界に持たせることを考えた場合、磁気ドミナントとして、 $W_{NF} > W_{MP}$ となるようにサイズが設定される。

【0068】

図6は、近接場光発生部の発生端の形状についての種々の変更態様を示す、媒体対向面側のヘッド端面の概略図である。

【0069】

以下、図6(A)~(C)の変更態様を用いて、発生端の短辺の長さ W_{NF} と磁極端の長辺の長さ W_{MP} との関係を説明する。一般に、近接場光を用いた磁気記録方式は、磁気ドミナント記録と熱ドミナント記録との2つに大別される。磁気ドミナント記録の場合、磁気ディスクの記録層において書き込み磁界を印加する領域の幅(磁界印加幅)よりも、保持力 H_c を十分に低下させるまでに加熱する幅(加熱幅)を大きく設定する。すなわち、書き込み幅(トラック幅)は、磁界印加幅相当となる。この場合、 $W_{NF} > W_{MP}$ と設定される。これに対して、熱ドミナント記録の場合、加熱幅が、磁界印加幅と同等に又はより狭くなるように設定される。すなわち、書き込み幅(トラック幅)は、加熱幅相当となる。この場合、 $W_{NF} \leq W_{MP}$ と設定される。

10

【0070】

熱アシスト磁気記録方式として記録ビットの空間分解能を磁界に持たせる場合、磁気ドミナントとして、図4(C)及び図5(C)に示した実施形態のように、 $W_{NF} > W_{MP}$ であることが求められる。

【0071】

これに対して、図6(A)は、熱ドミナント記録の場合であり、近接場光発生部の発生端60におけるトレーリング側の短辺の長さを W_{NF1} とし、磁極端61におけるトレーリング側の長辺の長さを W_{MP1} とすると、 $W_{NF1} < W_{MP1}$ と設定されている。さらに、図6(B)に示すように、同じく熱ドミナント記録の場合であるが、発生端65の形状が、トレーリング側に1つの頂角を有しておりリーディング側に底辺を有している三角形となっている。この場合、トレーリング側の1つの頂点近傍が、主要な加熱作用部分となるので、非常に微細な記録ビットを形成し得る。この発生端の形状が三角形の場合は、台形形状において短辺が短くなった極限であるとも考えられる。

20

【0072】

ここで、図6(A)及び(B)のいずれにおいても、発生端60の中心線63及び発生端65の中心線68は、それぞれ、磁極端61の中心線64及び磁極端66の中心線69から、磁気ディスクに対向した際に外周側となる方向にずれている(オフセットしている)。このような近接場光発生部の発生端におけるオフセットの構成と、上述した薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成とを合わせて用いることによって、後に詳述するように、スキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

30

【0073】

また、以上に述べたように、近接場光発生部の発生端の形状を、トレーリング側に短辺を有する正台形とし、その短辺の長さを、磁極端の長辺の長さに対して調整することによって、薄膜磁気ヘッドを、記録媒体との組合せにおいて磁気ドミナント記録方式にも熱ドミナント記録方式にも適切な形で適用させることが可能となる。ここで、この正台形の形状は、後に図8を用いて詳述するように、公知技術である、CPP-GMR効果素子におけるバイアス印加のためのアボテッドジャンクション(Indented Junction)構造の形成方法を適用することによって、確実に精度良く形成することができる。その結果、近接場光発生部の短辺の長さも所定の精度を持って設定することが可能となっている。

40

【0074】

図7は、本発明による、近接場光発生部の発生端におけるオフセット構成と薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成との作用効果を説明するための概略図である。

【0075】

50

薄膜磁気ヘッド 21 において、近接場光発生部における発生端 38 a の中心線 44 は、主磁極層における磁極端 340 b の中心線 45 から、外周側に間隔 D_{OFF} だけずれている（オフセットしている）。さらに、薄膜磁気ヘッドの中心線 27 は、サスペンション 20 の中心線 28 に対して、角度 H だけ斜めになっている。この際、角度 H の方向は、外周側に向かう方向である。なお、同図において、薄膜磁気ヘッドの長手方向とトラックの接線方向とがなす角度が、スキュー角 SKW である。

