

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5558610号
(P5558610)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月13日(2014.6.13)

(51) Int.Cl.	F I
G 1 1 B 5/31 (2006.01)	G 1 1 B 5/31 Z
G 1 1 B 5/02 (2006.01)	G 1 1 B 5/31 D
	G 1 1 B 5/02 T

請求項の数 10 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2013-95267 (P2013-95267)	(73) 特許権者	500475649
(22) 出願日	平成25年4月30日(2013.4.30)		ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ レイテッド
(65) 公開番号	特開2014-59941 (P2014-59941A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 035 ミルピタス サウス ヒルビュー ドライブ 678
(43) 公開日	平成26年4月3日(2014.4.3)		
審査請求日	平成25年4月30日(2013.4.30)	(74) 代理人	100107559
(31) 優先権主張番号	13/621, 532		弁理士 星宮 勝美
(32) 優先日	平成24年9月17日(2012.9.17)	(72) 発明者	佐々木 芳高
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタクララ マーストン・レー ン 4325

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズモンジェネレータを有する熱アシスト磁気記録ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録媒体に対向する媒体対向面と、
 前記記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生するコイルと、
 前記媒体対向面に配置された第1の端面を有し、前記コイルによって発生された磁界に
 対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって前記情報を前記記録媒体に
 記録するための記録磁界を発生する主磁極と、
 磁性材料よりなり、前記媒体対向面に配置された第2の端面を有するシールドと、
 磁性材料よりなり、前記コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させる帰
 磁路部であって、前記主磁極、シールドおよび帰磁路部によって囲まれて前記コイルの一
 部が通過する空間が形成されるように、前記主磁極と前記シールドとを接続する帰磁路部
 と、
 前記媒体対向面に向いた前端面を有し光を伝播させるコアと、前記コアの周囲に配置さ
 れたクラッドとを有する導波路と、
 前記媒体対向面に配置された近接場光発生部を有するプラズモンジェネレータであって
 、前記コアを伝播する光に基づいて前記プラズモンジェネレータに表面プラズモンが励起
 され、この表面プラズモンに基づいて前記近接場光発生部より近接場光を発生するよう
 に構成されたプラズモンジェネレータとを備えた熱アシスト磁気記録ヘッドであって、
 前記第1の端面と前記第2の端面は、前記記録媒体の進行方向について異なる位置に配
 置され、

前記近接場光発生部は、前記第 1 の端面と前記第 2 の端面の間に配置され、

前記コアの前端面は、前記記録媒体の進行方向における両端に位置する第 1 および第 2 の端部を有し、前記第 1 の端部は、前記第 2 の端部よりも、前記近接場光発生部により近い位置にあり、

前記コアの前端面を、前記第 1 の端部と第 2 の端部の中間の位置から前記第 1 の端部までの第 1 の領域と、前記中間の位置から前記第 2 の端部までの第 2 の領域に分けたときに、前記主磁極と前記シールドの一方は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記コアの前端面のうちの前記第 1 の領域にのみオーバーラップすることを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 2】

10

前記主磁極と前記シールドの一方は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記コアの前端面のトラック幅方向の外側に配置された少なくとも 1 つの非オーバーラップ部分を有し、

前記帰磁路部は、前記少なくとも 1 つの非オーバーラップ部分に接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの非オーバーラップ部分は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記コアの前端面のトラック幅方向の両側に配置された 2 つの非オーバーラップ部分であることを特徴とする請求項 2 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 4】

20

前記主磁極と前記シールドの一方は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記第 1 の領域にオーバーラップする第 1 および第 2 の部分を有し、

前記第 1 および第 2 の部分は、前記第 1 の領域におけるトラック幅方向の中心の両側に位置し、

前記第 1 および第 2 の部分は、それぞれ、前記媒体対向面に垂直な方向の長さであって、前記第 1 の領域におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなる長さを有していることを特徴とする請求項 1 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 5】

前記第 1 の端面と前記第 2 の端面は、互いに 50 ~ 300 nm の範囲内の距離を隔てていることを特徴とする請求項 1 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

30

【請求項 6】

前記第 1 の端面と前記第 2 の端面との間の距離は、50 ~ 100 nm の範囲内であることを特徴とする請求項 5 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 7】

前記コアは、コアを伝播する光に基づいてエバネッセント光を発生するエバネッセント光発生面を有し、

前記プラズモンジェネレータは、前記エバネッセント光発生面に対して所定の間隔をもって対向するプラズモン励起部を有し、

前記プラズモンジェネレータでは、前記プラズモン励起部において、前記エバネッセント光発生面より発生されるエバネッセント光と結合することによって前記表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンが前記近接場光発生部に伝播され、この表面プラズモンに基づいて前記近接場光発生部より前記近接場光が発生されることを特徴とする請求項 1 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

40

【請求項 8】

記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生するコイルと、

前記媒体対向面に配置された端面を有し、前記コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって前記情報を前記記録媒体に記録するための記録磁界を発生する主磁極と、

前記媒体対向面に向いた前端面を有し光を伝播させるコアと、前記コアの周囲に配置さ

50

れたクラッドとを有する導波路と、

前記媒体対向面に配置された近接場光発生部を有するプラズモンジェネレータであって、前記コアを伝播する光に基づいて前記プラズモンジェネレータに表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンに基づいて前記近接場光発生部より近接場光を発生するように構成されたプラズモンジェネレータとを備えた熱アシスト磁気記録ヘッドであって、

前記コアの前端面は、前記記録媒体の進行方向における両端に位置する第1および第2の端部を有し、前記第1の端部は、前記第2の端部よりも、前記近接場光発生部により近い位置にあり、

前記コアの前端面を、前記第1の端部と第2の端部の中間の位置から前記第1の端部までの第1の領域と、前記中間の位置から前記第2の端部までの第2の領域に分けたときに、前記主磁極は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記コアの前端面のうちの前記第1の領域にのみオーバーラップすることを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項9】

前記主磁極は、前記媒体対向面に垂直な方向から見て、前記第1の領域にオーバーラップする第1および第2の部分とを有し、

前記第1および第2の部分は、前記第1の領域におけるトラック幅方向の中心の両側に位置し、

前記第1および第2の部分は、それぞれ、前記媒体対向面に垂直な方向の長さであって、前記第1の領域におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなる長さを有していることを特徴とする請求項8記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項10】

前記コアは、コアを伝播する光に基づいてエバネッセント光を発生するエバネッセント光発生面を有し、

前記プラズモンジェネレータは、前記エバネッセント光発生面に対して所定の間隔をもって対向するプラズモン励起部を有し、

前記プラズモンジェネレータでは、前記プラズモン励起部において、前記エバネッセント光発生面より発生されるエバネッセント光と結合することによって前記表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンが前記近接場光発生部に伝播され、この表面プラズモンに基づいて前記近接場光発生部より前記近接場光が発生されることを特徴とする請求項8記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、記録媒体に近接場光を照射して記録媒体の保磁力を低下させて情報の記録を行う熱アシスト磁気記録に用いられる熱アシスト磁気記録ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、磁気ディスク装置等の磁気記録装置では、高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドおよび記録媒体の性能向上が要求されている。薄膜磁気ヘッドとしては、基板に対して、読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR（Magnetoresistive）素子とも記す。）を有する再生ヘッド部と書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッド部とを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。磁気ディスク装置において、薄膜磁気ヘッドは、記録媒体の表面からわずかに浮上するスライダに設けられる。スライダは、記録媒体に対向する媒体対向面を有している。この媒体対向面は、空気流入端（リーディング端）と空気流出端（トレーリング端）とを有している。

【0003】

ここで、基準の位置に対して、よりリーディング端に近い位置をリーディング側と定義し、基準の位置に対して、よりトレーリング端に近い位置をトレーリング側と定義する。リーディング側は、スライダに対する記録媒体の進行方向の後側である。トレーリング側は、スライダに対する記録媒体の進行方向の前側である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

磁気記録装置において、記録密度を高めるためには、記録媒体の磁性微粒子を小さくすることが効果的である。しかし、磁性微粒子を小さくすると、磁性微粒子の磁化の熱安定性が低下するという問題が発生する。この問題を解消するには、磁性微粒子の異方性エネルギーを大きくすることが効果的である。しかし、磁性微粒子の異方性エネルギーを大きくすると、記録媒体の保磁力が大きくなって、既存の磁気ヘッドでは情報の記録が困難になるという問題が発生する。

【 0 0 0 5 】

上述のような問題を解決する方法として、いわゆる熱アシスト磁気記録という方法が提案されている。この方法では、保磁力の大きな記録媒体を使用し、情報の記録時には、記録媒体のうち情報が記録される部分に対して記録磁界と同時に熱も加えて、その部分の温度を上昇させ保磁力を低下させて情報の記録を行う。情報が記録された部分は、その後、温度が低下して保磁力が大きくなり、磁化の熱安定性が高まる。以下、熱アシスト磁気記録に用いられる磁気ヘッドを、熱アシスト磁気記録ヘッドと呼ぶ。

10

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 には、記録媒体に対して熱を加える手段として電気抵抗ヒーターを用いた熱アシスト磁気記録ヘッドが記載されている。しかし、このヘッドでは、記録媒体の微小な領域のみを加熱することは困難であり、そのため、記録密度を高めることが困難である。

【 0 0 0 7 】

熱アシスト磁気記録において、記録媒体の微小な領域のみを加熱する方法としては、近接場光を用いる方法が知られている。近接場光を発生させる方法としては、レーザ光によって励起されたプラズモンから近接場光を発生する金属片であるプラズモンジェネレータを用いる方法が知られている。また、一般的に、近接場光の発生に利用されるレーザ光は、スライダに設けられた導波路によって、スライダの媒体対向面の近傍に設けられたプラズモンジェネレータに導かれる。

20

【 0 0 0 8 】

特許文献 2 には、導波路のコアの表面とプラズモンジェネレータの表面とをギャップを介して対向させ、コアを伝播する光に基づいてコアの表面で発生するエバネッセント光を用いて、プラズモンジェネレータに表面プラズモンを励起させ、この表面プラズモンに基づいて近接場光を発生させる技術が開示されている。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 7 , 0 6 8 , 4 5 3 B 2 号明細書

【 特許文献 2 】 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 5 8 2 7 2 A 1 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

近接場光の発生源としてプラズモンジェネレータを用いた熱アシスト磁気記録ヘッドでは、記録ヘッド部が、記録磁界を発生させる主磁極と、プラズモンジェネレータとを含む。主磁極は、媒体対向面に配置された端面を有している。プラズモンジェネレータは、媒体対向面に配置された近接場光発生部を有している。熱アシスト磁気記録ヘッドでは、主磁極の端面とプラズモンジェネレータの近接場光発生部とを近づけることが求められる。

40

【 0 0 1 1 】

磁気記録装置において、線記録密度を高めるためには、記録媒体のトラックに記録される信号磁化の向きを記録媒体の面に対して垂直な方向とする垂直磁気記録方式を用いると共に、トラック上において、トラックに沿った方向であるトラック長手方向の位置の変化に対する記録磁界強度の変化の勾配（以下、記録磁界強度の勾配と記す。）を大きくすることが有効である。これは、熱アシスト磁気記録を用いる磁気記録装置にも当てはまる。

【 0 0 1 2 】

50

特許文献2には、主磁極のリーディング側に、媒体対向面に配置された端面を有する下部シールドを設けることによって、記録磁界強度の勾配を大きくする技術が開示されている。しかし、同明細書に開示された熱アシスト磁気記録ヘッドでは、下部シールドと主磁極との間にコアとプラズモンジェネレータとが配置されているため、媒体対向面において、下部シールドの端面と主磁極の端面との間の距離が比較的大きい。そのため、この熱アシスト磁気記録ヘッドでは、下部シールドの機能が十分に発揮されにくいという問題点がある。

【0013】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、主磁極、プラズモンジェネレータ、導波路およびシールドを含む熱アシスト磁気記録ヘッドであって、線記録密度を高めることができるようにした熱アシスト磁気記録ヘッドを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、コイルと、主磁極と、シールドと、帰磁路部と、導波路と、プラズモンジェネレータとを備えている。コイルは、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。主磁極は、媒体対向面に配置された第1の端面を有し、コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する。シールドは、磁性材料よりなり、媒体対向面に配置された第2の端面を有している。帰磁路部は、磁性材料よりなり、コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させ、主磁極、シールドおよび帰磁路部によって囲まれてコイルの一部が通過する空間が形成されるように、主磁極とシールドとを接続する。導波路は、媒体対向面に向いた前端面を有し光を伝播させるコアと、コアの周囲に配置されたクラッドとを有している。プラズモンジェネレータは、媒体対向面に配置された近接場光発生部を有し、コアを伝播する光に基づいてプラズモンジェネレータに表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンに基づいて近接場光発生部より近接場光を発生するように構成されている。

20

【0015】

第1の端面と第2の端面は、記録媒体の進行方向について異なる位置に配置されている。近接場光発生部は、第1の端面と第2の端面の間に配置されている。コアの前端面は、記録媒体の進行方向における両端に位置する第1および第2の端部を有し、第1の端部は、第2の端部よりも、近接場光発生部により近い位置にある。コアの前端面を、第1の端部と第2の端部の中間の位置から第1の端部までの第1の領域と、中間の位置から第2の端部までの第2の領域に分けたときに、主磁極とシールドの一方は、媒体対向面に垂直な方向から見て、コアの前端面のうちの第1の領域にのみオーバーラップする。なお、本明細書において、第1の端部と第2の端部の中間の位置とは、第1の端部と第2の端部の間の位置であって第1の端部と第2の端部の間の距離の1/2だけ第1の端部から離れた位置という意味である。

30

【0016】

本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、主磁極とシールドの一方は、媒体対向面に垂直な方向から見て、コアの前端面のトラック幅方向の外側に配置された少なくとも1つの非オーバーラップ部分を有していてもよい。この場合、帰磁路部は、少なくとも1つの非オーバーラップ部分に接続されていてよい。また、少なくとも1つの非オーバーラップ部分は、媒体対向面に垂直な方向から見て、コアの前端面のトラック幅方向の両側に配置された2つの非オーバーラップ部分であってもよい。

