

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6085537号
(P6085537)

(45) 発行日 平成29年2月22日(2017.2.22)

(24) 登録日 平成29年2月3日(2017.2.3)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B 5/31 (2006.01)
G 11 B 5/02 (2006.01)G 11 B 5/31
G 11 B 5/02Z
T

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-165755 (P2013-165755)
 (22) 出願日 平成25年8月9日 (2013.8.9)
 (65) 公開番号 特開2014-38688 (P2014-38688A)
 (43) 公開日 平成26年2月27日 (2014.2.27)
 審査請求日 平成28年8月8日 (2016.8.8)
 (31) 優先権主張番号 13/571,425
 (32) 優先日 平成24年8月10日 (2012.8.10)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 503116280
 エイチジーエスティーネザーランドビーブ
 イ
 オランダ国 1101 シーエム アムス
 テルダム, ルナ アレナ, ヘリケルベルグ
 ヴェヘ 238
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (74) 代理人 100105463
 弁理士 関谷 三男
 (74) 代理人 100102576
 弁理士 渡辺 敏章
 (74) 代理人 100101063
 弁理士 松丸 秀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】近接場変換器に結合されるテーパー領域を有する導波路利用熱アシスト記録(TAR)ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

記録層対向表面を有するヘッド・キャリアと、
 前記ヘッド・キャリアの前記記録層対向表面にほぼ垂直な表面上に位置し、前記記録層対向表面に先端を有する書き込み磁極層と、
 前記書き込み磁極層にほぼ平行な方向に向けられている前記ヘッド・キャリア上の光導波路層と、

前記書き込み磁極層にほぼ平行な方向に向けられている前記ヘッド・キャリア上にあり、かつ、前記書き込み磁極層と前記光導波路層との間に位置する近接場変換器(NFT)層であって、前記NFT層は、前記記録層対向表面の出力先端および前記記録層対向表面から距離D1だけ引っ込んでいる入力縁を有し、前記出力先端は、前記書き込み磁極先端に対向している頂点および前記光導波路層に対向し、かつ、前記頂点より幅広い後縁を有する、NFT層と、
 を有し、

前記光導波路層は、前記記録層対向表面にほぼ平行な厚さ、前記記録層対向表面にほぼ垂直な長さ、および、前記記録層対向表面から引っ込んでいる領域における幅W1から、W1より狭い幅W2へ直線的に先細になるような幅を有し、

前記幅W2を有する前記光導波路層の端部が前記記録層対向表面とほぼ同一平面にあり、前記幅W1が前記記録層対向表面からの引っ込み距離Hにおける値であり、前記光導波路層は、W1からW2への先細り角θを有し、 $\theta = \tan^{-1} [2H / (W1 - W2)]$

10

20

)] は、約 40 ~ 85 度である、磁気記録層書き込み用熱アシスト記録 (T A R) ヘッド。

【請求項 2】

前記記録層対向表面の前記出力先端がほぼ三角形状である、請求項 1 に記載の T A R ヘッド。

【請求項 3】

前記ヘッド・キャリア上に磁気抵抗読み取りヘッドをさらに含む、請求項 1 に記載の T A R ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の T A R ヘッドと
光を前記光導波路層に差し向けるレーザーと、
磁気記録層を有する磁気記録ディスクと
を有する熱アシスト記録 (T A R) ディスク・ドライブ。 10

【請求項 5】

前記磁気記録層が磁性材料の離散的アイランドを含むほぼ同心円状トラックにパターン化されている、請求項 4 に記載の T A R ディスク・ドライブ。

【請求項 6】

磁気記録ディスクの磁気記録層書き込み用熱アシスト記録 (T A R) ヘッドであって、
前記ディスク上の前記磁気記録層に対向する空気浮上表面 (A B S) を有する空気浮上
スライダ - であって、前記 A B S は、トラックに沿った軸および前記トラックに沿った軸
に垂直なトラック横断軸を有する、空気浮上スライダ - と、 20

前記スライダ上に位置し、かつ、前記トラックに沿った軸上の前記 A B S に先端を有する書き込み磁極と、

前記スライダ上に位置し、かつ、前記トラックに沿った軸方向の厚さおよび前記トラックに沿った軸にほぼ垂直な方向に向けられている先細り表面を有する光導波路であって、前記先細り表面は、前記 A B S から距離 H だけ引っ込んだ領域における前記トラック横断軸方向の幅 W 1 から、前記 A B S に向かって、前記トラック横断軸方向の、 W 1 より狭い幅 W 2 へ直線的に先細になるような幅を有し、前記光導波路の端部が、前記 A B S から前記光導波路の部分に伸びる非先細り部分を含み、前記先細り表面は前記幅 W 2 を有し、前記非先細り部分延長の長さは、距離 D 3 である、光導波路と、 30