【0076】

このような構成を有する図 7 に示した薄膜磁気ヘッド 21 においては、外周側のトラック 700 上に位置する場合においても、内周側のトラック 701 上に位置する場合においても、磁極端 340 b のトレーリング側の長辺で主に決まるトラック幅内に、近接場光発生部の発生端 38 a がおおよそ収まる。特に、主な熱アシスト作用部分であるトレーリング側の短辺は、確実にトラック幅内に収めることが可能となる。従って、発生端 38 a から発生する近接場光は、内外周にわたって隣接トラックにはほとんど及ばない。その結果、薄膜磁気ヘッドのスキュー角の影響による隣接トラックへの不要な書き込みや消去を防止することができる。

10

【0077】

実際には、スキュー角 SKW の分布に合わせて、間隔 D_{OFF} 、角度 H 、発生端 38 a の短辺と磁極端 340 b の長辺との距離 D_{NW} 、及びピボットベアリング軸 16 の位置等を調整し、隣接トラックでの保持力 H_C が所定値以下にならない程度の加熱がなされ得ることを許容限度として、近接場光発生部の発生端のオフセット構成及び薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成が決定される。

20

【0078】

図 8 は、本発明による薄膜磁気ヘッドの受光窪み及び反射部の形成方法の一実施形態を説明する断面図である。

【0079】

最初に、図 8 (A) に示すように、スライダ基板 210 上に、反射部の基台となる Al_2O_3 等の誘電体膜 71 を、例えばスパッタリング法によって成膜し、その上に、レジストパターン 72 を形成する。次いで、このレジストパターン 72 をマスクとして、イオンミリング法を用いてエッチングを行い、反射面の形状を有する基台を形成する。この形成の際、図 8 (B1) に示すように、ミリング用の Ar イオン 73 の入射を、素子形成面 31 に対して高角度に、すなわち素子形成面 31 の法線方向に近くなるように設定すると、より急峻な曲面を有する基台が形成される。これに対して、図 8 (B2) に示すように、 Ar イオン 74 の入射を、素子形成面 31 に対して低角度に、すなわち素子形成面 31 内の方向に近くなるように設定すると、より緩やかな曲面を有する基台が形成される。従って、このイオンミリングの際の Ar イオンの入射角を調整することによって、設計された曲率分布を有する反射面を形成可能となる。

30

【0080】

次いで、図 8 (C) に示すように、形成された反射部の基台 75 の曲面上に、 Au 等の金属層又はそれらの合金層を、例えばスパッタリング法又はイオンビームデポジション法によって積層し、反射部 36 を形成する。次いで、図 8 (D) に示すように、所定の屈折率を有する TiO_2 等の誘電体膜を、例えばスパッタリング法又はイオンビームデポジション法によって積層し、リフトオフ法でレジストパターン 72 を除去することによって、導波路部 37 を形成する。その後、導波路部 37 の導波路反射部の上面に、反射防止膜 42 を、例えばイオンアシスト蒸着法によって成膜する。次いで、導波路部 37 及び反射防止膜 42 を覆うように被覆層 40 を、例えばスパッタリング法によって積層する。その後、図 8 (E) に示すように、ウェットエッチング法又は反応性イオンエッチング (RIE) 法を用いて、被覆層 40 の上面をエッチングすることによって、受光窪み 35 を形成する。以上の工程により、受光窪み 35 及びその直下の反射部 36 が、一連の薄膜プロセスとして精度良く形成される。

40

【0081】

50

図9は、導波路直進部の先細りした部分及び近接場光発生部の形成方法の一実施形態を説明する平面図及び断面図である。なお、図9(A2)～(E2)は、それぞれ、図9(A1)～(E1)のa-a線～e-e線断面を表している。

【0082】

図9(A1)及び(A2)において、最初に、 Al_2O_3 等の下地80の上に、近接場光発生部となる、下地よりも屈折率の高い TiO_2 等の誘電体膜81を成膜し、その上に、リフトオフ用のレジストパターン82を形成する。次いで、図9(B1)及び(B2)に示すように、イオンリング法等を用いて、レジストパターン82の直下を除いて、誘電体膜81の不要部分を除去する。その後、図9(C1)及び(C2)に示すように、スパッタリング法等を用いて、サイド導体層となるAu等の導電膜83を成膜し、この後、レジストパターン82及びその上の導電膜を、いわゆるリフトオフによって除去する。その後、図9(D1)及び(D2)に示すように、レジストパターン84が形成された後、イオンリング法等を用いて、レジストパターン84の直下を除いて、誘電体膜81及び導電膜83の不要部分を除去する。次いで、図9(E1)及び(E2)に示すように、スパッタリング法等を用いて、誘電体膜81と同じ誘電材料からなるバックフィル誘電体膜85を形成する。その後、レジストパターン84及びその上の誘電体膜を、いわゆるリフトオフによって除去する。なお、後のMRハイト工程において、図9(E2)のf-f線よりも左側の部分が研削されることにより、図9(E2)のf-f線がABS側のヘッド端面となって、f-f線よりも右側が薄膜磁気ヘッドの近接場光発生部となる。