40

【0017】

また、本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、主磁極とシールドの一方は、媒体対向面に垂直な方向から見て、第1の領域にオーバーラップする第1および第2の部分を含んでいてもよい。第1および第2の部分は、第1の領域におけるトラック幅方向の中心の両側に位置する。第1および第2の部分は、それぞれ、媒体対向面に垂直な方向の長さであって、第1の領域におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大

50

きくなる長さを有していてもよい。

【0018】

また、本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、第1の端面と第2の端面は、互いに50～300nmの範囲内の距離を隔てていてもよい。この距離は、50～100nmの範囲内であってもよい。

【0019】

また、本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、コアは、コアを伝播する光に基づいてエバネッセント光を発生するエバネッセント光発生面を有し、プラズモンジェネレータは、エバネッセント光発生面に対して所定の間隔をもって対向するプラズモン励起部を有していてもよい。この場合、プラズモンジェネレータでは、プラズモン励起部において、エバネッセント光発生面より発生されるエバネッセント光と結合することによって表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンが近接場光発生部に伝播され、この表面プラズモンに基づいて近接場光発生部より近接場光が発生される。

10

【0020】

本発明の第2の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、コイルと、主磁極と、導波路と、プラズモンジェネレータとを備えている。コイルは、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。主磁極は、媒体対向面に配置された端面を有し、コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する。導波路は、媒体対向面に向いた前端面を有し光を伝播させるコアと、コアの周囲に配置されたクラッドとを有している。プラズモンジェネレータは、媒体対向面に配置された近接場光発生部を有し、コアを伝播する光に基づいてプラズモンジェネレータに表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンに基づいて近接場光発生部より近接場光を発生するように構成されている。

20

【0021】

コアの前端面は、記録媒体の進行方向における両端に位置する第1および第2の端部を有し、第1の端部は、第2の端部よりも、近接場光発生部により近い位置にある。コアの前端面を、第1の端部と第2の端部の中間の位置から第1の端部までの第1の領域と、中間の位置から第2の端部までの第2の領域に分けたときに、主磁極は、媒体対向面に垂直な方向から見て、コアの前端面のうちの第1の領域にのみオーバーラップする。

30

【0022】

本発明の第2の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、主磁極は、媒体対向面に垂直な方向から見て、第1の領域にオーバーラップする第1および第2の部分の有していてもよい。第1および第2の部分は、第1の領域におけるトラック幅方向の中心の両側に位置する。第1および第2の部分は、それぞれ、媒体対向面に垂直な方向の長さであって、第1の領域におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなる長さを有していてもよい。

【0023】

また、本発明の第2の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、コアは、コアを伝播する光に基づいてエバネッセント光を発生するエバネッセント光発生面を有し、プラズモンジェネレータは、エバネッセント光発生面に対して所定の間隔をもって対向するプラズモン励起部を有していてもよい。この場合、プラズモンジェネレータでは、プラズモン励起部において、エバネッセント光発生面より発生されるエバネッセント光と結合することによって表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンが近接場光発生部に伝播され、この表面プラズモンに基づいて近接場光発生部より近接場光が発生される。

40

【発明の効果】

【0024】

本発明の第1の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドでは、シールドと主磁極の一方は、媒体対向面に垂直な方向から見て、コアの前端面のうちの第1の領域にのみオーバーラップする。また、本発明の第2の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドでは、主磁極は、媒体対向

50

面に垂直な方向から見て、コアの前端面のうちの第1の領域にのみオーバーラップする。これらのことから、本発明の第1および第2の態様の熱アシスト磁気記録ヘッドによれば、近接場光発生部の近傍において、記録磁界強度の勾配が大きな記録磁界を発生させることが可能になり、その結果、線記録密度を高めることが可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す正面図である。

10

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態における主磁極の第1の例を示す平面図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態における主磁極の第2の例を示す平面図である。

【図8A】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す平面図である。

20

【図8B】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図8C】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図8D】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す斜視図である。

【図9】図8Aないし図8Dに示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図10】図9に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図11】図10に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図12】図11に示した工程に続く工程を示す説明図である。

30

【図13】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。

【図14】本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の一部を示す平面図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図16】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

40

【図18】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

【図19A】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す平面図である。

【図19B】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図19C】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図19D】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における一工程を示す斜視図である。

50

【図20】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法における他の一工程を示す説明図である。

【図21】本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。

【図22】本発明の第3の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図23】本発明の第3の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

【図24】本発明の第4の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図25】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図26】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す正面図である。

【図27】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

【図28】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図29】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

【図30】本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの他の一部を示す平面図である。

【図31】本発明の第6の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図32】本発明の第6の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

【図33】本発明の第6の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図34】本発明の第6の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

【図35】本発明の第7の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図36】本発明の第7の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図37】本発明の第7の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

【図38】本発明の第8の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

[第1の実施の形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。始めに、図1ないし図7を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成について説明する。図1は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図2は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す正面図である。図3は、熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。図4は、熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図5は、熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。図6は、主磁極の第1の例を示す平面図である。図7は、主磁極の第2の例を示す平面図である。

【0027】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、垂直磁気記録用であり、回転する記

10

20

30

40

50

録媒体の表面から浮上するスライダの形態を有している。記録媒体が回転すると、記録媒体とスライダとの間を通過する空気流によって、スライダに揚力が生じる。スライダは、この揚力によって記録媒体の表面から浮上するようになっている。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示したように、熱アシスト磁気記録ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面 6 0 を備えている。ここで、X 方向、Y 方向、Z 方向を以下のように定義する。X 方向は、記録媒体のトラック横断方向すなわちトラック幅方向である。Y 方向は、媒体対向面 6 0 に垂直な方向である。Z 方向は、スライダから見た記録媒体の進行方向である。X 方向、Y 方向、Z 方向は互いに直交している。

【 0 0 2 9 】

図 3 および図 4 に示したように、熱アシスト磁気記録ヘッドは、アルミニウムオキシド・チタニウムカーバイド ($Al_2O_3 \cdot TiC$) 等のセラミック材料よりなり、上面 1 a を有する基板 1 と、この基板 1 の上面 1 a 上に配置されたアルミナ (Al_2O_3) 等の絶縁材料よりなる絶縁層 2 と、この絶縁層 2 の上に配置された磁性材料よりなる下部シールド層 3 と、下部シールド層 3 を覆うように配置された絶縁膜である下部シールドギャップ膜 4 と、この下部シールドギャップ膜 4 の上に配置された再生素子としての MR (磁気抵抗効果) 素子 5 と、この MR 素子 5 に接続された 2 つのリード (図示せず) と、MR 素子 5 の上に配置された絶縁膜である上部シールドギャップ膜 6 と、この上部シールドギャップ膜 6 の上に配置された磁性材料よりなる上部シールド層 7 とを備えている。Z 方向は、基板 1 の上面 1 a に垂直な方向でもある。

【 0 0 3 0 】

MR 素子 5 の一端部は、記録媒体に対向する媒体対向面 6 0 に配置されている。MR 素子 5 には、AMR (異方性磁気抵抗効果) 素子、GMR (巨大磁気抵抗効果) 素子あるいは TMR (トンネル磁気抵抗効果) 素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。GMR 素子としては、磁氣的信号検出用の電流を、GMR 素子を構成する各層の面に対してほぼ平行な方向に流す CIP (Current In Plane) タイプでもよいし、磁氣的信号検出用の電流を、GMR 素子を構成する各層の面に対してほぼ垂直な方向に流す CPP (Current Perpendicular to Plane) タイプでもよい。

【 0 0 3 1 】

下部シールド層 3 から上部シールド層 7 までの部分は、再生ヘッド部を構成する。熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、上部シールド層 7 の上に配置された絶縁層 8 と、この絶縁層 8 の上に配置された磁性材料よりなる中間シールド層 9 とを備えている。絶縁層 8 は、例えばアルミナによって形成されている。

【 0 0 3 2 】

熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、シールド 1 6 と帰磁路部 3 0 と導波路とを備えている。シールド 1 6 および帰磁路部 3 0 は、磁性材料によって形成されている。帰磁路部 3 0 は、連結層 3 1, 3 2, 3 6, 3 7, 3 8, 3 9 を有している。導波路は、光を伝播させるコア 1 3 と、コア 1 3 の周囲に配置されたクラッドとを有している。コア 1 3 は、媒体対向面 6 0 に向いた前端面 1 3 a と、上面であるエバネッセント光発生面 1 3 b と、下面 1 3 c と、2 つの側面 1 3 d, 1 3 e とを有している。シールド 1 6 は、コア 1 3 の前端面 1 3 a の近傍に配置されている。コア 1 3 およびシールド 1 6 の形状および配置については、後で詳しく説明する。

【 0 0 3 3 】

クラッドは、クラッド層 1 2, 1 4, 1 5 を含んでいる。クラッド層 1 2 は、中間シールド層 9 の上に配置されている。コア 1 3 は、クラッド層 1 2 の上に配置されている。連結層 3 1, 3 2 は、コア 1 3 のトラック幅方向 (X 方向) の両側において、コア 1 3 に対して間隔をあけて、クラッド層 1 2 の上に配置されている。クラッド層 1 4 は、コア 1 3、シールド 1 6 および連結層 3 1, 3 2 の周囲においてクラッド層 1 2 の上に配置されている。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

連結層 31, 32 は、それぞれ媒体対向面 60 に垂直な方向 (Y 方向) に延びている。連結層 31, 32 のトラック幅方向 (X 方向) の幅は、媒体対向面 60 の近傍では、媒体対向面 60 からの距離によらずに一定であり、媒体対向面 60 から離れた位置では、媒体対向面 60 における幅よりも大きくなっている。連結層 36 は、媒体対向面 60 から離れた位置において連結層 31 の上に配置されている。連結層 37 は、媒体対向面 60 から離れた位置において連結層 32 の上に配置されている。クラッド層 15 は、連結層 36, 37 の周囲においてコア 13、クラッド層 14、シールド 16 および連結層 31, 32 の上に配置されている。

【0035】

コア 13 は、近接場光の発生に用いられるレーザ光を通過させる誘電体材料によって形成されている。コア 13 には、図示しないレーザダイオードから出射されたレーザ光が入射され、このレーザ光はコア 13 内を伝播する。クラッド層 12, 14, 15 は、コア 13 の屈折率よりも小さい屈折率を有する誘電体材料によって形成されている。コア 13 の材料としては、例えば、 Ta_2O_5 等の酸化タンタルや酸窒化ケイ素 (SiON) が用いられ、クラッド層 12, 14, 15 の材料としては、例えば、酸化ケイ素 (SiO_2) やアルミナが用いられる。

10

【0036】

熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、媒体対向面 60 の近傍において、コア 13 およびシールド 16 の上方に配置された主磁極 19 と、コア 13 およびシールド 16 の各々と主磁極 19 との間に配置されたプラズモンジェネレータ 40 とを備えている。プラズモンジェネレータ 40 は、後で説明する原理によって表面プラズモンが励起されるものである。プラズモンジェネレータ 40 は、例えば、Au、Ag、Al、Cu、Pd、Pt、Rh、Ir のいずれか、またはこれらのうちの複数の元素よりなる合金によって形成されている。主磁極 19 およびプラズモンジェネレータ 40 の形状および配置については、後で詳しく説明する。

20

【0037】

熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、プラズモンジェネレータ 40 の一部とクラッド層 15 を覆うように配置された誘電体層 17 と、プラズモンジェネレータ 40 および誘電体層 17 の上に配置された誘電体層 18 とを備えている。誘電体層 17 の厚み (Z 方向の寸法) は、媒体対向面 60 から離れた位置且つプラズモンジェネレータ 40 と主磁極 19 の間において、媒体対向面 60 から離れるに従って、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。

30

【0038】

連結層 36, 37 の一部は、誘電体層 17, 18 に埋め込まれている。連結層 38 は、連結層 36, 37 および誘電体層 18 の上に配置されている。熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、主磁極 19 および連結層 38 の周囲に配置された誘電体層 24 を備えている。主磁極 19、連結層 38 および誘電体層 24 の上面は平坦化されている。誘電体層 17, 18, 24 は、例えば、クラッド層 12, 14, 15 と同じ材料によって形成されている。

【0039】

熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、誘電体層 24 の上に配置されたコイル 25 と、コイル 25 を覆うように配置された絶縁層 26 とを備えている。連結層 39 は、主磁極 19、絶縁層 26 および連結層 38 の上に配置され、主磁極 19 と連結層 38 を磁氣的に連結している。コイル 25 は、平面渦巻き形状をなし、連結層 39 のうち連結層 38 の上に配置された部分を中心として巻回されている。コイル 25 は、銅等の導電材料によって形成されている。絶縁層 26 は、例えばアルミナによって形成されている。

40

【0040】

熱アシスト磁気記録ヘッドは、更に、連結層 39 を覆うように配置された保護層 27 を備えている。保護層 27 は、例えばアルミナによって形成されている。

【0041】

50

クラッド層 12 から連結層 39 までの部分は、記録ヘッド部を構成する。コイル 25 は、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。シールド 16、帰磁路部 30（連結層 31, 32, 36 ~ 39）および主磁極 19 は、コイル 25 が発生する磁界に対応した磁束を通過させる磁路を形成する。主磁極 19 は、コイル 25 によって発生された磁界に対応する磁束を通過させて、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する。

【0042】

以上説明したように、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面 60 と再生ヘッド部と記録ヘッド部とを備えている。再生ヘッド部と記録ヘッド部は、基板 1 の上に積層されている。記録ヘッド部は、再生ヘッド部に対して、記録媒体の進行方向（Z 方向）の前側（トレーリング側）に配置されている。

10

【0043】

記録ヘッド部は、コイル 25 と、主磁極 19 と、導波路と、シールド 16 と、帰磁路部 30 と、プラズモンジェネレータ 40 とを備えている。図 3 および図 4 に示したように、帰磁路部 30 は、連結層 31, 32, 36 ~ 39 を有し、主磁極 19、シールド 16 および帰磁路部 30 によって囲まれてコイル 25 の一部が通過する空間が形成されるように、主磁極 19 とシールド 16 とを接続している。