前記書き込み磁極と前記光導波路との間で前記スライダ上に置かれる近接場変換器 (N F T) であって、前記 N F T は、前記光導波路の前記先細り表面に平行であり、かつ、前記光導波路の前記先細り表面から離隔されている表面と前記 A B S 上にある出力先端とを有し、前記出力先端は、前記トラックに沿った軸上かつ前記書き込み磁極先端と前記光導波路端との間に配置されており、かつ、前記 A B S から前記 A B S から引っ込んでいる領域までの、 D 3 以上の高さ D 2 を有し、前記出力先端は、前記書き込み磁極先端に対向している頂点と、前記トラック横断軸方向に前記頂点より広く、かつ、前記光導波路の前記先細り表面に対向する後縁とを有する、近接場変換器 (N F T) と、
を有する T A R ヘッド。

【請求項 7】

前記 A B S 上の前記出力先端がほぼ三角形状である、請求項 6 に記載の T A R ヘッド。

【請求項 8】

前記幅 W 2 を有する前記光導波路の端部が前記 A B S とほぼ同一平面にある、請求項 6 に記載の T A R ヘッド。

【請求項 9】

前記幅 W 2 を有する前記光導波路の前記端部が前記 A B S から D 2 以下の距離だけ引っ込んでいる、請求項 6 に記載の T A R ヘッド。

【請求項 10】

前記光導波路の前記先細り表面が W 1 から W 2 への先細り角 $\theta = \tan^{-1} [2 H / (W_1 - W_2)]$ は、約 40 ~ 85 度である、請求項 6 に記載の T A R ヘッド。 50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、概してディス上の磁気記録層が高温状態にあるときにデータを記録する熱アシスト記録(TAR)ディスク・ドライブに関し、より具体的には改良型TARヘッドに関する。

【背景技術】**【0002】**

在来の磁気記録においては、記録媒体中の蓄積磁化の熱的不安定性のために記録データの喪失が生ずることがある。これを回避するために、高い磁気結晶異方性(Ku)を有する媒体が必要である。しかし、Kuを高めると媒体の飽和保磁力も上昇し、それが書き込みヘッドの書き込み磁場能力を超えることがある。記録層の磁気材料の飽和保磁力は温度に依存することが分かっているので、温度安定性問題について提案されている解決方法の1つは、ヒート・アシスト磁気記録(HAMR)とも呼ばれる熱アシスト記録(TAR)である。この方法では、高Ku磁気記録材料を書き込み中に局部的に加熱することにより書き込みが生ずるのに十分な程度に飽和保磁力を下げるが、このとき飽和保磁力/異方性はディスク・ドライブの周囲温度(すなわち、常温すなわち約15~30の「室」温)において記録ビットの熱的安定性にとって十分な程度に保たれる。ある種の提案TARシステムでは、磁気記録材料は、キュリー温度付近またはそれを超える温度に加熱される。次に、記録されたデータを通常の磁気抵抗読み取りヘッドにより室温で読み戻す。TARディスク・ドライブは、磁気記録材料がディスク上の連続層である通常の連続媒体と磁気記録材料が離散的なデータのアイランドすなわち「ビット群」にパターン化されているビット・パターン媒体化(BPM)の両方について提案されている。10

【0003】

提案されているTARディスク・ドライブの一タイプでは、ディスク上の記録材料を加熱するために、レーザー光源および近接場変換器(NFT)に結合されている光導波路を使用する。「近接場」変換器は、サブ波長特性を有する素子経由で光が伝播され、かつ、第1の要素からサブ波長の距離に配置される磁気記録媒体のような基板などの第2の要素に光が結合される「近接場光学素子」を指す。NFTは、一般的に、磁気ヘッドを浮上させるスライダの空気浮上表面(ABS)に配置される。このスライダは、読み取り/書き取りヘッドを支持するとともに、ディスク表面上に載って縦列進行する。20

