(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2014-75175
(P2014-75175A)
(43)公開日　平成26年4月24日(2014.4.24)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G11B 5/31	(2006.01)	G11B 5/31	Z	5D033
G11B 5/02	(2006.01)	G11B 5/02	T	5D091

審査請求 有　請求項の数 8　ＯＬ　（全 34 頁）

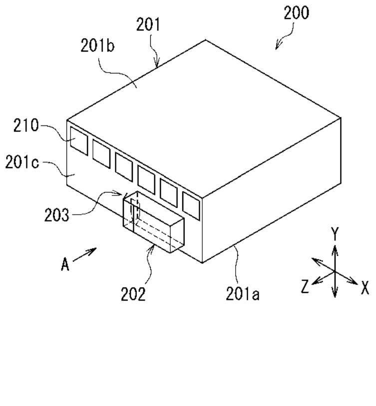
(21)出願番号　特願2014-12173(P2014-12173)
(22)出願日　平成26年1月27日(2014.1.27)
(62)分割の表示　特願2010-19274(P2010-19274)の分割
原出願日　平成22年1月29日(2010.1.29)
(31)優先権主張番号　12/458,546
(32)優先日　平成21年7月15日(2009.7.15)
(33)優先権主張国　米国(US)

(71)出願人　500475649
ヘッドウェイテクノロジーズ　インコーポレイテッド
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
(74)代理人　100107559
弁理士　星宮　勝美
(72)発明者　佐々木　芳高
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９５０５４　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】スライダに固定されたレーザダイオードを備えた熱アシスト磁気記録ヘッド

(57)【要約】
【課題】近接場光の発生に利用される光を出射する光源として端面発光型のレーザダイオードを用いながら、導波路に対するレーザ光の位置合わせを容易に行うことができるようにする。
【解決手段】熱アシスト磁気記録ヘッド２００は、スライダ２０１と、スライダ２０１に固定された端面発光型のレーザダイオード２０２と、スライダ２０１の外部に設けられた外部ミラー２０３とを備えている。スライダ２０１は、磁極と導波路と近接場光発生素子と基板を備えている。レーザダイオード２０２は、活性層と、活性層の面に平行な方向の端に位置し、レーザ光の出射部を含む出射端面と、活性層の面に垂直な方向の端に位置する下面とを有し、下面がスライダ２０１の上面２０１ｃに向くように配置されている。外部ミラー２０３は、出射部より出射されたレーザ光を導波路に向けて反射する。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
スライダと、前記スライダに固定された端面発光型のレーザダイオードと、前記スライダの外部に設けられた外部ミラーとを備え、
前記スライダは、
記録媒体に対向する媒体対向面と、
前記媒体対向面に配置された端面を有し、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磁極と、
光を伝播させる導波路と、
前記媒体対向面に配置された近接場光発生部を有し、前記導波路を伝播する光に基づいて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近接場光を発生する近接場光発生素子と、
前記磁極、近接場光発生素子および導波路が積層された基板とを備え、
前記基板は、前記磁極、近接場光発生素子および導波路に向いた上面を有し、
前記近接場光発生素子は、前記媒体対向面に配置された第１の端面と、前記媒体対向面からより遠い第２の端面と、前記第１の端面と第２の端面を連結する連結部とを含む外面を有し、前記第１の端面は前記近接場光発生部を含み、
前記媒体対向面に垂直な方向についての前記近接場光発生素子の長さは、前記基板の上面に垂直な方向についての前記第１の端面の長さよりも大きく、
前記導波路は、前記連結部の一部に対向する対向部分を含む外面を有し、
前記スライダは、更に、前記導波路の屈折率よりも小さい屈折率を有し、前記対向部分と前記近接場光発生素子との間に介在する介在層を備え、
前記導波路を伝播する光が前記対向部分と前記介在層との界面において全反射することによって、前記導波路を伝播する光に基づいて、前記介在層においてエバネッセント光が発生し、このエバネッセント光に基づいて、前記近接場光発生素子に前記表面プラズモンが励起され、
前記スライダは、前記基板の上面の上方において、前記基板の上面からより遠い端に位置する上面を有し、
前記レーザダイオードは、活性層と、前記活性層の面に平行な方向の端に位置し、レーザ光の出射部を含む出射端面と、前記活性層の面に垂直な方向の端に位置する下面とを有し、前記下面が前記スライダの上面に向くように配置され、
前記外部ミラーは、前記出射部より出射されたレーザ光を前記導波路に向けて反射し、
前記スライダは、更に、前記出射部より出射され、前記外部ミラーで反射されたレーザ光を、前記導波路内を前記媒体対向面に向けて進行するように反射する内部ミラーを備え、
前記レーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路は、前記スライダの上面の上方から見たときに、前記出射部より出射されたレーザ光の進行方向と前記内部ミラーで反射された後のレーザ光の進行方向が直交するように配置され、
前記レーザダイオードは、電界の振動方向が前記活性層の面に平行な直線偏光のレーザ光を出射し、
前記導波路を伝播して前記対向部分に至るレーザ光における電界の振動方向は、前記対向部分に対して垂直であ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】
前記近接場光発生素子および導波路は、前記磁極に対して前記基板の上面からより遠い位置に配置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】
前記導波路は、前記近接場光発生素子に対して、前記基板の上面からより遠い位置に配置されてい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】