【0083】

以上の工程を繰り返すことによって、図9(F)に示すように、近接場光発生部38、バックフィル誘電体膜85からなる導波路層86、さらにその後形成された導波路層87と、複数個の順次大きくなる導波路層を、連続して形成することができる。これらの導波路層は、導波路直進部の先細りした端部を構成することになる。さらに、下地80と同じく、導波路層を構成する材料よりも屈折率の小さい、例えば、 Al_2O_3 等の材料からなるカバー誘電体膜88を形成する。ここで、近接場光発生部38の厚さは、例えば、約30nmであり、導波路層86の厚さは、例えば、約60nmであり、導波路層87の厚さは、例えば、約300nmである。さらに、下地80及びカバー誘電体膜88の厚さは、例えば、約60nmである。

【0084】

図10は、図1に示した磁気ディスク装置の記録再生及び発光制御回路13の回路構成を示すブロック図である。

【0085】

図10において、90は制御LSI、91は、制御LSI90から記録データを受け取るライトゲート、92はライト回路、93は、半導体レーザ18に供給する動作電流値の制御用テーブル等を格納するROM、95は、MR効果素子33へセンス電流を供給する定電流回路、96は、MR効果素子33の出力電圧を増幅する増幅器、97は、制御LSI90に対して再生データを出力する復調回路、98は温度検出器、99は、半導体レーザ18の制御回路をそれぞれ示している。

【0086】

制御LSI90から出力される記録データは、ライトゲート91に供給される。ライトゲート91は、制御LSI90から出力される記録制御信号が書き込み動作を指示するときのみ、記録データをライト回路92へ供給する。ライト回路92は、この記録データに従ってコイル層342に書き込み電流を流し、電磁コイル素子34により磁気ディスク上に書き込みを行う。

【0087】

制御LSI90から出力される再生制御信号が読み出し動作を指示するときのみ、定電流回路95からMR積層体332に定電流が流れる。このMR効果素子33により再生された信号は増幅器96で増幅された後、復調回路97で復調され、得られた再生データが制御LSI90に出力される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

レーザ制御回路 99 は、制御 L S I 90 から出力されるレーザ ON / OFF 信号及び動作電流制御信号を受け取る。このレーザ ON / OFF 信号がオン動作指示である場合、発振しきい値以上の動作電流が半導体レーザに印加される。この際の動作電流値は、動作電流制御信号に応じた値に制御される。制御 L S I 90 は、記録再生動作とのタイミングに応じてレーザ ON / OFF 信号を発生させ、磁気ディスクの記録層及び半導体レーザ 18 の、温度検出器 98 による温度測定値等を考慮し、ROM 93 内の制御テーブルに基づいて、動作電流値制御信号の値を決定する。ここで、制御テーブルは、発振しきい値及び光出力 - 動作電流特性の温度依存性のみならず、動作電流値と熱アシスト作用を受けた記録層の温度上昇分との関係、及び保磁力の温度依存性についてのデータも含む。このように、記録 / 再生動作制御信号系とは独立して、レーザ ON / OFF 信号及び動作電流値制御信号系を設けることによって、単純に記録動作に連動した半導体レーザへの通電のみならず、より多様な通電モードを実現することができる。

10

【 0 0 8 9 】

なお、記録再生及び発光制御回路 13 の回路構成は、図 10 に示したものに限定されるものでないことは明らかである。記録制御信号及び再生制御信号以外の信号で書き込み動作及び読み出し動作を特定してもよい。また、少なくとも書き込み動作時又はその直前において半導体レーザ 18 に通電することが望ましいが、書き込み動作及び読み出し動作のシーケンスにおいて、所定の期間だけ通電することも可能である。