【0004】

ほぼ三角形の出力端を有するNFTは、ともに本出願と同一譲受人に譲渡されている特許文献1および特許文献2において記述されている。このNFTでは、導波路の表面に生成されたエバネセント波がNFT74の表面上に励起された表面プラズモンに結合し、そして、強力な光近接場が三角形出力端の頂点に生成される。30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】米国公開特許出願第20110096639号明細書40

【特許文献2】米国公開特許出願第20110170381号明細書

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

必要なレーザー出力を低減できるようにTARヘッドのNFTの効率を改善することが求められている。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明は、TARディスクのデータ・トラックにデータを記録する熱アシスト記録(TAR)ヘッドに関する。空気浮上スライダは、近接場変換器(NFT)およびレーザー光50

をNFTに導く光導波路を支持する。NFTは、書き込み磁極と光導波路との間にトラックに沿った方向に配置されるスライダの空気浮上表面（ABS）に出力端を備えている。NFT出力端は、ほぼ三角形状であり、書き込み磁極に対向する頂点および導波路に対向するトラック横断軸方向に頂点より幅の広い後縁を有する。NFT後縁に対向する導波路の表面は先細りになっており、ABSから引っ込んでいる領域のトラック横断軸方向の幅W1はABSに近い端部のトラック横断軸方向の幅W2より広い。幅W2を有する光導波路の端部は、ABSとほぼ同一平面であっても、またはABSから引っ込んでいてよい。

【0008】

レーザー光が導波路に入射されると、エバネセント波が導波路の先細り表面に生成され、NFTの表面に励起された表面プラズモンと結合する。表面プラズモンは、NFT出力端後縁に伝播する。NFT出力の頂点で光近接場スポットが頂点と書き込み磁極との間のABSの空間において生成される。書き込み磁極は、磁界を光スポットに印加する。導波路の中心におけるエバネセント波の強度は、導波路の幅がABSに向かって減少するにつれて増大する。エバネセント波のサイズはトラック横断軸方向において減少し、エバネセント波の強度はトラックに沿った方向にABSにおいて増大するので、光エネルギーは導波路の中心に集中され、NFT出力端の後縁に差し向けられる。導波路の端部に向かっての導波路の幅の先細りは光エネルギーを導波路の中心に集中し、かつ、エバネセント波は表面プラズモンに効率的に結合する。これは、レーザー出力の低減を可能にする。

【0009】

本発明の性質および利点のより完全な理解のために、以下の詳細な説明および添付図面を参照されたい。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明による熱アシスト記録（TAR）ディスク・ドライブの平面図である。

【図2】図2は、この発明によるTARディスク・ドライブにおいて使用される空気浮上スライダおよびTARディスクの一部の断面図を示す。ただし、非常に細かい部分を示すことが困難であるため縮尺は一様ではない。

【図3A】図3Aは、本発明による書き込み磁極、近接場変換器（NFT）および導波路を構成する材料の層をディスク上の記録層との関係において示す側面断面図である。

【図3B】図3Bは、本発明による書き込み磁極、NFTおよび先細り導波路を構成する材料の層の透視図である。

【図3C】図3Cは、先細り導波路、NFT出力先端および書き込み磁極先端の相対的方向を示すスライダ空気浮上表面（ABS）の一部の図である。

【図3D】図3Dは、図3Aの断面3D-3Dの図であり、ABSにおいて幅W2およびABSから引っ込んでいる領域において幅W1を有する導波路を示している。

【図4A】図4Aは、先細り導波路の先細り角度の関数として光近接場の強度を示すグラフである。

【図4B】図4Bは、導波路端のトラック横断幅W2の関数として光近接場の強度を示すグラフである。

【図5A】図5Aは、先細り導波路の変更を示す。この場合、先細りはABSから引っ込んだ領域で終わり、ABSまで伸びる先細りしない部分を含んでいる。

【図5B】図5Bは、先細り導波路の代替的実施形態を示す。この場合、先細り領域の端部はABSより引っ込んでいる。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明による熱アシスト記録（TAR）ディスク・ドライブ100の平面図である。図1において、TARディスク・ドライブ100は、磁気記録層31を有するディスク200とともに描かれており、磁気記録層31は、半径方向に離隔配置されている円

10

20

30

40

50

形トラック 118 中に置かれている磁化可能材料の離散データ・アイランド 30 にパターン化されている。ディスク 200 の内径および外径に近いいくつかの代表的アイランド 30 および代表的トラック 118 のみ示されている。しかしながら、図 1 の離散データ・アイランド 30 とともに示されているビット・パターン化媒体 (BPM) の代わりに、TAR ディスク・ドライブは、記録層 31 が磁化可能材料の通常の連続磁気記録層であるディスクを代わりに使用することもできる。