前記レーザダイオードは、前記下面とは反対側の上面を有し、前記下面と出射部との間の距離は、前記レーザダイオードの上面と出射部との間の距離よりも小さい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】

スライダと、前記スライダに固定された端面発光型のレーザダイオードと、前記スライダの外部に設けられた外部ミラーとを備え、

前記スライダは、

記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記媒体対向面に配置された端面を有し、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磁極と、

光を伝播させる導波路と、

前記媒体対向面に配置された近接場光発生部を有し、前記導波路を伝播する光に基づいて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近接場光を発生する近接場光発生素子と、

前記磁極、近接場光発生素子および導波路が積層された基板とを備え、

前記基板は、前記磁極、近接場光発生素子および導波路に向いた上面を有し、

前記近接場光発生素子は、前記媒体対向面に配置された第１の端面と、前記媒体対向面からより遠い第２の端面と、前記第１の端面と第２の端面を連結する連結部とを含む外面を有し、前記第１の端面は前記近接場光発生部を含み、

前記媒体対向面に垂直な方向についての前記近接場光発生素子の長さは、前記基板の上面に垂直な方向についての前記第１の端面の長さよりも大きく、

前記導波路は、前記連結部の一部に対向する対向部分を含む外面を有し、

前記スライダは、更に、前記導波路の屈折率よりも小さい屈折率を有し、前記対向部分と前記近接場光発生素子との間に介在する介在層を備え、

前記導波路を伝播する光が前記対向部分と前記介在層との界面において全反射することによって、前記導波路を伝播する光に基づいて、前記介在層においてエバネッセント光が発生し、このエバネッセント光に基づいて、前記近接場光発生素子に前記表面プラズモンが励起され、

前記スライダは、前記基板の上面の上方において、前記基板の上面からより遠い端に位置する上面を有し、

前記レーザダイオードは、活性層と、前記活性層の面に平行な方向の端に位置し、レーザ光の出射部を含む出射端面と、前記活性層の面に垂直な方向の端に位置する下面とを有し、前記下面が前記スライダの上面に向くように配置され、

前記外部ミラーは、前記出射部より出射されたレーザ光を前記導波路に向けて反射し、

前記スライダは、更に、前記出射部より出射され、前記外部ミラーで反射されたレーザ光を、前記導波路内を前記媒体対向面に向けて進行するように反射する内部ミラーを備え、

前記レーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路は、前記出射部より出射されたレーザ光の進行方向と前記内部ミラーで反射された後のレーザ光の進行方向が平行になるように配置され、

前記レーザダイオードは、電界の振動方向が前記活性層の面に垂直な直線偏光のレーザ光を出射し、

前記導波路を伝播して前記対向部分に至るレーザ光における電界の振動方向は、前記対向部分に対して垂直であることを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項６】