【0044】

導波路は、コア 13 とクラッドとを有している。クラッドは、クラッド層 12, 14, 15 を含んでいる。主磁極 19 は、コア 13 およびシールド 16 に対して、記録媒体の進行方向（Z 方向）の前側に配置されている。コア 13 は、前端面 13a とエバネッセント光発生面 13b とを有している。プラズモンジェネレータ 40 は、コア 13 のエバネッセント光発生面 13b およびシールド 16 の上面の上方であって、コア 13 およびシールド 16 の各々と主磁極 19 との間に配置されている。

20

【0045】

以下、主磁極 19、シールド 16、コア 13 およびプラズモンジェネレータ 40 について詳しく説明する。始めに、図 1 および図 5 を参照して、プラズモンジェネレータ 40 の形状について説明する。プラズモンジェネレータ 40 は、下面であるプラズモン励起部 40a と、上面 40b と、2つの側面 40c, 40d と、前端面 40e と、後端面 40f とを有している。前端面 40e は、媒体対向面 60 に配置され、プラズモン励起部 40a、上面 40b および 2つの側面 40c, 40d を連結している。前端面 40e は、プラズモン励起部 40a の前端に位置する近接場光発生部 40g を有している。近接場光発生部 40g は、後で説明する原理によって近接場光を発生する。媒体対向面 60 に平行なプラズモンジェネレータ 40 の断面の形状は、例えば矩形である。プラズモンジェネレータ 40 の厚み（Z 方向の寸法）は、媒体対向面 60 からの距離によらずにほぼ一定である。

30

【0046】

また、図 5 に示したように、プラズモンジェネレータ 40 は、媒体対向面 60 の近傍に配置された細幅部 41 と、この細幅部 41 よりも媒体対向面 60 から遠い位置に配置された幅広部 42 とを備えている。媒体対向面 60 およびエバネッセント光発生面 13b に平行な方向（X 方向）についての細幅部 41 の幅は、媒体対向面 60 からの距離によらずに一定であってもよいし、媒体対向面 60 に近づくに従って小さくなっていてもよい。幅広部 42 は、細幅部 41 に対して前端面 40e とは反対側に位置して細幅部 41 に連結されている。幅広部 42 のトラック幅方向（X 方向）の幅は、細幅部 41 との境界の位置では細幅部 41 と等しく、それ以外の位置では細幅部 41 よりも大きくなっている。

40

【0047】

前端面 40e の幅（トラック幅方向（X 方向）の寸法）は、媒体対向面 60 における細幅部 41 の幅によって規定される。前端面 40e の幅は、例えば 5 ~ 40 nm の範囲内である。また、前端面 40e の高さ（Z 方向の寸法）は、媒体対向面 60 における細幅部 41 の高さによって規定される。前端面 40e の高さは、例えば 5 ~ 40 nm の範囲内である。

50

【 0 0 4 8 】

次に、図 3、図 6 および図 7 を参照して、主磁極 1 9 の形状について説明する。主磁極 1 9 は、媒体対向面 6 0 に配置された第 1 の端面 1 9 a と、その反対側の後端面 1 9 b と、下面 1 9 c と、上面 1 9 d と、2 つの側面 1 9 e , 1 9 f とを有している。また、図 6 および図 7 に示したように、主磁極 1 9 は、媒体対向面 6 0 に配置された端面とその反対側の端部とを有する細幅部 1 9 A と、細幅部 1 9 A の端部に接続された幅広部 1 9 B とを含んでいる。幅広部 1 9 B のトラック幅方向 (X 方向) の幅は、細幅部 1 9 A のトラック幅方向 (X 方向) の幅よりも大きい。

【 0 0 4 9 】

細幅部 1 9 A のトラック幅方向の幅は、媒体対向面 6 0 からの距離によらずにほぼ一定である。図 6 に示した主磁極 1 9 の第 1 の例では、幅広部 1 9 B のトラック幅方向の幅は、細幅部 1 9 A との境界位置では細幅部 1 9 A のトラック幅方向の幅と等しく、媒体対向面 6 0 から離れるに従って、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。図 7 に示した主磁極 1 9 の第 2 の例では、幅広部 1 9 B のトラック幅方向の幅は、媒体対向面 6 0 からの距離によらずにほぼ一定である。媒体対向面 6 0 に垂直な方向 (Y 方向) についての細幅部 1 9 A の長さは、例えば 0 ~ 0 . 3 μm の範囲内である。この長さが 0 の場合は、細幅部 1 9 A がなく、幅広部 1 9 B の端面が媒体対向面 6 0 に配置される。

【 0 0 5 0 】

次に、図 1 ないし図 3、図 5 を参照して、シールド 1 6 およびコア 1 3 の形状および配置について説明する。シールド 1 6 は、媒体対向面 6 0 に配置された第 2 の端面 1 6 a と、その反対側の後端面 1 6 b と、下面 1 6 c と、上面 1 6 d と、2 つの側面 1 6 e , 1 6 f とを有している。また、シールド 1 6 は、トラック幅方向 (X 方向) の寸法が、基板 1 の上面 1 a に垂直な方向 (Z 方向) の寸法よりも大きい形状を有している。

【 0 0 5 1 】

主磁極 1 9 の第 1 の端面 1 9 a とシールド 1 6 の第 2 の端面 1 6 a は、記録媒体の進行方向 (Z 方向) について異なる位置に配置されている。本実施の形態では特に、第 1 の端面 1 9 a は、第 2 の端面 1 6 a に対して、記録媒体の進行方向の前側に配置されている。近接場光発生部 4 0 g は、第 1 の端面 1 9 a と第 2 の端面 1 6 a の間に配置されている。ここで、図 2 に示したように、第 1 の端面 1 9 a と第 2 の端面 1 6 a との間の距離を記号 D で表す。距離 D は、5 0 ~ 3 0 0 n m の範囲内であることが好ましく、5 0 ~ 1 0 0 n m の範囲内であることがより好ましい。

【 0 0 5 2 】

図 2 および図 3 に示したように、コア 1 3 の前端面 1 3 a は、媒体対向面 6 0 から離れた位置に配置された第 1 の部分 1 3 a 1 と、媒体対向面 6 0 に配置された第 2 の部分 1 3 a 2 とを含んでいる。本実施の形態では、第 2 の部分 1 3 a 2 は、第 1 の部分 1 3 a 1 に対して記録媒体の進行方向の後側に配置されている。また、第 1 の部分 1 3 a 1 と第 2 の部分 1 3 a 2 の間には、段差が形成されている。なお、前端面 1 3 a は、その全体が媒体対向面 6 0 から離れた位置に配置されていてもよい。

【 0 0 5 3 】

また、図 1 および図 2 に示したように、前端面 1 3 a は、記録媒体の進行方向 (Z 方向) における両端に位置する第 1 の端部 E 1 および第 2 の端部 E 2 を有している。第 1 の端部 E 1 は、第 2 の端部 E 2 に対して、記録媒体の進行方向の前側に配置されている。従って、第 1 の端部 E 1 は、第 2 の端部 E 2 よりも、近接場光発生部 4 0 g により近い位置にある。第 1 の端部 E 1 は、第 1 の部分 1 3 a 1 の記録媒体の進行方向の前側の端部でもある。第 2 の端部 E 2 は、第 2 の部分 1 3 a 2 の記録媒体の進行方向の後側の端部でもある。

【 0 0 5 4 】

図 2 において、点線は、第 1 の端部 E 1 と第 2 の端部 E 2 の中間の位置を示している。以下、この中間の位置を記号 C で表す。また、前端面 1 3 a を、中間の位置 C から第 1 の端部 E 1 までの第 1 の領域 R 1 と、中間の位置 C から第 2 の端部 E 2 までの第 2 の領域 R

10

20

30

40

50

2に分ける。第1の領域R1には、第1の部分13a1と、第2の部分13a2の一部が含まれる。第2の領域R2には、第2の部分13a2の残りの部分が含まれる。

【0055】

シールド16は、媒体対向面60に垂直な方向(Y方向)から見て、コア13の前端面13aのうちの第1の領域R1にのみオーバーラップしている。シールド16は、特に、第1の領域R1のうちの第1の部分13a1にのみオーバーラップしている。シールド16の後端面16bの一部は、第1の部分13a1に対向している。なお、後端面16bの一部は、第1の部分13a1に接していてもよいし、接していなくてもよい。後者の場合には、後端面16bの一部と第1の部分13a1の間にクラッドの一部が介在していてもよい。

10

【0056】

シールド16は、媒体対向面60に垂直な方向から見て第1の領域R1(第1の部分13a1)にオーバーラップするオーバーラップ部分161と、オーバーラップ部分161のトラック幅方向(X方向)の両側に配置された2つの非オーバーラップ部分162, 163とを有している。図5では、オーバーラップ部分161と非オーバーラップ部分162, 163の境界を点線で示している。オーバーラップ部分161は、第1の領域R1のトラック幅方向の中心の両側に位置する第1の部分161Aおよび第2の部分161Bを含んでいる。第1および第2の部分161A, 161Bは、媒体対向面60に垂直な方向から見て第1の領域R1(第1の部分13a1)にオーバーラップしている。図5に示したように、第1および第2の部分161A, 161Bは、それぞれ、媒体対向面60に垂直な方向の長さであって、第1の領域R1におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなる長さを有している。オーバーラップ部分161は、第1および第2の部分161A, 161Bの他に、第1の部分161Aと第2の部分161Bの間に位置する第3の部分を含んでいてもよい。第3の部分における媒体対向面60に垂直な方向の長さは、トラック幅方向の位置によらずに一定である。

20

【0057】

2つの非オーバーラップ部分162, 163は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、コア13の前端面13aのトラック幅方向の両側に配置されている。従って、非オーバーラップ部分162, 163は、前端面13aにオーバーラップしていない。媒体対向面60に垂直な方向についての非オーバーラップ部分162, 163のそれぞれの最大の長さは、同方向についてのオーバーラップ部分161の長さよりも大きい。帰磁路部30の連結層31は、非オーバーラップ部分162に接続されている。具体的には、連結層31は、シールド16の後端面16bおよび下面16cのうちの非オーバーラップ部分162に属する部分に接している。帰磁路部30の連結層32は、非オーバーラップ部分163に接続されている。具体的には、連結層32は、シールド16の後端面16bおよび下面16cのうちの非オーバーラップ部分163に属する部分に接している。

30

【0058】

シールド16の上面16dとコア13のエバネッセント光発生面13bは、同一平面上に位置している。なお、後で、他の実施の形態で説明するように、上面16dとエバネッセント光発生面13bは、記録媒体の進行方向(Z方向)について異なる位置に配置されていてもよい。プラズモンジェネレータ40のプラズモン励起部40aは、上面16dおよびエバネッセント光発生面13bに対して所定の間隔をもって対向している。上面16dおよびエバネッセント光発生面13bの各々とプラズモン励起部40aとの間には、クラッド層15の一部が介在している。

40

【0059】

主磁極19の下面19cは、誘電体層17, 18を介してプラズモンジェネレータ40の上面40bの一部に対向している。下面19cの一部における任意の位置の基板1の上面1aからの距離は、任意の位置が媒体対向面60から離れるに従って大きくなっている。その結果、下面19cの一部とコア13のエバネッセント光発生面13bとの間の距離は、媒体対向面60から離れるに従って大きくなっている。これにより、本実施の形態に

50

よれば、コア13を伝播する光の一部が主磁極19に吸収されることを防止することができると共に、プラズモン励起部40aに励起された表面プラズモンの一部が主磁極19に吸収されることを防止することができる。

【0060】

次に、本実施の形態における近接場光発生原理と、近接場光を用いた熱アシスト磁気記録の原理について詳しく説明する。図示しないレーザダイオードから出射されたレーザ光はコア13に入射される。図3に示したように、レーザ光50は、コア13内を媒体対向面60に向けて伝播して、プラズモンジェネレータ40の近傍に達する。コア13のエバネッセント光発生面13bは、コア13を伝播するレーザ光50に基づいてエバネッセント光を発生する。すなわち、エバネッセント光発生面13bにおいてレーザ光50が全反射することによって、エバネッセント光発生面13bは、クラッド層15にしみ出すエバネッセント光を発生する。プラズモンジェネレータ40では、プラズモン励起部40aにおいて、上記エバネッセント光と結合することによって表面プラズモンが励起され、この表面プラズモンが近接場光発生部40gに伝播され、この表面プラズモンに基づいて近接場光発生部40gより近接場光を発生する。

10

【0061】

近接場光発生部40gより発生された近接場光は、記録媒体に向けて照射され、記録媒体の表面に達し、記録媒体の磁気記録層の一部を加熱する。これにより、その磁気記録層の一部の保磁力が低下する。熱アシスト磁気記録では、このようにして保磁力が低下した磁気記録層の一部に対して、主磁極19より発生される記録磁界を印加することによってデータの記録が行われる。

20

【0062】

次に、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド特有の作用および効果について説明する。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、シールド16は、熱アシスト磁気記録ヘッドの外部から熱アシスト磁気記録ヘッドに印加された外乱磁界を取り込む。これにより、外乱磁界が主磁極19に集中して取り込まれることによって記録媒体に対して誤った記録が行なわれることを防止することができる。また、シールド16は、主磁極19の第1の端面19aより発生されて記録媒体の面に垂直な方向以外の方向に広がる磁束を取り込んで、この磁束が記録媒体に達することを阻止する機能を有している。これにより、記録磁界強度の勾配を大きくすることができる。また、シールド16と帰磁路部30は、主磁極19の第1の端面19aより発生されて、記録媒体を磁化した磁束を、主磁極19に還流させる機能を有している。

30

【0063】

ここで、特許文献2に開示されているような、下部シールドと主磁極との間にコアとプラズモンジェネレータとが配置された構成の比較例のヘッドについて考える。この比較例のヘッドでは、媒体対向面における主磁極の端面と下部シールドの端面との間の距離が、本実施の形態における主磁極19の第1の端面19aとシールド16の第2の端面16aとの間の距離Dよりも、少なくともコアの厚みの分だけ大きくなる。そのため、比較例のヘッドでは、下部シールドの機能が十分に発揮されず、記録磁界強度の勾配を大きくして線記録密度を高めることは難しい。