【0012】

ドライブ 100 は、アクチュエータ 130 および磁気記録ディスク 200 を回転させるドライブ・モータを支持するハウジングまたはベース 112 を備えている。アクチュエータ 130 は、剛体アーム 131 を有し、かつ、矢印 133 により示されるようにピボット 132 の周りで回転するボイス・コイル・モータ (VCM) ロータリ・アクチュエータとすることができる。ヘッド・サスペンション・アセンブリは、アクチュエータ・アーム 131 の端部に取り付けられた一端を有するサスペンション 135 および空気浮上スライダ 120 などのサスペンション 135 の他端に取り付けられたヘッド・キャリアを含んでいる。サスペンション 135 は、スライダ 120 をディスク 200 の表面に非常に近い位置に保持することを可能にし、かつ、それがディスク 200 の矢印 20 の方向の回転により生成される空気支持面上で「ピッチ (pitch: 前後方向での傾斜)」および「ロール (roll: 左右方向での傾斜)」することを可能にする。スライダ 120 は、磁気抵抗読み取りヘッド、誘導書き込みヘッド、近接場変換器 (NFT) および光導波路を含む TAR ヘッド (示されていない) を支持する。TAR 光源として波長 780 ~ 980 nm の半導体レーザー 90 を使用してもよい。これは、スライダ 120 の頂部に支持されるように描かれている。別案として、このレーザーは、サスペンション 135 上に配置し、光チャネルによりスライダ 120 と結合することもできる。ディスク 200 が矢印 20 の方向に回転するとき、アクチュエータ 130 の運動によりスライダ 120 上の TAR ヘッドはディスク 200 上の種々のデータ・トラック 118 にアクセスすることができる。スライダ 120 は、一般的にアルミナ / チタニウム - カーバイド (Al₂O₃ / TiC) の合成物などの複合材料から形成されている。図 1 にはただ 1 つのディスク表面が関連スライダおよび読み取り / 書き込みヘッドとともに示されているが、一般的に複数のディスクがスピンドル・モータにより回転されるハブ上にスタックされ、各ディスクの各表面に、それぞれ、別のスライダおよび TAR ヘッドが関係する。

【0013】

以下の図面では、X 方向はスライダの空気浮上表面 (ABS) に垂直な方向を示し、Y 方向はトラックの幅すなわちトラックを横断する方向を示し、Z はトラック沿いの方向を示す。図 2 は、本発明による TAR ヘッドの構成例を示す断面略図である。図 2において、ディスク 200 は、磁化領域すなわち「ビット群」34 を有する磁化可能材料の通常の連続磁気記録層である記録層 31 を有するものとして描かれている。空気浮上スライダ 120 はサスペンション 135 により支持されている。空気浮上スライダ 120 は、また、ディスク 200 に対向し、かつ、磁気書き込みヘッド 50、読み取りヘッド 60、および磁気的透過性読み取りヘッド・シールド S1 および S2 を支持する ABS を備えている。記録磁界は、コイル 56、コイル 56 により生成される磁束を送り込む磁極 53、主磁極 52、および帰還磁極 54 から構成される書き込みヘッド 50 により生成される。コイル 56 により生成される磁界は、磁極 53 を経て光近接場変換器 (NFT) 74 の近傍に配置される主磁極 52 に送り込まれる。記録時、ディスク 200 の記録層 31 は、NFT 74 により生成される光近接場により加熱され、これと同時に主磁極 52 により生成された記録磁界を適用することにより領域すなわち「ビット 34」が磁化され、したがって記録層 31 に書き込まれる。

【0014】

半導体レーザー 90 は、スライダ 120 の最上部の表面に搭載されている。レーザー 90 からの光を NFT 74 に導く光導波路 73 は、スライダ 120 の内部に形成されている。導波路 73 のコア材料の屈折率をクラッディング材料の屈折率より大きいことを保証す

10

20

30

40

50

る材料を導波路 7 3 のために使用することができる。たとえば、 Al_2O_3 をクラッディング材料として使用し、 TiO_2 、 T_2O_5 および SiO_xN_y をコア材料として使用することができる。別案として、 SiO_2 をクラッディング材料として使用し、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 SiO_xN_y 、または Ge ドープ SiO_2 をコア材料として使用することができる。光を NFT 7 4 に導く導波路 7 3 は、単一モード導波路とすることが好ましい。多モード導波路はモード間干渉のために出力変動を引き起こすことがあるので、好ましくない。