前記近接場光発生素子および導波路は、前記磁極に対して前記基板の上面からより遠い位置に配置されてい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】

前記導波路は、前記近接場光発生素子に対して、前記基板の上面からより遠い位置に配

置されていることを特徴とする請求項６記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。
【請求項８】
前記レーザダイオードは、前記下面とは反対側の上面を有し、前記下面と出射部との間の距離は、前記レーザダイオードの上面と出射部との間の距離よりも小さい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。
【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、磁気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。
【０００３】
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。
【０００４】
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。
【０００５】
熱アシスト磁気記録では、記録媒体に対して熱を加える方法としては、近接場光を用いる方法が一般的である。近接場光を発生させる方法としては、微小な金属片であるプラズモン・アンテナにレーザ光を照射する方法が知られている。プラズモン・アンテナは、近接場光を発生させる先鋭部である近接場光発生部を有している。プラズモン・アンテナでは、照射されたレーザ光によって表面プラズモンが励起される。この表面プラズモンは、プラズモン・アンテナの近接場光発生部に伝播され、この近接場光発生部において、表面プラズモンに基づいて、近接場光が発生される。プラズモン・アンテナより発生される近接場光は、光の回折限界よりも小さな領域にのみ存在する。この近接場光を記録媒体に照射することにより、記録媒体における微小な領域のみを加熱することができる。
【０００６】
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・アンテナに導かれる。ここで、レーザ光を出射する光源の配置の方法には、大きく分けて、以下の２つの方法がある。第１の方法は、光源をスライダから離れた位置に配置する方法である。第２の方法は、光源をスライダに固定する方法である。
【０００７】
第１の方法は、例えば特許文献１に記載されている。第２の方法は、例えば、特許文献２や、特許文献３に記載されている。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】米国特許出願公開第２００６／０２３３０６２Ａ１号明細書
【特許文献２】特開２００８－５９６９７号公報
【特許文献３】米国特許出願公開第２００８／０００２２９８Ａ１号明細書
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
第１の方法では、光源から導波路まで光を導くために、ミラー、レンズ、光ファイバの光学素子を含む、長い光の経路が必要になり、その結果、この経路における光のエネルギーの損失が大きくなるという問題が生じる。第２の方法によれば、光源から導波路まで光を導くための光の経路が短くなるため、上記の問題は生じない。
【００１０】
しかしながら、第２の方法では、以下のような問題が生じる。以下、第２の方法において生じる問題について詳しく説明する。第２の方法では、一般的に、光源としてレーザダイオードが用いられる。このレーザダイオードには、端面発光型レーザダイオードと面発光型レーザダイオードとがある。端面発光型レーザダイオードでは、レーザダイオードにおいて活性層の面に平行な方向の端に位置する端面にレーザ光の出射部が設けられ、この出射部から、活性層の面に平行な方向にレーザ光が出射される。面発光型レーザダイオードでは、レーザダイオードにおいて活性層の面に垂直な方向の端に位置する面にレーザ光の出射部が設けられ、この出射部から、活性層の面に垂直な方向にレーザ光が出射される。
【００１１】
レーザダイオードから出射されたレーザ光を導波路に入射させる方法としては、例えば特許文献２に記載されているように、出射部が導波路の入射端に対向するように端面発光型レーザダイオードを配置して、出射部より出射されたレーザ光を、光学素子を介さずに導波路の入射端に入射させる方法がある。この方法では、導波路の入射端が配置されたスライダの端面に対してレーザダイオードの長手方向すなわち出射部より出射されるレーザ光の光軸方向が垂直になるように、レーザダイオードが配置される。この場合、導波路の光軸に対して出射部より出射されるレーザ光の光軸が傾かないように、レーザダイオードを精度よく配置する必要がある。導波路の光軸に対して出射部より出射されるレーザ光の光軸が傾いた場合には、十分な強度のレーザ光がプラズモン・アンテナまで伝達されないことが起こり得る。しかし、導波路の入射端が配置されたスライダの端面に対してレーザダイオードの長手方向が垂直になるようにレーザダイオードを配置する場合には、導波路の入射端が配置されたスライダの端面に垂直な方向に対してレーザダイオードの長手方向が傾きやすく、導波路に対するレーザ光の位置合わせが難しいという問題点がある。
【００１２】
また、レーザダイオードから出射されたレーザ光を導波路に入射させる他の方法としては、例えば特許文献３に記載されているように、出射部がスライダのトレーリング側の面に対向するように面発光型レーザダイオードを配置して、出射部より出射されたレーザ光を、導波路の上方から導波路に入射させる方法がある。この方法では、導波路に対するレーザ光の位置合わせが容易になる。しかし、一般的に、端面発光型レーザダイオードに比べて面発光型レーザダイオードの光出力は小さい。そのため、この方法では、近接場光の発生に利用されるレーザ光の強度を十分に大きくすることが難し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、近接場光の発生に利用される光を出射する光源として端面発光型のレーザダイオードを用いながら、導波路に対するレーザ光の位置合わせを容易に行う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。