【 0 0 9 0 】

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 1 】

【 図 1 】本発明による磁気ディスク装置の一実施形態における要部の構成を概略的に示す斜視図である。

【 図 2 】本発明による H G A の一実施形態を示す斜視図である。

【 図 3 】図 2 に示す H G A の先端部に装着されている、本発明による薄膜磁気ヘッドの第 1 の実施形態を示す斜視図である。

30

【 図 4 】図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの実施形態の要部の構成を概略的に示す図 3 の A - A 線断面図、導波路部及び近接場光発生部の形状を示す平面図、及び近接場光発生部のヘッド端面における形状を示す平面図である。

【 図 5 】本発明による薄膜磁気ヘッドが備えている近接場光発生部の他の実施形態を示す断面図及び斜視図、及び近接場光発生部のヘッド端面における位置及び形状を示す平面図である。

【 図 6 】近接場光発生部の発生端の形状についての種々の変更態様を示す、媒体対向面側のヘッド端面の概略図である。

【 図 7 】本発明による、近接場光発生部の発生端におけるオフセット構成と薄膜磁気ヘッドの斜めに固着された構成との作用効果を説明するための概略図である。

40

【 図 8 】本発明による薄膜磁気ヘッドの受光窪み及び反射部の形成方法の一実施形態を説明する断面図である。

【 図 9 】導波路直進部の先細りした部分及び近接場光発生部の形成方法の一実施形態を説明する平面図及び断面図である。

【 図 10 】図 1 に示した磁気ディスク装置の記録再生及び発光制御回路の回路構成を示すブロック図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 2 】

10 磁気ディスク

11 スピンドルモータ

50

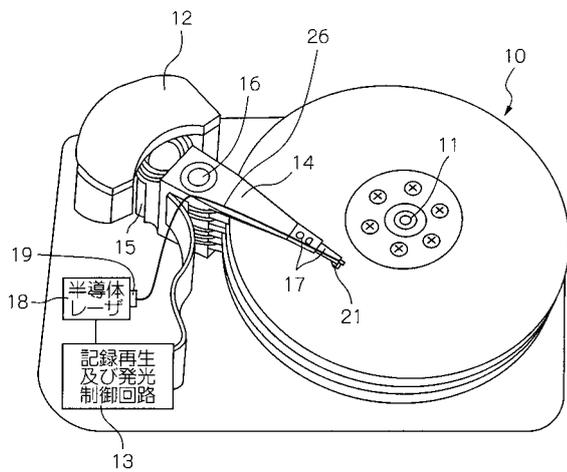
1 2	アセンブリキャリッジ装置	
1 3	記録再生及び発光制御回路	
1 4	駆動アーム	
1 5	ボイスコイルモータ (V C M)	
1 6	ピボットベアリング軸	
1 7	ヘッドジンバルアセンブリ (H G A)	
1 8	半導体レーザ	
1 9	ファイバホルダ	
2 0	サスペンション	
2 1	スライダ	10
2 1 0	スライダ基板	
2 2	ロードビーム	
2 3	フレクシャ	
2 4	ベースプレート	
2 5	配線部材	
2 6	光ファイバ	
2 6 0	コア部	
2 6 1	クラッド部	
2 7、2 8、4 4、4 5、5 6、5 7、6 3、6 4	中心線	
2 7 0	中心線のトレーリング部分	20
3 0	浮上面 (A B S)	
3 0 0、5 4	ヘッド端面	
3 1、5 5	素子形成面	
3 3、5 2	M R 効果素子	
3 3 0	下部電極層	
3 3 2	M R 効果積層体	
3 3 4	上部電極層	
3 4、5 3	電磁コイル素子	
3 4 0	主磁極層	
3 4 0 a	端部	30
3 4 0 b、5 3 0 b、6 1、6 6	磁極端	
3 4 1	ギャップ層	
3 4 2	コイル層	
3 4 3	コイル絶縁層	
3 4 4	補助磁極層	
3 4 4 a、6 2、6 7	端	
3 5、3 5	受光窪み	
3 5 0	底面	
3 6、3 6	反射部	
3 6 0	反射層	40
3 7、3 7、5 0	導波路部	
3 7 0	導波路反射部	
3 7 1	導波路直進部	
3 8、3 8、5 1	近接場光発生部	
3 8 a、5 1 a、6 0、6 5	発生端	
3 9	信号端子電極	
4 0、4 0	被覆層	
4 1	接着剤	
4 2	反射防止膜	
4 3	サイド導体層	50