【 0 0 1 5 】

図 3 A は、書き込み磁極 5 2、NFT 7 4 および導波路 7 3 を構成する材料の層を、記録層 3 1 を有するディスク 2 0 0 との関係において示す側面断面図である。10 書き込み磁極 5 2 は、一般的に FeCo のような高能率磁性材料の層であり、ABS に磁極先端 5 2 a を備えている。導波路 7 3 は書き込み磁極 5 2 の層にはほぼ平行なコア材料の層であり、ABS に垂直な長さ、および ABS から領域 7 3 b (ABS から距離 H だけ引っ込んでいる) に伸びる先細り領域 7 3 a を有する。導波路 7 3 は、NFT 7 4 層に対向し、かつ、それに平行しているほぼ平坦な表面 7 3 c および ABS 側の端部 7 3 d を有している。NFT 7 4 の層は導電性低損失金属 (Au が望ましいが、Ag、Al または Cu でもよい) であり、導波路 7 3 の層および書き込み磁極 5 2 の層にはほぼ平行であり、かつ、導波路 7 3 層と書き込み磁極 5 2 層との間にそれから離隔して配置されている。NFT 7 4 層は、導波路表面 7 3 c に対向し、かつ、それから離隔して配置されている表面 7 4 a を有している。NFT 7 4 層は、ABS に出力先端 8 0 を有し、また、ABS から入力縁 7 4 b (20 それは、ABS から引っ込んでいる) までの高さ D 1 を有している。距離 H は、D 1 より小さくても、大きくてもよい。一例では、D 1 は約 850 nm であり、H は約 120 ~ 1400 nm とすることができる。NFT 出力先端 8 0 は、ABS から、ABS から引っ込んでいる領域までの高さ D 2 を有している。光が導波路 7 3 に入射されたときに、エバネセント波が導波路表面 7 3 c に生成され、かつ、NFT 7 4 の表面 7 4 a に励起されている表面プラズモンに結合される。矢印 2 3 は導波路 7 3 中の光の伝播方向を示し、矢印 2 4 は光の偏光の方向を示している。表面プラズモンは、出力先端 8 0 に伝播する。出力先端 8 0 は、書き込み磁極先端 5 2 a に対向する頂点 8 0 a および導波路表面 7 3 c に対向する後縁 8 0 b を有している。頂点 8 0 a において、光近接場スポットが出力先端頂点 8 0 a と書き込み磁極先端 5 2 a との間の ABS における空間に生成される。書き込み磁極先端 5 2 a は、この光学スポットに磁界を印加する。1つの例では、頂点 8 0 a と書き込み磁極先端 5 2 a との間の距離 S は、約 20 nm である。

【 0 0 1 6 】

図 3 B は、書き込み磁極 5 2、NFT 7 4 および導波路 7 3 を構成する材料の層の透視図である。図 3 C は、導波路端 7 3 d、NFT 出力先端 8 0 および書き込み磁極先端 5 2 a の相対的向きを示す ABS の一部の図である。出力先端 8 0 は、ABS においてほぼ三角形状をなしており、書き込み磁極先端 5 2 a に対向する頂点 8 0 a および導波路表面 7 3 c に対向し、かつ、トラック横断方向に頂点 8 0 a より広い後縁 8 0 b を有している。30 したがって、出力先端 8 0 は、ABS に位置し、導波路経由で到来する入射光の偏光方向 (図 3 A の矢印 2 4) に垂直であり、かつ、光近接場が生成される頂点 8 0 a に向かって漸減する後縁 8 0 b を有している。短い線 8 0 c は、出力先端頂点 8 0 a に生成された光スポットを表している。図 3 B ~ 図 3 C は、導波路 7 3 の先細り領域 7 3 a およびその先細り状態を示している。ABS から引っ込んでいる領域における幅 W 1 は幅 W 2 に漸減しているが、後者は少なくとも NFT 出力先端 8 0 の後縁 8 0 b にほぼ等しいトラック横断幅を有している。後縁 8 0 b は、約 50 ~ 180 nm の範囲内のトラック横断幅を有し得る。