【課題を解決するための手段】
【００１４】
本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドは、スライダと、スライダに固定された端面発光型のレーザダイオードと、スライダの外部に設けられた外部ミラーとを備えている。
【００１５】
スライダは、
記録媒体に対向する媒体対向面と、
媒体対向面に配置された端面を有し、情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する磁極と、
光を伝播させる導波路と、
媒体対向面に配置された近接場光発生部を有し、導波路を伝播する光に基づい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を発生する近接場光発生素子と、
磁極、近接場光発生素子および導波路が積層された基板とを備えている。
【００１６】
基板は、磁極、近接場光発生素子および導波路に向いた上面を有している。スライダは、基板の上面の上方において、基板の上面からより遠い端に位置する上面を有している。レーザダイオードは、活性層と、活性層の面に平行な方向の端に位置し、レーザ光の出射部を含む出射端面と、活性層の面に垂直な方向の端に位置する下面とを有し、下面がスライダの上面に向くように配置されている。外部ミラーは、出射部より出射されたレーザ光を導波路に向けて反射する。なお、本出願において、レーザ光の進行方向とは、レーザビームの中心の進行方向を指す。また、本出願では、熱アシスト磁気記録ヘッドにおける基板以外の構成要素に関して、基板の上面により近い面を「下面」と定義し、基板の上面からより遠い面を「上面」と定義する。
【００１７】
本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、近接場光発生素子および導波路は、磁極に対して基板の上面からより遠い位置に配置されていてもよい。この場合、導波路は、近接場光発生素子に対して、基板の上面からより遠い位置に配置されていてもよい。
【００１８】
また、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、近接場光発生素子は、媒体対向面に配置された第１の端面と、媒体対向面からより遠い第２の端面と、第１の端面と第２の端面を連結する連結部とを含む外面を有し、第１の端面は近接場光発生部を含んでいてもよい。この場合、媒体対向面に垂直な方向についての近接場光発生素子の長さは、基板の上面に垂直な方向についての第１の端面の長さよりも大きく、導波路は、連結部の一部に対向する対向部分を含む外面を有していてもよい。また、この場合、スライダは、更に、導波路の屈折率よりも小さい屈折率を有し、対向部分と近接場光発生素子との間に介在する介在層を備えていてもよい。
【００１９】
また、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、スライダは、更に、出射部より出射され、外部ミラーで反射されたレーザ光を、導波路内を媒体対向面に向けて進行するように反射する内部ミラーを備えていてもよい。この場合、レーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路は、スライダの上面の上方から見たときに、出射部より出射されたレーザ光の進行方向と内部ミラーで反射された後のレーザ光の進行方向が直交するように配置されていてもよい。あるいは、レーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路は、出射部より出射されたレーザ光の進行方向と内部ミラーで反射された後のレーザ光の進行方向が平行になるように配置されていてもよい。
【００２０】
また、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、導波路は、外部ミラーで反射されたレーザ光が入射する入射端面を有していてもよい。
【００２１】

また、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、レーザダイオードは、下面とは反対側の上面を有し、下面と出射部との間の距離は、レーザダイオードの上面と出射部との間の距離よりも小さくてもよい。