40

【0064】

これに対し、本実施の形態では、シールド16は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、コア13の前端面13aのうち、主磁極19により近い第1の領域R1にのみオーバーラップしている。これにより、本実施の形態によれば、比較例のヘッドに比べて、容易に、主磁極19の第1の端面19aとシールド16の第2の端面16aとを近づけることができる。具体的には、本実施の形態によれば、容易に、距離Dが50~300nmの範囲内となるように、第1の端面19aと第2の端面16aとを近づけることが可能である。その結果、本実施の形態によれば、前述のシールド16の機能を効果的に発揮させて、記録磁界強度の勾配を大きくすることが可能になる。なお、距離Dの下限値50nmは、第1の端面19aと第2の端面16aの間に近接場光発生部40gを配置するために必要

50

な大きさである。記録磁界強度の勾配を大きくするためには、距離Dは小さい方がよい。これらのことから、距離Dは、50～300nmの範囲内であることが好ましく、50～100nmの範囲内であることがより好ましい。

【0065】

また、本実施の形態では、プラズモンジェネレータ40の近接場光発生部40gは、媒体対向面60において、第1の端面19aと第2の端面16aとの間に配置されている。これにより、近接場光発生部40gの近傍において、記録磁界強度の勾配が大きな記録磁界を発生させることができる。これらのことから、本実施の形態によれば、線記録密度を高めることが可能になる。

【0066】

なお、比較例のヘッドにおいて、コアの前端面を媒体対向面から離れた位置に配置し、コアの前端面と媒体対向面との間に下部シールドを配置することも考えられる。この場合には、下部シールドとコアの前端面が広い面積にわたって対向する。この構成では、コアを伝播する光が前端面を通過して下部シールドに入射し、下部シールドが加熱されて膨張し、下部シールドが記録媒体に向けて突出し、記録媒体に衝突しやすくなるという問題が発生する。これを防止するため、媒体対向面と記録媒体との距離を大きくすると、オーバーライト特性等の記録特性が劣化したり、エラーレートが大きくなったりするといった問題が発生する。これに対し、本実施の形態では、シールド16は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、前端面13aのうちの第1の領域R1にのみオーバーラップしている。すなわち、前端面13aのうち少なくとも第2の領域R2と媒体対向面60との間には、シールド16が存在していない。これにより、本実施の形態によれば、シールド16とコア13の前端面13aが広い面積にわたって対向することがなく、上記の問題が発生することを防止することができる。

【0067】

また、本実施の形態では、シールド16は、トラック幅方向(X方向)の寸法が、基板1の上面1aに垂直な方向(Z方向)の寸法よりも大きい形状を有している。そのため、シールド16が、前端面13aのうちの第1の領域R1にのみオーバーラップしていても、シールド16のトラック幅方向の両側の2つの部分の少なくとも一方に、帰磁路部30を接続することが可能である。

【0068】

上記の問題の発生をより確実に防止するために、前端面13aのうち、媒体対向面60に垂直な方向から見てシールド16がオーバーラップする領域は、中間の位置Cよりも第1の端部E1により近い位置(第1の端部E1は含まない)から第1の端部E1までの領域のみであってもよい。例えば、前端面13aのうち、媒体対向面60に垂直な方向から見てシールド16がオーバーラップする領域は、第1の端部E1と第2の端部E2の間の位置であって第1の端部E1と第2の端部E2の間の距離の1/4だけ第1の端部E1から離れた位置から、第1の端部E1までの領域のみであってもよい。本実施の形態では、この要件を満たしている。

【0069】

また、本実施の形態では、プラズモンジェネレータ40のリーディング側であって、近接場光発生部40gの近傍に、金属磁性材料よりなるシールド16が設けられている。シールド16の上面16dは、プラズモンジェネレータ40のプラズモン励起部40aに近いことから、この上面16dにも表面プラズモンが励起される。そして、近接場光発生部40gの近傍において、プラズモン励起部40a上の表面プラズモンが発生する電気力線と、シールド16の上面16d上の表面プラズモンが発生する電気力線とが互いに結ばれて、近接場光発生部40gの近傍の狭い範囲内で、高密度の電気力線が発生する。これにより、近接場光発生部40gより発生される近接場光の広がりが抑制される。このように、本実施の形態におけるシールド16は、近接場光の広がりを抑制する機能も有する。そして、この機能により、本実施の形態によれば、トラック幅を縮小して、記録密度を高めることが可能になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

また、本実施の形態では、シールド 16 のオーバーラップ部分 161 は、第 1 および第 2 の部分 161A, 161B を含み、第 1 および第 2 の部分 161A, 161B の媒体対向面 60 に垂直な方向の長さは、第 1 の領域 R1 におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなっている。これにより、本実施の形態によれば、シールド 16 の途中で磁束が飽和することを防止しながら、シールド 16 の前述の機能を高めることができる。

【 0 0 7 1 】

次に、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法について説明する。この熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法は、複数の熱アシスト磁気記録ヘッドの基板 1 と
10
なる部分を含む基板の上に、複数の熱アシスト磁気記録ヘッドの基板 1 以外の構成要素を形成して、それぞれ後に熱アシスト磁気記録ヘッドとなるヘッド予定部が複数列に配列された基礎構造物を作製する工程と、この基礎構造物を切断することによって複数のヘッド予定部を互いに分離して、複数の熱アシスト磁気記録ヘッドを形成する工程とを備えている。複数の熱アシスト磁気記録ヘッドを形成する工程では、切断によって形成された面を研磨して媒体対向面 60 を形成する。

【 0 0 7 2 】

以下、1つの熱アシスト磁気記録ヘッドに注目して、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法を更に詳しく説明する。この熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法では、まず、基板 1 の上に、絶縁層 2、下部シールド層 3 および下部シールドギャップ
20
膜 4 を順に形成する。次に、下部シールドギャップ膜 4 の上に MR 素子 5 と、MR 素子 5 に接続される図示しない 2 つのリードとを形成する。次に、MR 素子 5 およびリードを覆うように上部シールドギャップ膜 6 を形成する。次に、上部シールドギャップ膜 6 の上に、上部シールド層 7、絶縁層 8、中間シールド層 9 およびクラッド層 12 を順に形成する。

【 0 0 7 3 】

以下、図 8A ないし図 8D ならびに図 9 ないし図 12 を参照して、クラッド層 12 を形成した後、シールド 16 を形成するまでの工程について説明する。図 8A ないし図 8D ならびに図 9 ないし図 12 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの製造過程における積層体を示している。図 8A および図 9 ないし図 12 の (a) は、積層体の一部を示す平面図である。
30
図 8B、図 8C、図 9 ないし図 12 の (b) および (c) は、積層体の一部を示す断面図である。図 8D は、積層体の一部を示す斜視図である。なお、図 8B ないし図 8D、図 9 ないし図 12 の (b) および (c) では、クラッド層 12 よりも下の部分を省略している。図 8B および図 9 ないし図 12 の (b) は、それぞれ、主磁極 19 の第 1 の端面 19a と交差し、媒体対向面 60 および基板 1 の上面 1a に垂直な断面を示している。図 8C、図 9 ないし図 12 の (c) は、それぞれ、積層体における媒体対向面 60 が形成される予定の位置の断面を示している。図 8A、図 8B、図 9 ないし図 12 の (a) および (b) において、記号 “ABS” は、媒体対向面 60 が形成される予定の位置を表している。

【 0 0 7 4 】

図 8A ないし図 8D は、クラッド層 12 を形成した後の工程を示している。この工程では、まず、クラッド層 12 の上に、コア 13 および連結層 31, 32 を形成する。次に、
40
コア 13 および連結層 31, 32 を覆うようにクラッド層 14 を形成する。次に、例えば化学機械研磨 (以下、CMP と記す。) によって、コア 13 および連結層 31, 32 が露出するまでクラッド層 14 を研磨する。

【 0 0 7 5 】

図 9 は、次の工程を示す。この工程では、まず、積層体の上面の上に、シールド 16 の平面形状に対応した形状の開口部 70a を有するマスク 70 を形成する。マスク 70 は、
50
後に容易に除去できるように、図 9 (b) に示したように、アンダーカットを有する形状のものであることが好ましい。アンダーカットを有する形状のマスク 70 としては、例えば、図 9 (b) に示したように、下層 71 と上層 72 からなるものを用いることができる

。上層 72 は、フォトリソグラフィによってパターニングされたフォトレジストによって形成されている。下層 71 は、例えば、上層 72 をパターニングする際に用いられる現像液によって溶解される材料によって形成されている。

【0076】

次に、マスク 70 をエッチングマスクとして用いて、例えばイオンビームエッチングによって、コア 13、クラッド層 14 および連結層 31, 32 の一部をエッチングする。これにより、積層体に後に形成されるシールド 16 を収容するための溝部が形成されると共に、コア 13 の前端面 13a の第 1 の部分 13a1 が形成される。

【0077】

図 10 は、次の工程を示す。この工程では、例えばイオンビームデポジション法によって、積層体の上面全体の上に、後にシールド 16 となる磁性層 16P を形成する。磁性層 16P を形成するための材料は、前述の溝部上およびマスク 70 の上層 72 の表面上に堆積する。このうち、溝部上に堆積した部分が磁性層 16P となる。磁性層 16P は、その上面が、コア 13 のエバネッセント光発生面 13b よりも上方に配置されるように形成される。

10

【0078】

次に、図 11 に示したように、マスク 70 をリフトオフする。次に、図 12 に示したように、磁性層 16P の上面がエバネッセント光発生面 13b の位置に達するまで、例えば CMP によって、磁性層 16P の上面をわずかに研磨する。これにより、磁性層 16P はシールド 16 となる。

20

【0079】

以下、図 3 および図 4 を参照して、シールド 16 を形成した後の工程について説明する。まず、積層体の上面全体の上にクラッド層 15 を形成する。次に、クラッド層 15 の上に、プラズモンジェネレータ 40、誘電体層 17 および誘電体層 18 を順に形成する。次に、クラッド層 15 および誘電体層 17, 18 を選択的にエッチングして、クラッド層 15 および誘電体層 17, 18 に、連結層 31, 32 の上面を露出させる 2 つの開口部を形成する。次に、この 2 つの開口部の位置で、連結層 31, 32 の上に連結層 36, 37 を形成する。次に、誘電体層 18 の上に主磁極 19 を形成し、誘電体層 18 および連結層 36, 37 の上に連結層 38 を形成する。次に、主磁極 19 および連結層 38 を覆うように誘電体層 24 を形成する。次に、例えば CMP によって、主磁極 19 および連結層 38 が露出するまで誘電体層 24 を研磨する。

30

【0080】

次に、誘電体層 24 の上にコイル 25 を形成する。次に、コイル 25 を覆うように絶縁層 26 を形成する。次に、主磁極 19、絶縁層 26 および連結層 38 の上に、連結層 39 を形成する。次に、連結層 39 を覆うように保護層 27 を形成する。次に、保護層 27 の上面に配線や端子等を形成する。このようにして、基礎構造物が完成したら、この基礎構造物を切断することによって複数のヘッド予定部を互いに分離し、研磨による媒体対向面 60 の形成、浮上用レールの作製等を行って、熱アシスト磁気記録ヘッドが完成する。媒体対向面 60 が形成されることにより、コア 13 の前端面 13a の第 2 の部分 13a2 が形成される。

40

【0081】

[変形例]

次に、図 13 および図 14 を参照して、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例について説明する。図 13 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。図 14 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の一部を示す平面図である。変形例では、シールド 16 は、図 2 および図 5 に示したオーバーラップ部分 161 の代わりに、オーバーラップ部分 164 を有している。図 13 では、オーバーラップ部分 164 と非オーバーラップ部分 162, 163 の境界を点線で示している。オーバーラップ部分 164 は、媒体対向面 60 に垂直な方向から見て第 1 の領域 R1 (図 2 参照) にオーバーラップしている。図 14 に示したように、オーバーラップ部分 164 の媒体対向面 60

50

に垂直な方向（Y方向）の長さは、トラック幅方向（X方向）の位置によらずに一定である。媒体対向面60に垂直な方向についての非オーバーラップ部分162, 163のそれぞれの最大の長さは、同方向についてのオーバーラップ部分164の長さよりも大きい。

【0082】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。始めに、図15ないし図18を参照して、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成について説明する。図15は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図16は、熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。図17は、熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図18は、熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

10

【0083】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第1の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、帰磁路部30は、連結層31, 32の代わりに、連結層33, 34, 35を有している。また、熱アシスト磁気記録ヘッドは、中間シールド層9とクラッド層12との間に配置された非磁性材料よりなる非磁性層10と、図示しない絶縁層とを備えている。連結層33は、媒体対向面60に配置された端面を有し、非磁性層10とクラッド層12との間に配置されている。媒体対向面60から離れた位置における連結層33のトラック幅方向（X方向）の幅は、媒体対向面60における幅よりも大きい。図示しない絶縁層は、非磁性層10とクラッド層12との間において連結層33の周囲に配置されている。非磁性層10および図示しない絶縁層は、例えばアルミナによって形成されている。

20

【0084】

連結層34, 35は、媒体対向面60の近傍に配置され、且つ、コア13のトラック幅方向（X方向）の両側において、コア13に対して間隔をあけて、連結層33の上に配置されている。連結層34は、シールド16の非オーバーラップ部分162に接続されている。具体的には、連結層34は、シールド16の外面のうちの少なくとも下面16cにおける非オーバーラップ部分162に属する部分に接している。連結層35は、シールド16の非オーバーラップ部分163に接続されている。具体的には、連結層35は、シールド16の外面のうちの少なくとも下面16cにおける非オーバーラップ部分163に属する部分に接している。

30

【0085】

本実施の形態では、連結層36, 37は、それぞれ、第1層と、この第1層の上に配置された第2層とを有している。連結層36の第1層と連結層37の第1層は、連結層34, 35よりも媒体対向面60からより遠い位置に配置され、且つ、コア13のトラック幅方向（X方向）の両側において、コア13に対して間隔をあけて、連結層33の上に配置されている。連結層34, 35および連結層36, 37のそれぞれの第1層の周囲には、クラッド層12, 14が配置されている。連結層36, 37のそれぞれの第2層の周囲には、クラッド層15および誘電体層17, 18が配置されている。連結層38の下面は、連結層36, 37のそれぞれの第2層の上面に接している。