【 0 0 1 7 】

図 3 D は、図 3 A の断面 3 D - 3 D の図であり、ABS 側の端部 7 3 d において幅 W 2 および ABS から引っ込んでいる領域 7 3 b において幅 W 1 を有する導波路 7 3 を示している。40 図 3 D の例では、引っ込み距離 H (図 3 A) は、ほぼ D 1 に等しい。点線は、AB

S からの高さ D 2 を有する出力先端 8 0 を有する N F T 7 4 の輪郭である。先細り角は、 $\theta = \tan^{-1} [2 H / (W_1 - W_2)]$ である。導波路 7 3 の先細りは、エバネセント波と表面プラズモンとの間の結合効率を高める。T a₂ O₅ コアおよびA l₂ O₃ クラッディングの導波路についてエバネセント波の強度を計算し、導波路領域 7 3 b (幅 W 1) および導波路端部 7 3 d (幅 W 2) において比較した。導波路 7 3 層は、2 5 0 nm の厚さ (Z 方向)、5 0 0 nm の幅 W 1、1 0 0 の幅 W 2、8 5 0 nm の D 1 を有した。光の偏光方向 (矢印 2 4) は、導波路コアの厚さの方向であった。導波路の中心におけるエバネセント波の強度は、導波路の幅が A B S に向かって減少するにつれて増大する。エバネセント波のサイズはトラック横断軸方向 (Y 方向) において減少し、かつ、エバネセント波の強度は A B S においてトラックに沿った方向 (Z 方向) において増大するので、光エネルギーは表面 7 3 a において導波路の中心に集中され、N F T 出力先端 8 0 の後縁 8 0 b に差し戻される (図 3 C 参照)。これに対して、A B S 側の導波路の幅が N F T 出力先端後縁 8 0 b の幅より広い先細りなしの領域 7 3 a の同様な導波路の場合、出力先端から離れている点において導波路により生成されたエバネセント波は表面プラズモンに結合されない。本発明の場合と同様に導波路の端部の導波路の幅を低減することにより、光エネルギーは導波路の中心に集中され、かつ、エバネセント波は表面プラズモンに効率的に結合する。

【 0 0 1 8 】

図 4 A は、光近接場強度と導波路 (W 1 は 5 0 0 nm、W 2 は 1 0 0 nm に固定) の先細り角 θ の関係を示す。図示のように、ピーク強度は 70 度付近で発生し、40 ~ 85 度の先細り角でピーク強度の少なくとも 90 % が達成された。図 4 B は、光近接場強度と導波路 (D 1 は 8 5 0 nm、W 1 は 5 0 0 nm) の導波路端 7 3 d のトラック横断幅 W 2 の関係を示している。図示のように、ピーク強度は、W 2 = 1 2 0 nm 付近で発生するが、それは、この例の寸法の場合、 $\theta = 77$ 度の先細り角に対応する。図 4 B は、ピーク強度の少なくとも 90 % が約 1 0 ~ 3 0 0 nm の W 2 について達成されたことを示している。

【 0 0 1 9 】

図 5 A は、先細り領域 7 3 の変更形態を示している。この場合、先細りは、A B S から D 3 だけ引っ込んでいる領域で終わるが、A B S まで伸びる先細りなしの部分 7 3 e を含んでいる。この例では、部分 7 3 e は、少なくとも出力先端 8 0 のトラック横断幅であることが好ましい固定幅 W 2 を有している。この変更形態の一例では、D 2 は 1 0 0 nm、直線部 7 3 e の幅 W 2 は 1 0 0 nm、直線部 7 3 e の高さ D 3 は D 2 以下 (たとえば、5 0 ~ 1 0 0 nm) であった。この変更形態では、先細り角は、 $\theta = \tan^{-1} [2 (H - D_3) / (W_1 - W_2)]$ により与えられる。

【 0 0 2 0 】

好ましい実施形態では、図 3 D に示すように、先細り領域 7 3 a は A B S で終わるため、それは A B S 上の出力先端 8 0 の端部とほぼ同一平面にある。代替的実施形態では、図 5 B に示すように、先細り領域 7 3 a の端部 7 3 d は、A B S より前で、好ましくは出力先端 8 0 の高さ D 2 以内の距離だけ A B S から引っ込んだ領域において終了する。この実施形態の一例では、幅 W 2 は 1 0 0 nm、A B S からの引っ込みは D 2 以下の 5 0 nm である。