【発明の効果】

【００２２】

本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、端面発光型のレーザダイオードは、活性層の面に垂直な方向の端に位置する下面がスライダの上面に向くように配置されて、スライダに固定される。これにより、出射部より出射されるレーザ光の光軸が所望の方向に対して傾くことが防止される。本発明では、出射部より出射されたレーザ光は、外部ミラーで反射されて導波路に向けられる。本発明によれば、近接場光の発生に利用される光を出射する光源として端面発光型のレーザダイオードを用いながら、出射部より出射されるレーザ光を、直接、導波路に入射させる場合に比べて、導波路に対するレーザ光の位置合わせを容易に行う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】

【００２３】

【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】図１におけるレーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路の位置関係とレーザ光の偏光方向を示す斜視図である。

【図３】図１におけるレーザダイオードおよび外部ミラーを示す斜視図である。

【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斜視図である。

【図５】図４におけるＡ方向から見た熱アシスト磁気記録ヘッドを示す平面図である。

【図６】図５における６－６線で示す位置における熱アシスト磁気記録ヘッドの断面の一部を示す断面図である。

【図７】本発明の第１の実施の形態におけるスライダの構成を示す断面図である。

【図８】本発明の第１の実施の形態におけるスライダの媒体対向面を示す正面図である。

【図９】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における近接場光発生素子の近傍を示す斜視図である。

【図１０】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。

【図１３】図１２に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１４】図１３に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１５】図１４に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１６】図１５に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１７】図１６に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１８】図１７に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図１９】図１８に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図２０】本発明の第１の実施の形態の変形例における導波路の一部と近接場光発生素子を示す平面図である。

【図２１】図２０に示した近接場光発生素子の斜視図である。

【図２２】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２３】図２２におけるレーザダイオード、外部ミラー、内部ミラーおよび導波路の位置関係とレーザ光の偏光方向を示す斜視図である。

【図２４】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斜視図である。

【図２５】図２４におけるＡ方向から見た熱アシスト磁気記録ヘッドを示す平面図である。

【図２６】図２５における２６－２６線断面図である。

【図２７】本発明の第３の実施の形態におけるレーザダイオードおよび外部ミラーを示す斜視図である。
【図２８】本発明の第３の実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。
【図２９】本発明の第４の実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。
【図３０】本発明の第５の実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。
【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を示す断面図である。
【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製造方法における一工程を示す説明図である。
【図３３】図３２に示した工程に続く工程を示す説明図である。
【図３４】図３３に示した工程に続く工程を示す説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
［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４および図５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と磁気ディスク装置について説明する。図４は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドの斜視図である。図５は、図４におけるＡ方向から見た熱アシスト磁気記録ヘッドを示す平面図である。
【００２５】
本実施の形態における磁気ディスク装置は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００を備えている。この熱アシスト磁気記録ヘッド２００は、図示しないサスペンションによって支持されて、回転駆動される円盤状の記録媒体（磁気ディスク）に対向するように配置される。図４および図５において、Ｘ方向は記録媒体のトラック横断方向であり、Ｙ方向は記録媒体の表面に垂直な方向であり、Ｚ方向は熱アシスト磁気記録ヘッド２００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。
【００２６】
熱アシスト磁気記録ヘッド２００は、スライダ２０１と、このスライダ２０１に固定された端面発光型のレーザダイオード２０２と、スライダ２０１の外部に設けられた外部ミラー２０３とを備えている。スライダ２０１は、ほぼ六面体形状をなし、記録媒体に対向する媒体対向面２０１ａと、その反対側の背面２０１ｂと、媒体対向面２０１ａと背面２０１ｂとを連結する４つの面とを有している。媒体対向面２０１ａと背面２０１ｂとを連結する４つの面のうちの１つは、レーザダイオード２０２が固定された上面２０１ｃである。スライダ２０１は、上面２０１ｃに設けられた複数の端子２１０を備えている。本実施の形態では、外部ミラー２０３はレーザダイオード２０２に固定されている。
【００２７】
記録媒体が回転してＺ方向に進行すると、記録媒体とスライダ２０１との間を通過する空気流によって、スライダ２０１に、図４におけるＹ方向の上方に揚力が生じる。スライダ２０１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。
【００２８】
次に、図１、図７ないし図９を参照して、スライダ２０１の構成について詳しく説明する。図１は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００の要部を示す斜視図である。図７は、スライダ２０１の構成を示す断面図である。なお、図７は、図５の７－７線で示す位置における断面を表している。図８は、スライダ２０１の媒体対向面２０１ａを示す正面図である。図９は、熱アシスト磁気記録ヘッド２００における近接場光発生素子の近傍を示す斜視図である。図１、図７ないし図９には、図４に示したＸ，Ｙ，Ｚの各