- 4 4 素子間シールド層
- 5 1 0 受光面
- 7 0 0、7 0 1 トラック
- 7 1 誘電体膜
- 7 2 レジストパターン
- 7 3、7 4 A r イオン
- 7 5 基台
- 8 0 下地
- 8 1 誘電体膜
- 8 2、8 4 レジストパターン
- 8 3 導電膜
- 8 4 磁性層
- 8 5 バックフィル誘電体膜
- 8 6、8 7 導波路層
- 8 8 カバー誘電体膜
- 9 0 制御 L S I
- 9 1 ライトゲート
- 9 2 ライト回路
- 9 3 R O M
- 9 5 定電流回路
- 9 6 増幅器
- 9 7 復調回路
- 9 8 温度検出器
- 9 9 レーザ制御回路

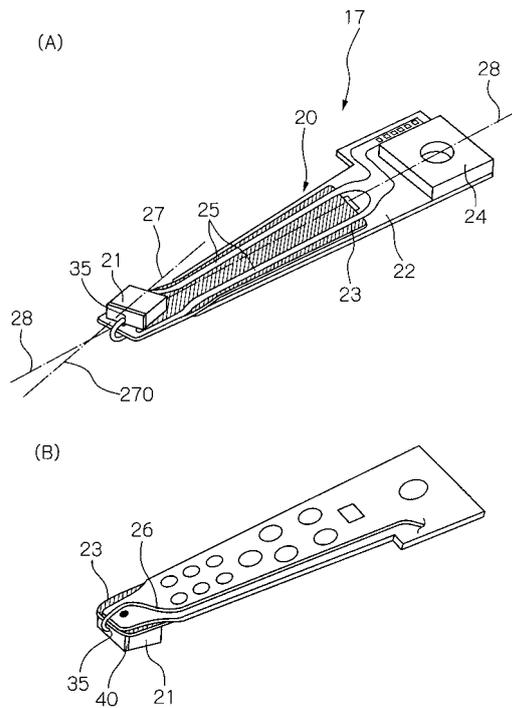
10

20

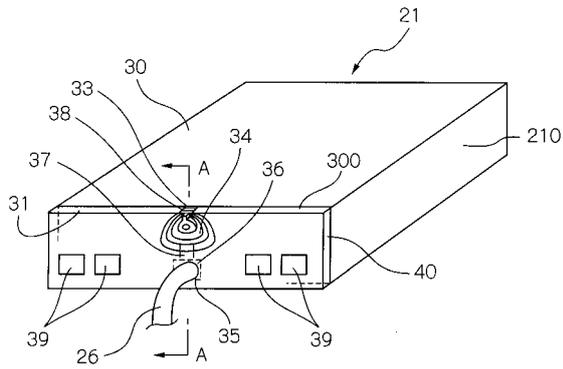
【 図 1 】



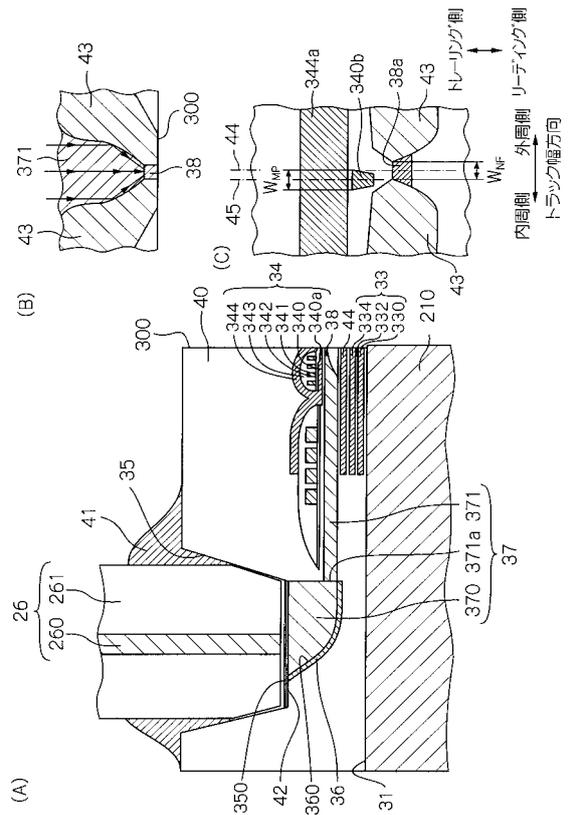
【 図 2 】



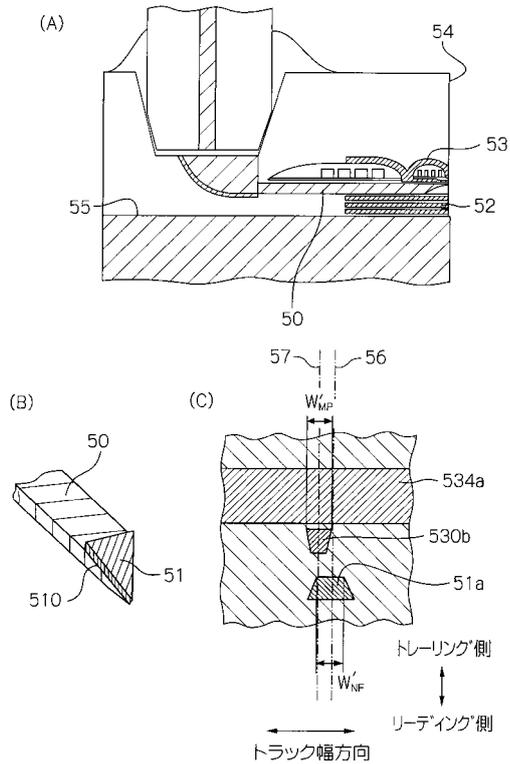
【 図 3 】



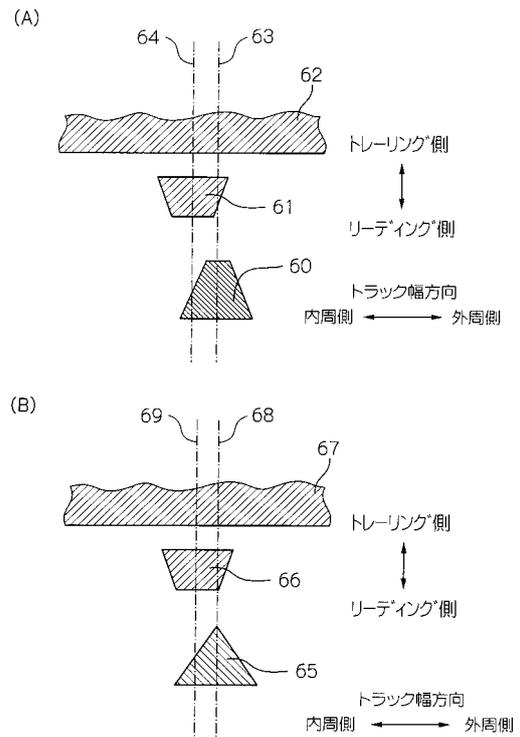
【 図 4 】



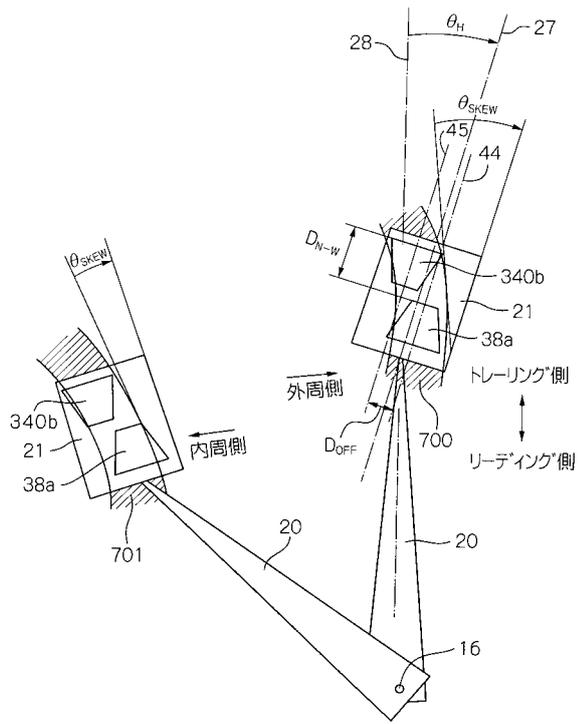
【 図 5 】