【 0 0 2 1 】

本発明について、好ましい実施形態を参照しつつ、詳細に図示し、かつ、説明したが、当業者にとって当然のことながら本発明の精神および範囲から逸脱することなく形式および詳細を種々に変更することが可能であろう。したがって、開示された本発明は、単なる例示と考えるべきであり、かつ、添付請求項において指定される範囲においてのみ制限されるものである。

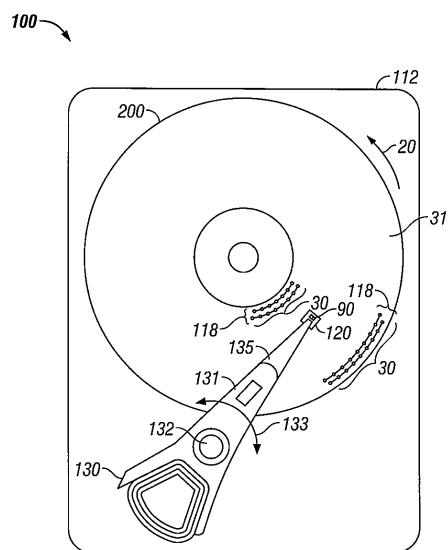
10

20

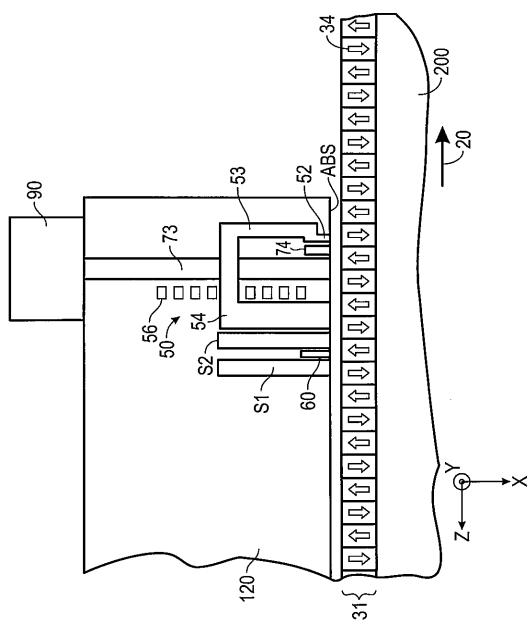
30

40

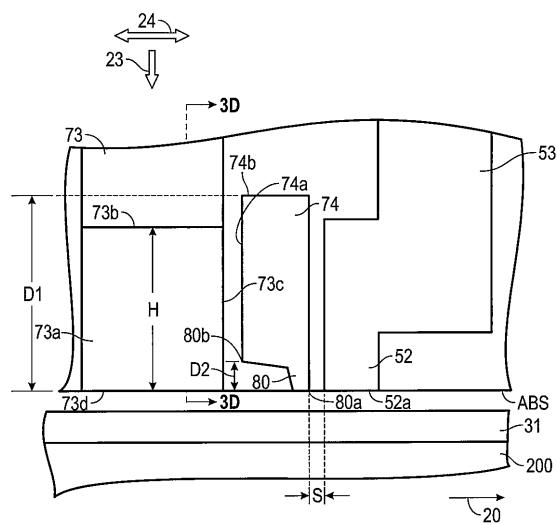
【図1】



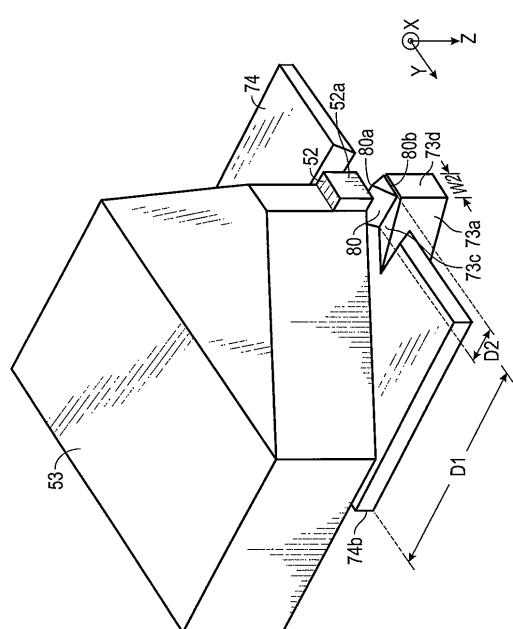
【図2】



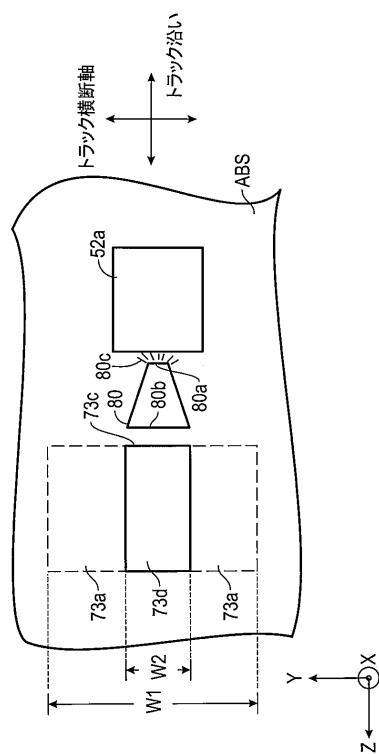
【図3A】



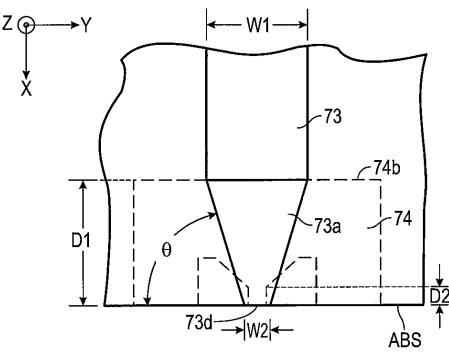
【図3B】



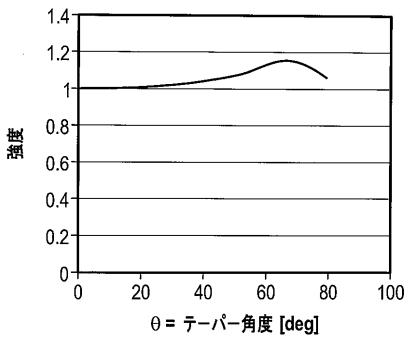
【図3C】



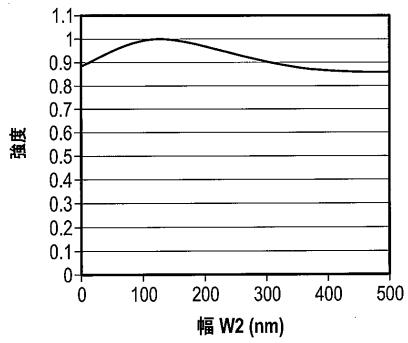