40

【0086】

次に、図19Aないし図19Dおよび図20を参照して、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法について説明する。図19Aないし図19Dおよび図20の(a)ないし(c)は、熱アシスト磁気記録ヘッドの製造過程における積層体を示している。図19Aおよび図20の(a)は、積層体の一部を示す平面図である。図19B、図19C、図20の(b)および(c)は、積層体の一部を示す断面図である、図19Dは、積層体の一部を示す斜視図である。なお、図19Bないし図19Dならびに図20の(b)および(c)では、連結層33よりも下の部分を省略している。図19Bおよび図20の(b)は、それぞれ、主磁極19の第1の端面19aと交差し、媒体対向面60および基板1の上面1aに垂直な断面を示している。図19Cおよび図20の(c)は、それ

50

ぞれ、積層体における媒体対向面 60 が形成される予定の位置の断面を示している。図 19 A、図 19 B、図 20 の (a) および (b) において、記号 “ABS” は、媒体対向面 60 が形成される予定の位置を表している。

【0087】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法は、中間シールド層 9 を形成する工程までは、第 1 の実施の形態と同様である。本実施の形態では、次に、非磁性層 10 および連結層 33 を順に形成する。次に、連結層 33 を覆うように図示しない絶縁層を形成する。次に、例えば CMP によって、連結層 33 が露出するまで図示しない絶縁層を形成する。次に、積層体の上面全体の上にクラッド層 12 を形成する。次に、クラッド層 12 を選択的にエッチングして、クラッド層 12 に、連結層 33 の上面を露出させる 4 つの開口部を形成する。次に、この 4 つの開口部の位置で、連結層 33 の上に、連結層 34、35 と、連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層を形成する。次に、クラッド層 12 の上に、コア 13 を形成する。なお、コア 13 を形成した後に、連結層 34、35 と連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層を形成してもよい。次に、コア 13、連結層 34、35 および連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層を覆うようにクラッド層 14 を形成する。次に、例えば CMP によって、コア 13、連結層 34、35 および連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層が露出するまで、クラッド層 14 を研磨する。図 19 A ないし図 19 D は、クラッド層 14 を研磨した後の積層体を示している。

10

【0088】

次に、第 1 の実施の形態と同様に、シールド 16 を形成する。図 20 は、シールド 16 を形成した後の積層体を示している。次に、クラッド層 15、プラズモンジェネレータ 40、誘電体層 17 および誘電体層 18 を順に形成する。次に、クラッド層 15 および誘電体層 17、18 を選択的にエッチングして、クラッド層 15 および誘電体層 17、18 に、連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層の上面を露出させる 2 つの開口部を形成する。次に、連結層 36、37 のそれぞれの第 1 層の上に、連結層 36、37 のそれぞれの第 2 層を形成する。その後の工程は、第 1 の実施の形態と同様である。

20

【0089】

[変形例]

次に、図 21 を参照して、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例について説明する。図 21 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。変形例では、シールド 16 は、図 16 および図 18 に示したオーバーラップ部分 161 の代わりに、第 1 の実施の形態で説明したオーバーラップ部分 164 を有している。図 21 では、オーバーラップ部分 164 と非オーバーラップ部分 162、163 の境界を点線で示している。

30

【0090】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0091】

[第 3 の実施の形態]

次に、図 22 および図 23 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。図 22 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図 23 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。

40

【0092】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第 1 の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、媒体対向面 60 から離れた位置において誘電体層 18 の上に配置された誘電体層 20 を備えている。誘電体層 20 の厚み (Z 方向の寸法) は、媒体対向面 60 から離れるに従って、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。本実施の形態では、主磁極 19 は、誘電体層 18、20 の上に配置されている。連結層 36、37 の一部は、誘電体層 20 に埋め込まれている。連結層 38 は、連結層 36、37 および誘電体層 20 の上に配置されている。誘電体層

50

24は、主磁極19および連結層38の周囲において誘電体層20の上に配置されている。誘電体層20は、例えばアルミナによって形成されている。

【0093】

また、本実施の形態では、コア13のエバネッセント光発生面13bは、媒体対向面60に近い順に配置された傾斜部分13b1と水平部分13b2とを含んでいる。傾斜部分13b1は、媒体対向面60により近い前端部と、その反対側の後端部とを有している。傾斜部分13b1の前端部は、コア13の前端面13aの第1の部分13a1の記録媒体の進行方向(Z方向)の前側の端部でもあり、前端面13aの第1の端部E1でもある。水平部分13b2は、傾斜部分13b1の後端部に接続されている。

【0094】

また、本実施の形態では、プラズモンジェネレータ40のプラズモン励起部40aは、媒体対向面60に近い順に配置された傾斜部分40a1と水平部分40a2とを含んでいる。傾斜部分40a1は、シールド16の上面16dの一部とエバネッセント光発生面13bの傾斜部分13b1に対向し、媒体対向面60に配置された前端部と、その反対側の後端部とを有している。水平部分40a2は、エバネッセント光発生面13bの水平部分13b2に対向し、傾斜部分40a1の後端部に接続されている。近接場光発生部40gは、傾斜部分40a1の前端に位置している。

【0095】

ここで、コア13の内部を通過し、コア13を伝播するレーザ光50の進行方向に平行な仮想の直線を想定する。図23において、符号Lを付した一点鎖線の直線は、上記仮想の直線を表している。仮想の直線Lは、コア13の前端面13aと交差する。エバネッセント光発生面13bの傾斜部分13b1およびプラズモン励起部40aの傾斜部分40a1は、いずれも、媒体対向面60に近づくに従って、仮想の直線Lからの距離が小さくなるように、仮想の直線Lに対して傾斜している。すなわち、傾斜部分13b1、40a1は、それぞれ、その前端部がその後端部に対して記録媒体の進行方向(Z方向)の後側に配置されるように傾斜している。なお、シールド16の上面16dの一部は、傾斜部分13b1に連続し、傾斜部分13b1と同様に傾斜している。

【0096】

エバネッセント光発生面13bの水平部分13b2とプラズモン励起部40aの水平部分40a2は、いずれも、実質的に媒体対向面60に垂直な方向(Y方向)に延在している。

【0097】

本実施の形態では、前述のように、エバネッセント光発生面13bの一部である傾斜部分13b1とプラズモンジェネレータ40のプラズモン励起部40aの一部である傾斜部分40a1は、いずれも、媒体対向面60に近づくに従って、仮想の直線Lからの距離が小さくなるように、仮想の直線Lに対して傾斜している。これにより、エバネッセント光発生面13bが水平部分13b2のみを含み、プラズモン励起部40aが水平部分40a2のみを含む場合、すなわち、エバネッセント光発生面13bの全体とプラズモン励起部40aの全体が、それぞれ、コア13を伝播するレーザ光50の進行方向に平行に配置されている場合に比べて、コア13を伝播するレーザ光50のうち、エバネッセント光発生面13bに到達するレーザ光50の量を多くすることができる。その結果、本実施の形態によれば、エバネッセント光発生面13bより多くのエバネッセント光を発生させて、プラズモンジェネレータ40に多くの表面プラズモンを励起させることが可能になる。

【0098】

なお、本実施の形態における帰磁路部30の構成は、第2の実施の形態と同じであってもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1または第2の実施の形態と同様である。

【0099】

[第4の実施の形態]

次に、図24を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド

10

20

30

40

50

について説明する。図24は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第1の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、シールド16は、その上面16dが、コア13のエバネッセント光発生面13bに対して、記録媒体の進行方向（Z方向）の後側に配置されるように、その一部がコア13に埋め込まれている。コア13の前端面13aにおいて、第2の部分13a2の一部は、シールド16の第2の端面16aに対して、記録媒体の進行方向の前側に配置されている。前端面13aの第1の端面E1は、第2の部分13a2の記録媒体の進行方向の前側の端部によって構成されている。

【0100】

なお、本実施の形態における帰磁路部30の構成は、第2の実施の形態と同じであってもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1または第2の実施の形態と同様である。

【0101】

[第5の実施の形態]

次に、図25ないし図30を参照して、本発明の第5の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。図25は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図26は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す正面図である。図27は、熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。図28は、熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。なお、図27および図28では、第2の実施の形態で説明した図示しない絶縁層を符号11で示している。図29は、熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。図30は、熱アシスト磁気記録ヘッドの他の一部を示す平面図である。

【0102】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第2の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、コア13は、エバネッセント光発生面13bで開口する溝部13gを有している。溝部13gは、コア13の側面13d、13eから媒体対向面60にかけて形成されており、上方から見て媒体対向面60にY字の下端が位置するほぼY字形状をなしている。

【0103】

また、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、第2の実施の形態における主磁極19およびシールド16の代わりに、主磁極21およびシールド23を備えている。主磁極21の一部は、溝部13gに収容されている。シールド23は、コア13および主磁極21に対して、記録媒体の進行方向（Z方向）の前側に配置されている。プラズモンジェネレータ40は、コア13および主磁極21の各々とシールド23との間に配置されている。

【0104】

主磁極21は、媒体対向面60に配置された第1の端面21aと、下面21cと、上面21dとを有している。主磁極21の上面21dとエバネッセント光発生面13bは、同一平面上に位置している。なお、主磁極21は、コア13に接していてもよいし、接していてもよい。後者の場合には、主磁極21とコア13との間にクラッドの一部が介在していてもよい。また、主磁極21は、トラック幅方向（X方向）の寸法が、基板1の上面1aに垂直な方向（Z方向）の寸法よりも大きい形状を有している。

【0105】

シールド23は、媒体対向面60に配置された第2の端面23aと、その反対側の後端面23bと、下面23cと、上面23dと、2つの側面23e、23fとを有している。

【0106】

主磁極21の第1の端面21aは、シールド23の第2の端面23aに対して、記録媒体の進行方向（Z方向）の後側に配置されている。プラズモンジェネレータ40の近接場光発生部40gは、第1の端面21aと第2の端面23aの間に配置されている。

10

20

30

40

50

【0107】

コア13の前端面13aは、第1の実施の形態と同様に、第1の部分13a1と第2の部分13a2とを含んでいる。本実施の形態では、第2の部分13a2は、主磁極21の第1の端面21aのトラック幅方向(X方向)の両側および記録媒体の進行方向(Z方向)の後側に配置されている。第1の部分13a1は、溝部13gの壁面のうち、媒体対向面60に垂直な方向(Y方向)から見て、第1の端面21aとオーバーラップする部分によって構成されている。前端面13aの第1の端部E1は、第1および第2の部分13a1, 13a2のそれぞれの記録媒体の進行方向の前側の端部によって構成されている。前端面13aの第2の端部E2は、第2の部分13a2の記録媒体の進行方向の後側の端部によって構成されている。

10

【0108】

図26において、第1の端部E1と第2の端部E2の中間の位置Cから第1の端部E1までの領域が前端面13aの第1の領域R1であり、中間の位置Cから第2の端部E2までの領域が前端面13aの第2の領域R2である。主磁極21は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、コア13の前端面13aのうちの第1の領域R1にのみオーバーラップしている。

【0109】

主磁極21は、コア13の溝部13gに收容されたオーバーラップ部分211と、媒体対向面60に露出せず、オーバーラップ部分211のトラック幅方向(X方向)の両側に配置された2つの非オーバーラップ部分212, 213とを有している。オーバーラップ部分211は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、第1の領域R1にオーバーラップしている。2つの非オーバーラップ部分212, 213は、媒体対向面60に垂直な方向から見て、コア13の前端面13aのトラック幅方向の両側に配置されている。従って、非オーバーラップ部分212, 213は、前端面13aにオーバーラップしていない。媒体対向面60に垂直な方向についての非オーバーラップ部分212, 213の最大の長さは、同方向についてのオーバーラップ部分211の長さよりも大きい。帰磁路部30の連結層34は、非オーバーラップ部分212に接続されている。具体的には、連結層34は、主磁極21の外面のうちの少なくとも下面21cにおける非オーバーラップ部分212に属する部分に接している。帰磁路部30の連結層35は、非オーバーラップ部分213に接続されている。具体的には、連結層35は、主磁極21の外面のうちの少なくとも下面21cにおける非オーバーラップ部分213に属する部分に接している。なお、本実施の形態では、連結層33~35は、媒体対向面60に露出していない。

20

30

【0110】

図29に示したように、オーバーラップ部分211は、第1の領域R1のトラック幅方向の中心の両側に位置する第1および第2の部分を含んでいる。第1および第2の部分は、媒体対向面60に垂直な方向から見て第1の領域R1にオーバーラップしている。第1および第2の部分は、それぞれ、媒体対向面60に垂直な方向の長さであって、第1の領域R1におけるトラック幅方向の中心から離れるに従って大きくなる長さを有している。オーバーラップ部分211は、第1および第2の部分の他に、第1の部分と第2の部分の間に位置する第3の部分を含んでいてもよい。第3の部分における媒体対向面60に垂直な方向の長さは、トラック幅方向の位置によらずに一定である。

40

【0111】

また、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、誘電体層17, 18の代わりに、誘電体層22を備えている。誘電体層22は、プラズモンジェネレータ40およびクラッド層15を覆うように配置されている。シールド23は、誘電体層22の上に配置されている。帰磁路部30の連結層36, 37の一部は、誘電体層22に埋め込まれている。帰磁路部30の連結層38は、連結層36, 37および誘電体層22の上に配置されている。誘電体層24は、シールド23および連結層38の周囲において誘電体層22の上に配置されている。帰磁路部30の連結層39は、媒体対向面60に配置された端面を有し、シールド23、誘電体層24、絶縁層26および連結層38の上に配置され、シール

50

ド 2 3 と連結層 3 8 を磁氣的に連結している。誘電体層 2 2 は、例えばアルミナによって形成されている。

【 0 1 1 2 】

また、本実施の形態では、プラズモンジェネレータ 4 0 の厚み (Z 方向の寸法) は、媒体対向面 6 0 から離れるに従って、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。プラズモンジェネレータ 4 0 の厚み (Z 方向の寸法) が小さくなると、表面プラズモンの励起効率が低下して、励起される表面プラズモンが少なくなる。そのため、プラズモンジェネレータ 4 0 の厚みは、ある程度大きいことが好ましい。本実施の形態では、プラズモンジェネレータ 4 0 の一部の厚み (Z 方向の寸法) は、媒体対向面 6 0 から離れるに従って、徐々に大きくなっている。これにより、本実施の形態では、媒体対向面 6 0 から離れた位置におけるプラズモンジェネレータ 4 0 の厚みを大きくしながら、前端面 4 0 e の Z 方向の寸法を小さくすることができる。その結果、本実施の形態によれば、スポット径が小さく、且つ十分な強度の近接場光を発生させることが可能になる。