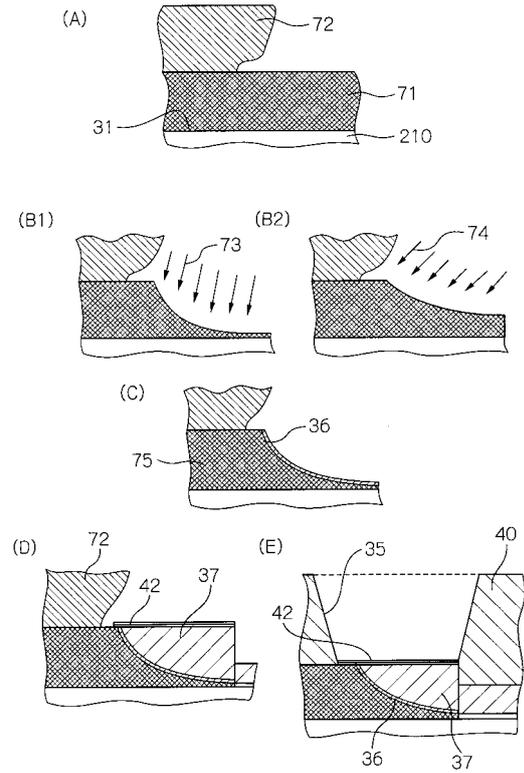
【 図 6 】



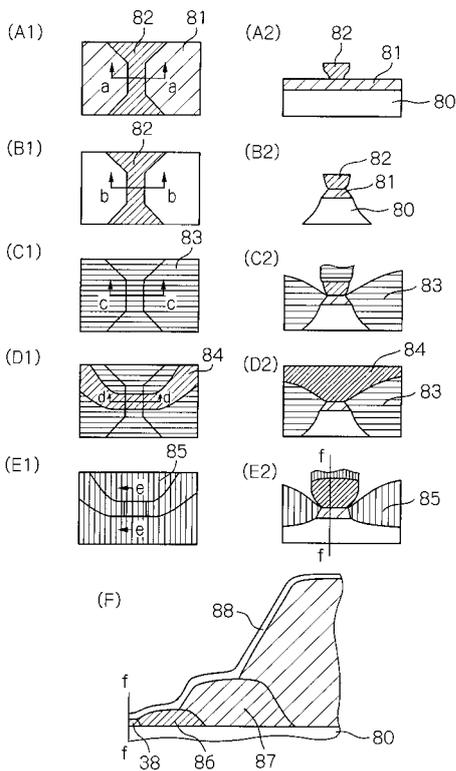
【 図 7 】



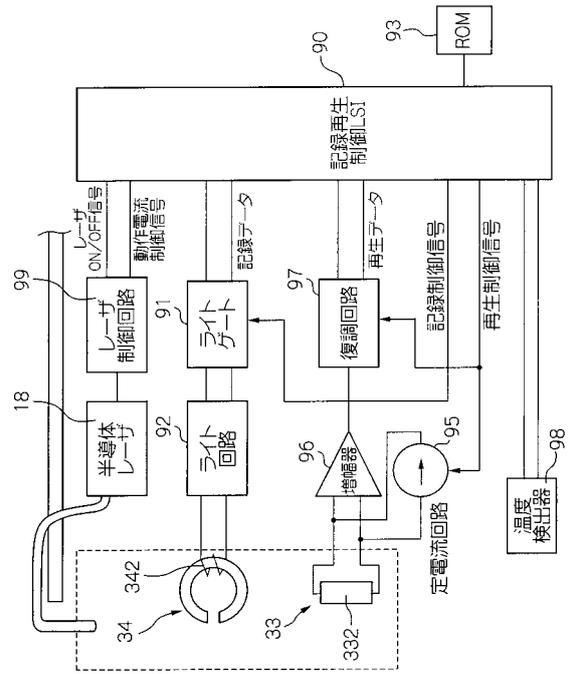
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/31 (2006.01)

F I

G 1 1 B 11/105 5 7 1 A

G 1 1 B 11/105 5 7 1 D

G 1 1 B 5/31 D

G 1 1 B 5/31 K

G 1 1 B 5/31 Z

テーマコード(参考)