【図3D】



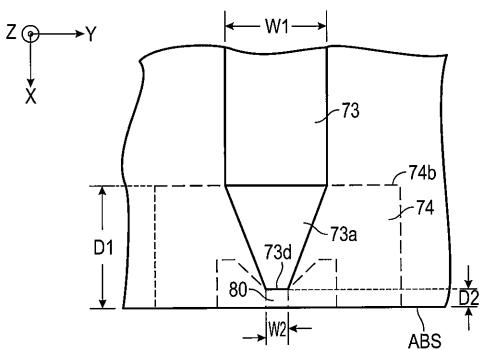
【図4A】



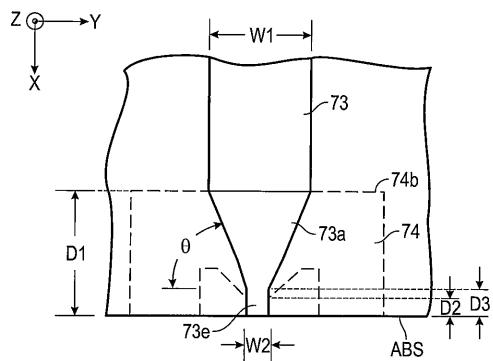
【図4B】



【図5B】



【図5A】



フロントページの続き

(74)代理人 100162330

弁理士 広瀬 幹規

(72)発明者 松本 拓也

アメリカ合衆国 94087 カリフォルニア州, サニーベール, カリック コート 581

審査官 川中 龍太

(56)参考文献 特開2011-146097(JP, A)

特開2010-244670(JP, A)

特開2009-087499(JP, A)

特開2011-187149(JP, A)

特開2008-152897(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0091618(US, A1)

米国特許出願公開第2011/0110202(US, A1)

特開2012-079398(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/31 - 5/325

G11B 5/56 - 5/60

G11B 5/00 - 5/024