10

【 0 1 1 3 】

第 1 の実施の形態では、下部シールドとコアの前端面が広い面積にわたって対向する場合に発生する問題について説明した。この問題は、主磁極とコアの前端面が広い面積にわたって対向する場合にも発生する。本実施の形態では、主磁極 2 1 は、媒体対向面 6 0 に垂直な方向から見て、前端面 1 3 a のうちの第 1 の領域 R 1 にのみオーバーラップしている。これにより、本実施の形態によれば、主磁極 2 1 とコア 1 3 の前端面 1 3 a が広い面積にわたって対向することがなく、上記の問題が発生することを防止することができる。

20

【 0 1 1 4 】

また、本実施の形態では、主磁極 2 1 は、トラック幅方向 (X 方向) の寸法が、基板 1 の上面 1 a に垂直な方向 (Z 方向) の寸法よりも大きい形状を有している。そのため、主磁極 2 1 が、前端面 1 3 a のうちの第 1 の領域 R 1 にのみオーバーラップしていても、主磁極 2 1 のトラック幅方向の両側の 2 つの部分の少なくとも一方に、帰磁路部 3 0 を接続することが可能である。

【 0 1 1 5 】

また、上記の問題の発生をより確実に防止するために、前端面 1 3 a のうち、媒体対向面 6 0 に垂直な方向から見て主磁極 2 1 がオーバーラップする領域は、中間の位置 C よりも第 1 の端部 E 1 により近い位置 (第 1 の端部 E 1 は含まない) から第 1 の端部 E 1 までの領域のみであってもよい。例えば、前端面 1 3 a のうち、媒体対向面 6 0 に垂直な方向から見て主磁極 2 1 がオーバーラップする領域は、第 1 の端部 E 1 と第 2 の端部 E 2 の間の位置であって第 1 の端部 E 1 と第 2 の端部 E 2 の間の距離の 1 / 4 だけ第 1 の端部 E 1 から離れた位置から、第 1 の端部 E 1 までの領域のみであってもよい。本実施の形態では、この要件を満たしている。

30

【 0 1 1 6 】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 2 の実施の形態と同様である。

【 0 1 1 7 】

[第 6 の実施の形態]

次に、図 3 1 ないし図 3 4 を参照して、本発明の第 6 の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。図 3 1 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図 3 2 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの構成を示す断面図である。図 3 3 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図 3 4 は、熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

40

【 0 1 1 8 】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第 5 の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、帰磁路部 3 0 は、連結層 3 3 ~ 3 5 の代わりに、第 1 の実施の形態で説明した連結層 3 1 , 3 2 を有している。連結層 3 1 は、主磁極 2 1 の非オーバーラップ部分 2 1 2 に接続されている。連結層

50

32は、主磁極21の非オーバーラップ部分213に接続されている。なお、本実施の形態では、連結層31、32は、媒体対向面60に露出していない。また、本実施の形態では、第1の実施の形態と同様に、非磁性層10および絶縁層11が設けられていない。

【0119】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1または第5の実施の形態と同様である。

【0120】

[第7の実施の形態]

次に、図35ないし図37を参照して、本発明の第7の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。図35は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。図36は、熱アシスト磁気記録ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図37は、熱アシスト磁気記録ヘッドの一部を示す平面図である。

10

【0121】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第5の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、シールド23の第2の端面23aのトラック幅方向(X方向)の幅は、コア13の前端面13aの幅よりも小さく、主磁極21の第1の端面21aの幅よりも大きい。また、帰磁路部30の連結層39の媒体対向面60に配置された端面のトラック幅方向(X方向)の幅は、第2の端面23aの幅とほぼ同じである。連結層39のトラック幅方向(X方向)の幅は、媒体対向面60の近傍では、媒体対向面60からの距離によらずに一定であり、媒体対向面60から離れた位置では、媒体対向面60における幅よりも大きくなっている。

20

【0122】

なお、本実施の形態における帰磁路部30の構成は、第6の実施の形態と同じであってもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第5または第6の実施の形態と同様である。

【0123】

[第8の実施の形態]

次に、図38を参照して、本発明の第8の実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドについて説明する。図38は、熱アシスト磁気記録ヘッドの要部を示す斜視図である。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの構成は、以下の点で第5の実施の形態と異なっている。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、主磁極21は、その上面21dが、コア13のエパネッセント光発生面13bに対して、記録媒体の進行方向(Z方向)の後側に配置されるように、その一部がコア13に埋め込まれている。また、コア13の前端面13aにおいて、第2の部分13a2の一部は、主磁極21の第1の端面21aに対して、記録媒体の進行方向の前側に配置されている。前端面13aの第1の端部E1は、第2の部分13a2の記録媒体の進行方向の前側の端部によって構成されている。

30

【0124】

なお、本実施の形態における帰磁路部30の構成は、第6の実施の形態と同じであってもよい。また、本実施の形態におけるシールド23および連結層39の形状は、第7の実施の形態と同じであってもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第5ないし第7のいずれかの実施の形態と同様である。

40

【0125】

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、主磁極またはシールドは、非オーバーラップ部分を1つだけ有していてもよい。また、請求の範囲の要件を満たす限り、導波路のコア、プラズモンジェネレータおよび主磁極の形状および配置は、各実施の形態に示した例に限られず、任意である。

【符号の説明】

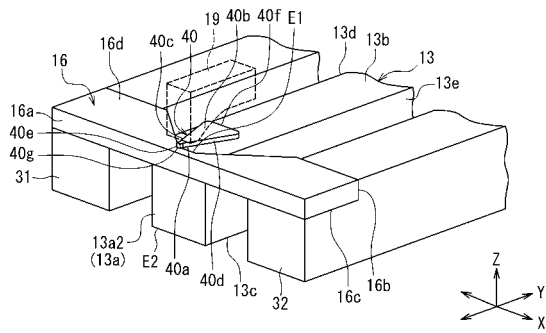
【0126】

13...コア、13a...前端面、16...シールド、16a...第2の端面、19...主磁極、

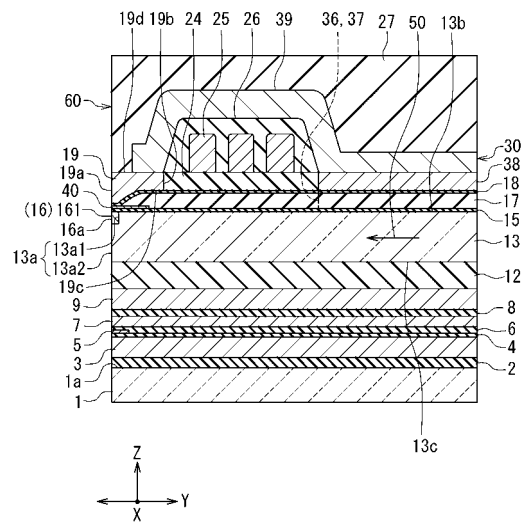
50

19 a ... 第 1 の端面、40 ... プラズモンジェネレータ、40 g ... 近接場光発生部。

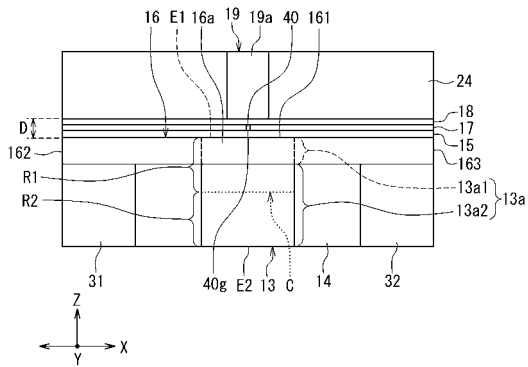
【 図 1 】



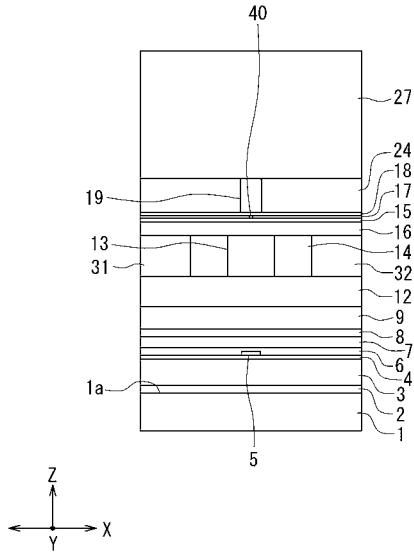
【 図 3 】



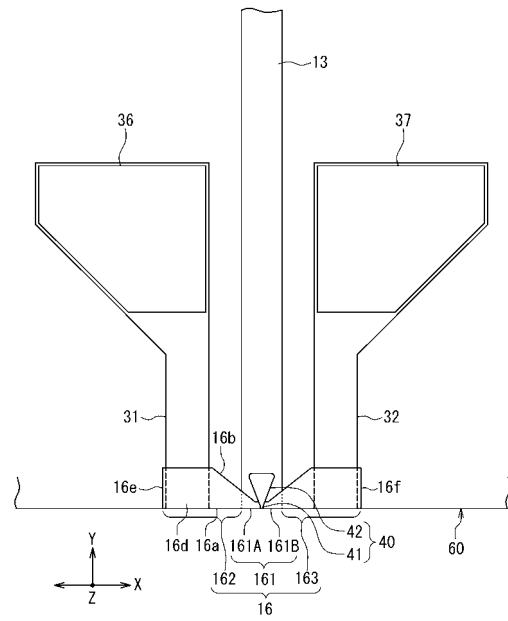
【 図 2 】



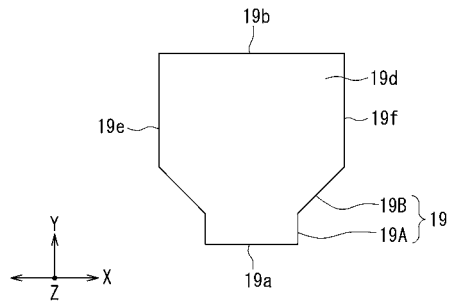
【 図 4 】



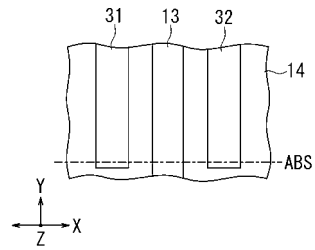
【 図 5 】



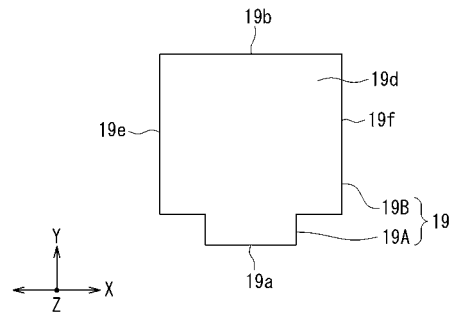
【 図 6 】



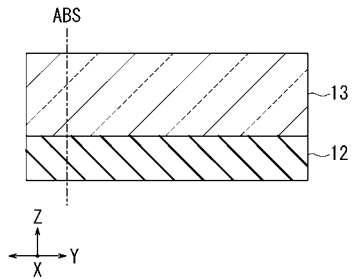
【 図 8 A 】



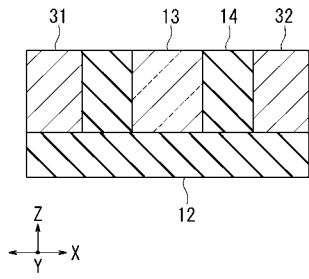
【 図 7 】



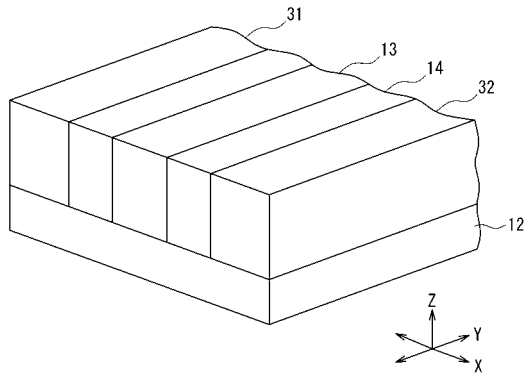
【 図 8 B 】



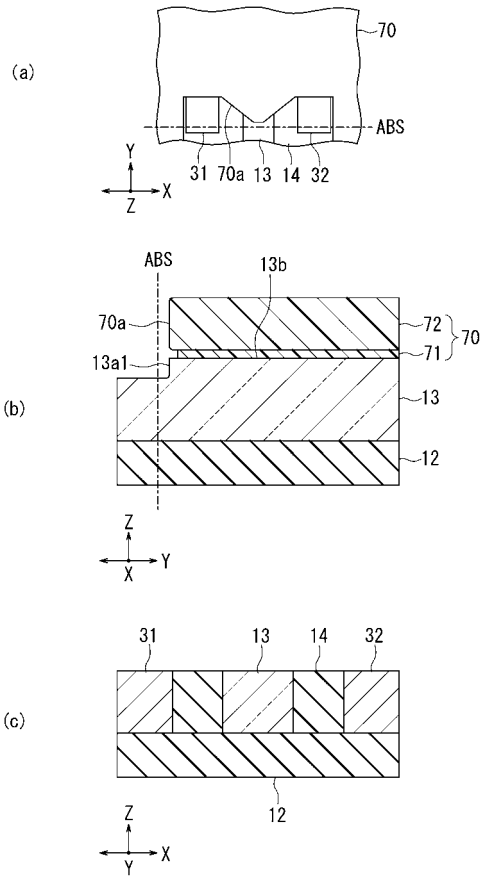
【 8 C 】



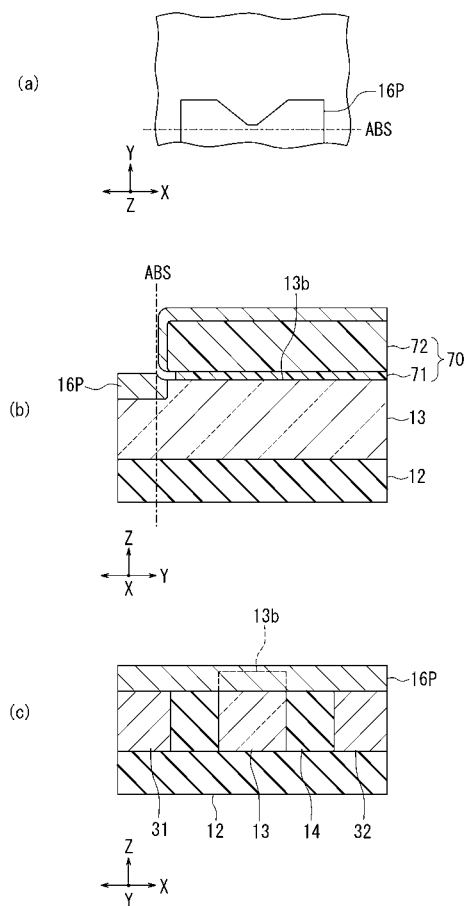
【 8 D 】



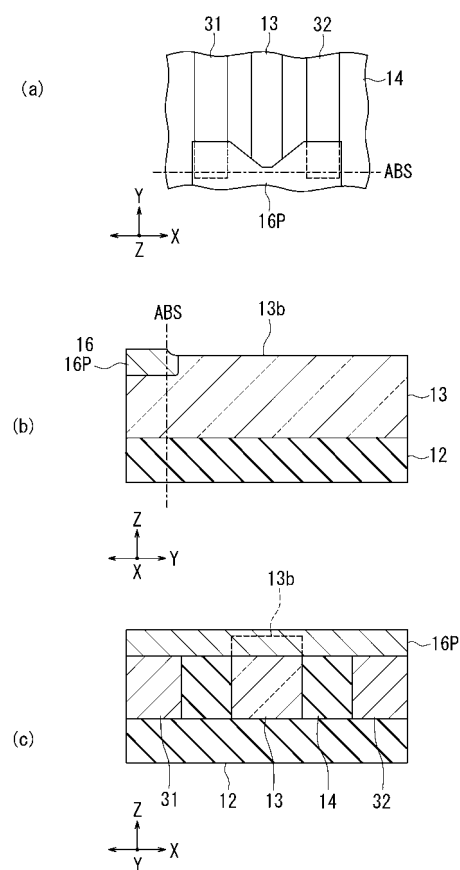
【 9 】



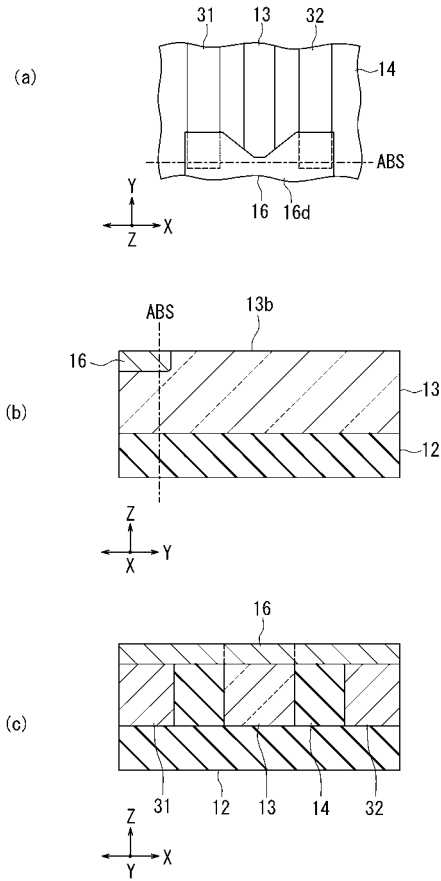
【 10 】



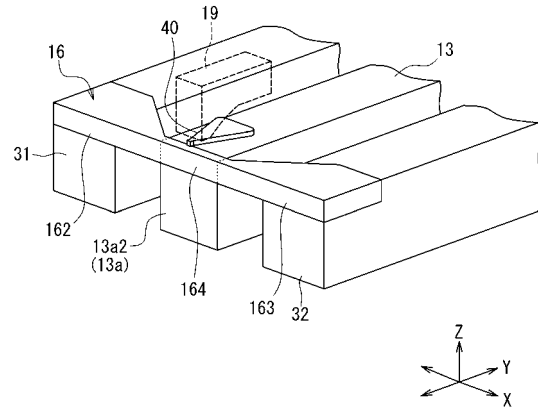
【 11 】



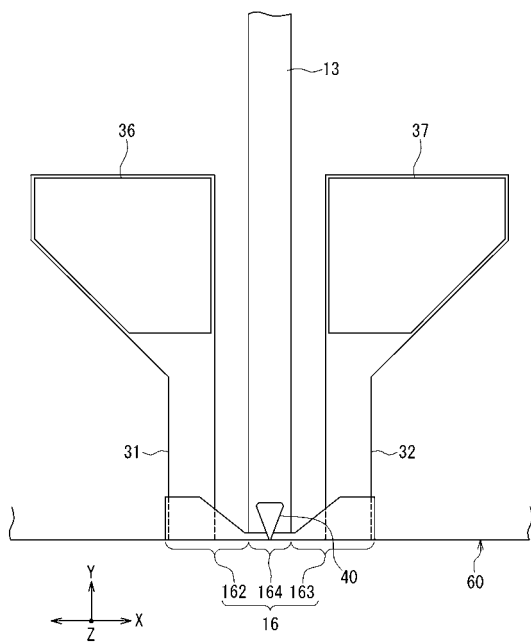
【 図 1 2 】



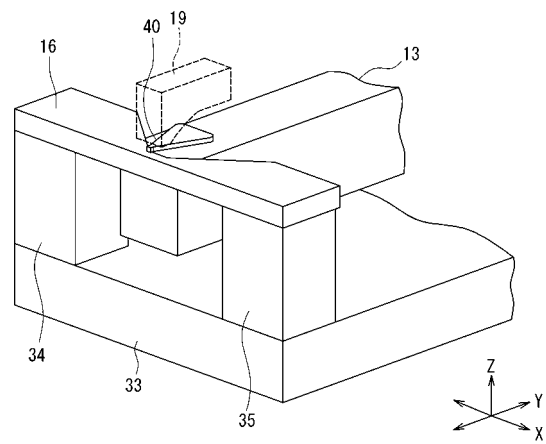
【 図 1 3 】



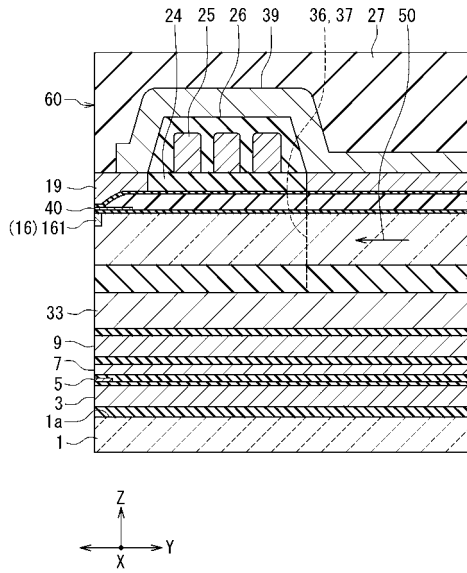
【 図 1 4 】



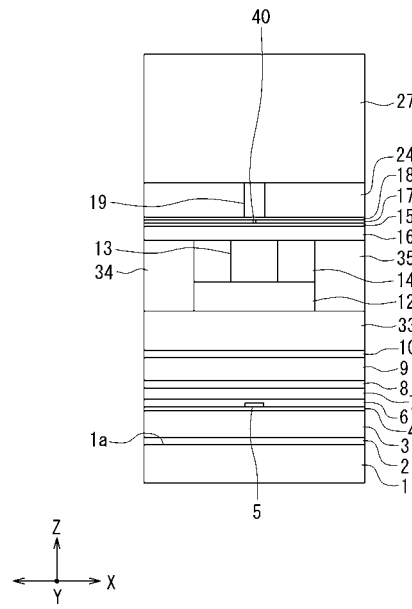
【 図 1 5 】



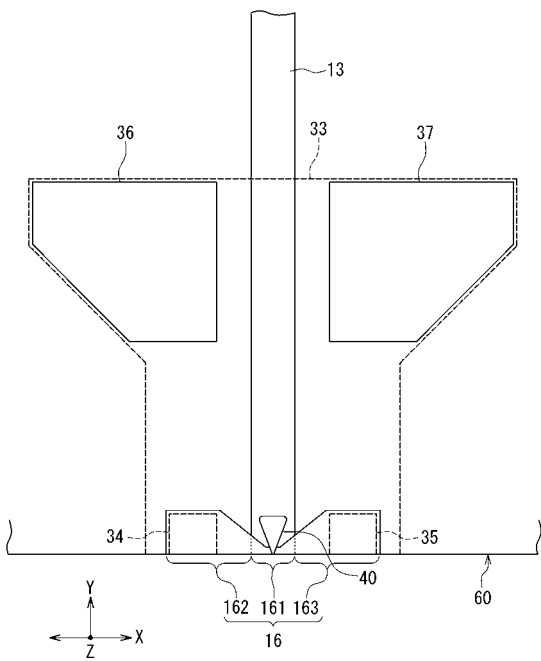
【図16】



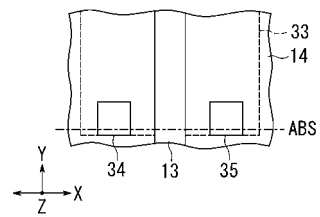
【図17】



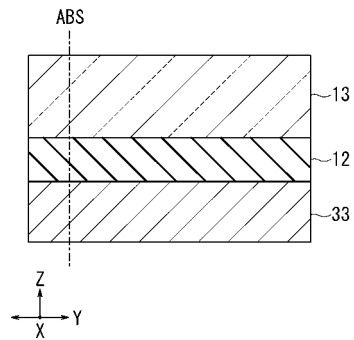
【図18】



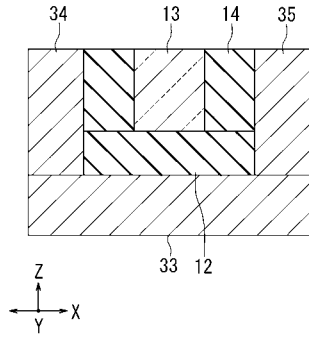
【図19A】



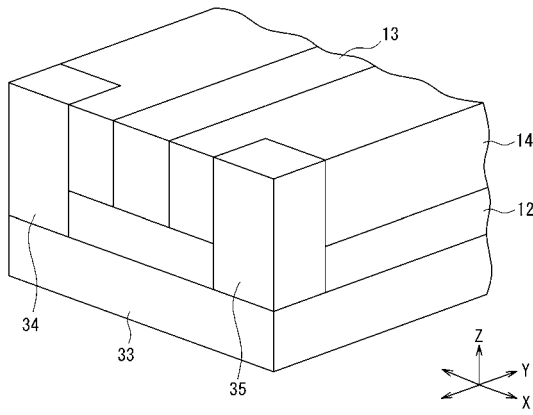
【図19B】



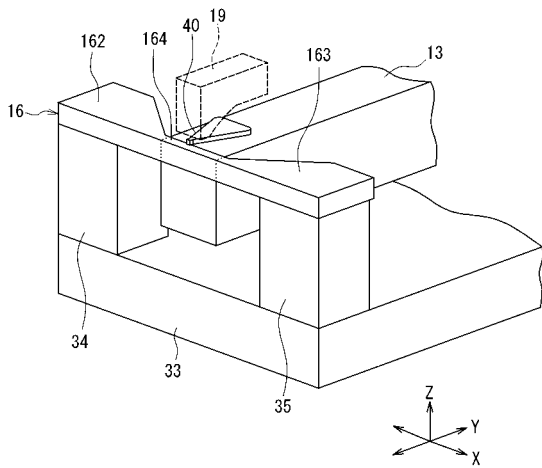
【図19C】



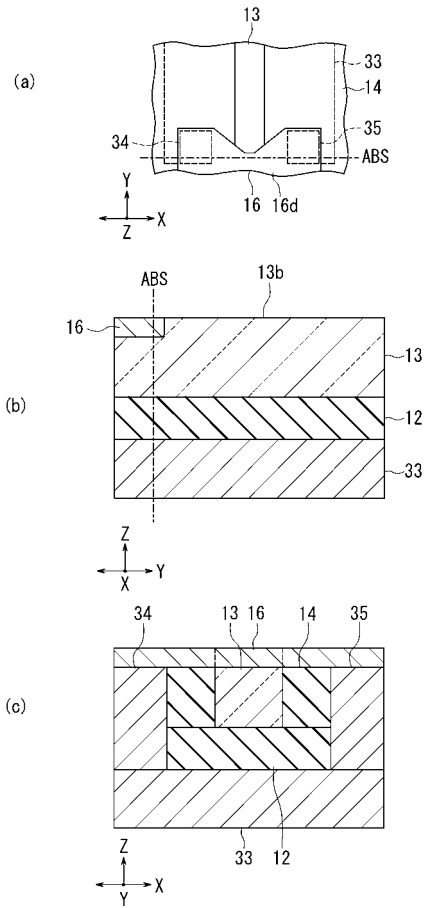
【図19D】



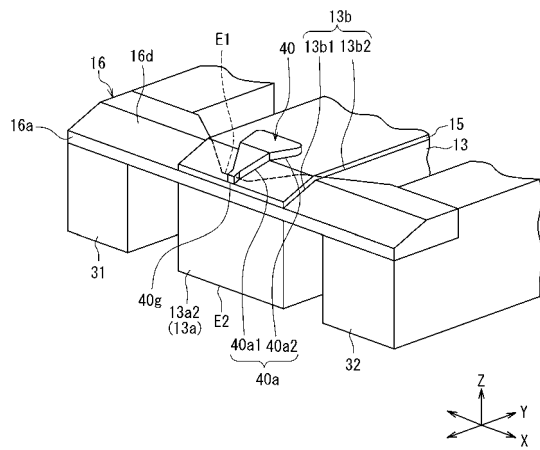
【図21】



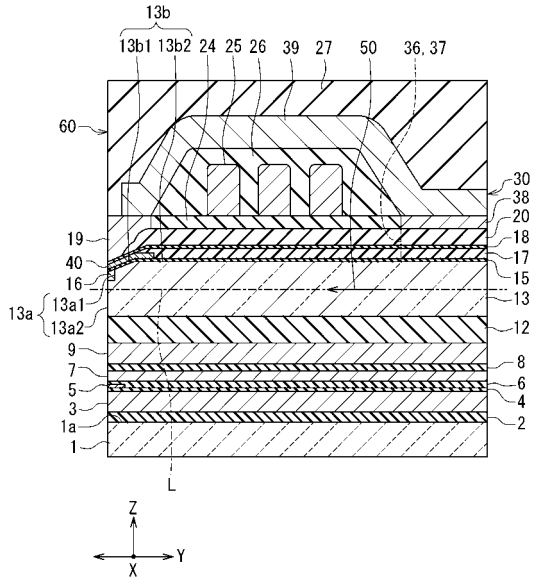
【図20】



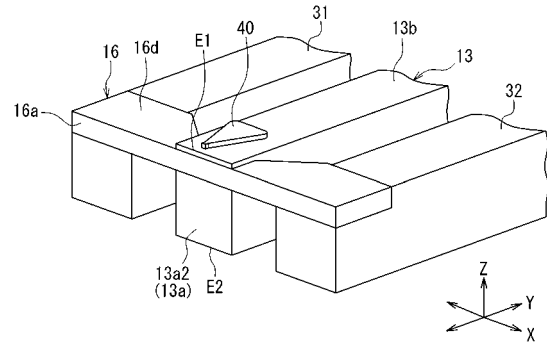
【図22】



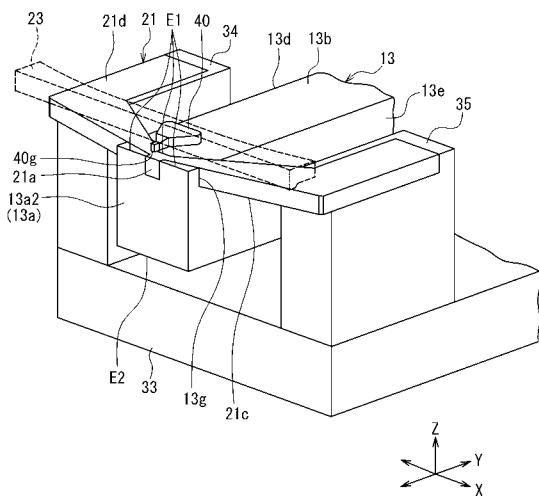
【図 23】



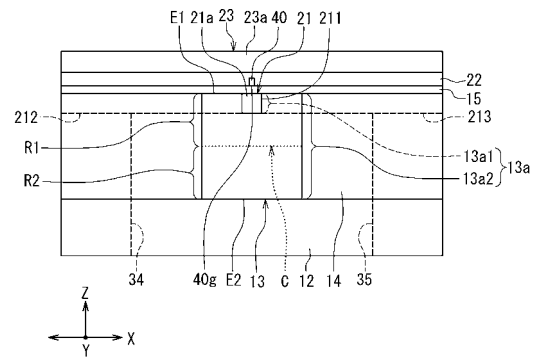
【図 24】



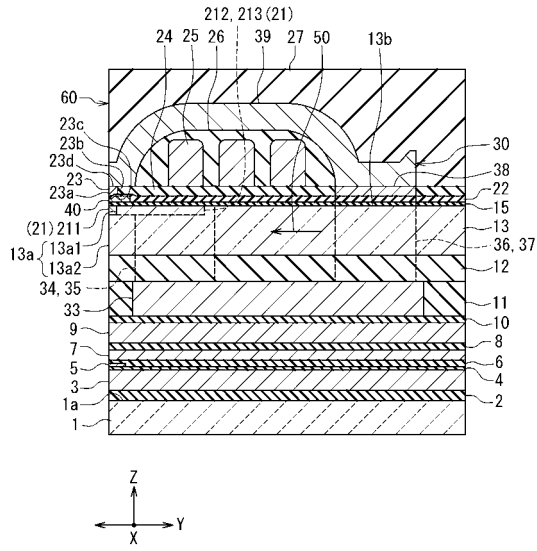
【図 25】



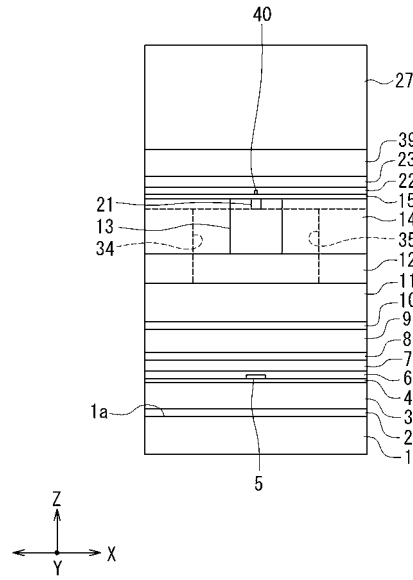
【図 26】



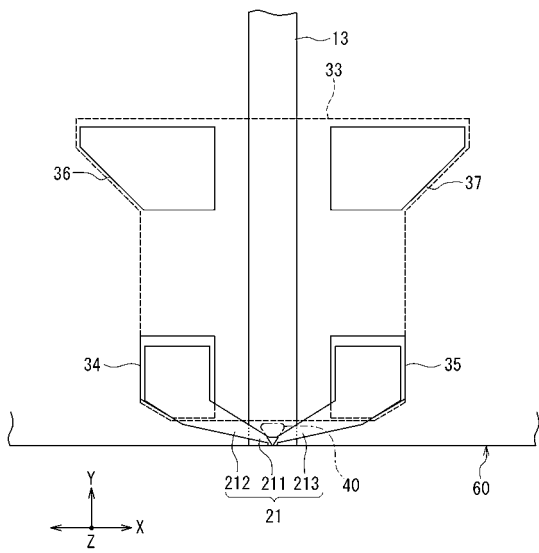
【図 27】



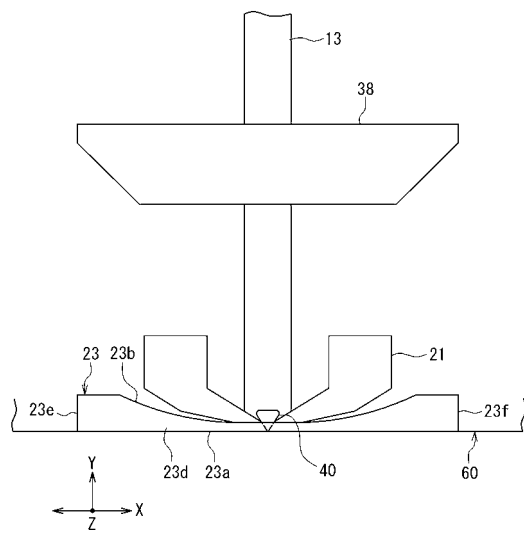
【図 28】



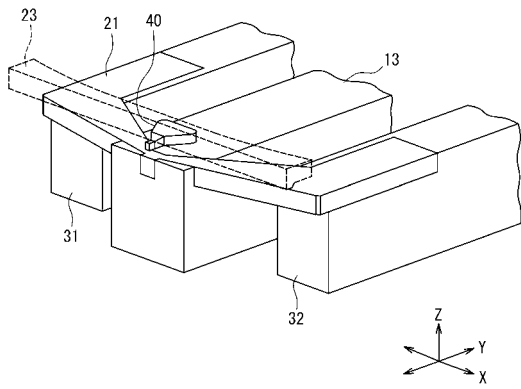
【図 29】



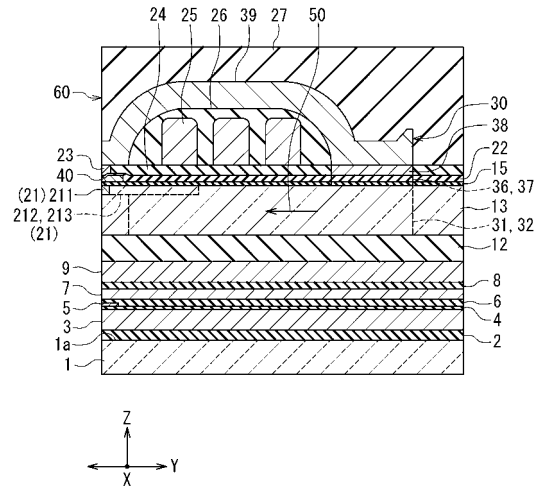
【図 30】



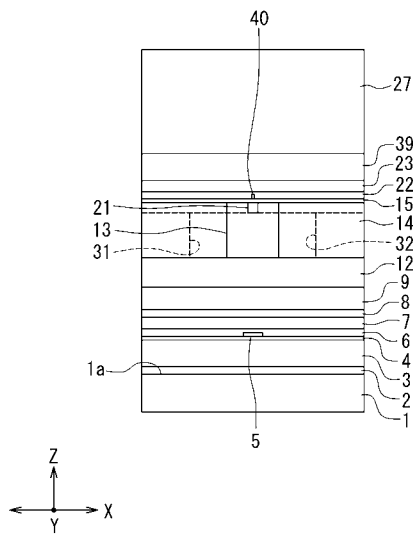
【図 3 1】



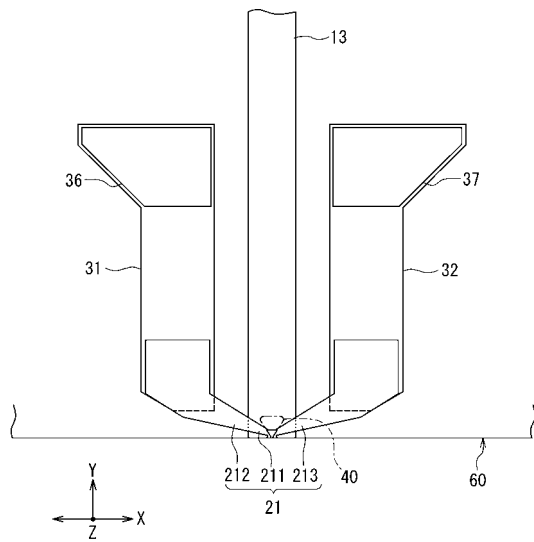
【図 3 2】



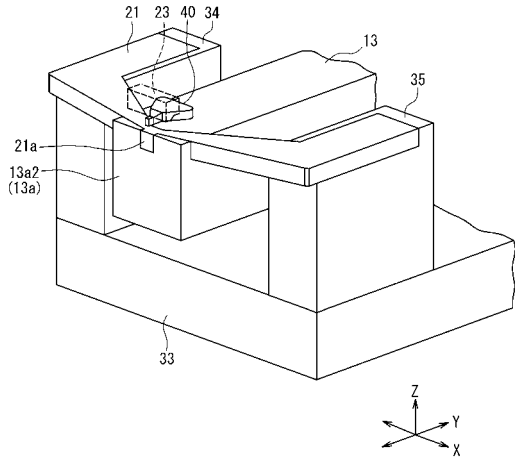
【図 3 3】



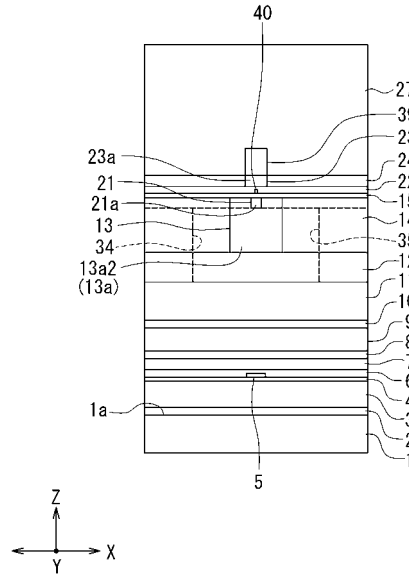
【図 3 4】



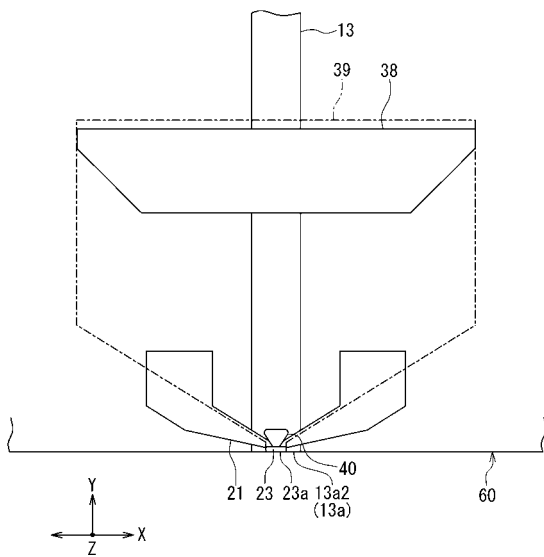
【図 35】



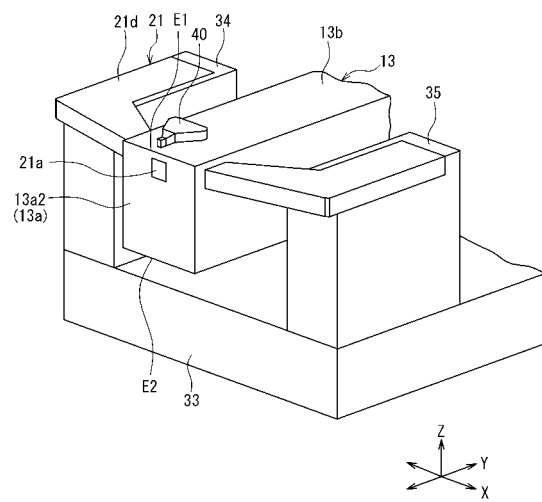
【図 36】



【図 37】



【図 38】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 浩幸
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95035 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
678 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 種村 茂樹
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95035 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
678 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 佐藤 一樹
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95035 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
678 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 荒木 宏典
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95035 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
678 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内

審査官 斎藤 眞

- (56)参考文献 特開2009-170053(JP,A)
特開2010-061704(JP,A)
特開2010-287307(JP,A)
特開2013-175268(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/00-5/024
G11B 5/31