方向も示している。図７において、Ｘ方向はＹ方向およびＺ方向に直交する方向であり、図８において、Ｙ方向はＸ方向およびＺ方向に直交する方向である。

【００２９】

図７および図８に示したように、スライダ２０１は、アルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイド（Al_2O_3・ＴｉＣ）等のセラミック材料よりなり、上面１ａを有する基板１と、この基板１の上面１ａ上に配置された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、絶縁層２の上において下部シールド層３の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層３１とを備えている。絶縁層２，３１は、例えばアルミナ（Al_2O_3）によって形成されている。下部シールド層３および絶縁層３１の上面は平坦化されている。

【００３０】

スライダ２０１は、更に、下部シールド層３および絶縁層３１の上面の上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、上部シールドギャップ膜６の上において上部シールド層７の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層３２とを備えている。絶縁層３２は、例えばアルミナによって形成されている。上部シールド層７および絶縁層３２の上面は平坦化されている。

【００３１】

ＭＲ素子５の一端部は、媒体対向面２０１ａ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、磁気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、磁気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。下部シールド層３から上部シールド層７までの部分は、再生ヘッドを構成する。

【００３２】

スライダ２０１は、更に、非磁性材料よりなり、上部シールド層７および絶縁層３２の上面の上に配置された非磁性層８と、非磁性層８の上に配置された磁性材料よりなるリターン磁極層１０と、非磁性層８の上においてリターン磁極層１０の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層３３とを備えている。非磁性層８と絶縁層３３は、例えばアルミナによって形成されている。リターン磁極層１０および絶縁層３３の上面は平坦化されている。

【００３３】

スライダ２０１は、更に、リターン磁極層１０および絶縁層３３の上面の一部の上に配置された絶縁層１１と、この絶縁層１１の上に配置されたコイル１２と、リターン磁極層１０の上に配置された連結層１３とを備えている。リターン磁極層１０と連結層１３は、いずれも磁性材料によって形成されている。これらの材料としては、例えばＣｏＦｅＮ、ＣｏＮｉＦｅ、ＮｉＦｅ、ＣｏＦｅのいずれかを用いることができる。絶縁層１１は、例えばアルミナによって形成されている。コイル１２は、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１２は、平面渦巻き形状をなし、連結層１３を中心として巻回されている。また、コイル１２は、銅等の導電材料によって形成されている。

【００３４】

スライダ２０１は、更に、コイル１２の巻線間および周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層１４と、絶縁層１１の上において絶縁層１４および連結層１３の周囲に配置された絶縁層１５と、コイル１２および絶縁層１４，１５の上に配置された絶縁層１６とを備えている。コイル１２、連結層１３および絶縁層１４，１５の上面は平坦化されている。絶縁層１４は、例えばフォトレジストによって形成されている。絶縁層１５，１６は、例

えばアルミナによって形成されている。

【００３５】

スライダ２０１は、更に、連結層１３および絶縁層１６の上に配置された磁性材料よりなる下部ヨーク層１７と、絶縁層１６の上において下部ヨーク層１７の周囲に配置された非磁性材料よりなる非磁性層１８とを備えている。下部ヨーク層１７の材料としては、例えばＣｏＦｅＮ、ＣｏＮｉＦｅ、ＮｉＦｅ、ＣｏＦｅのいずれかを用いることができる。非磁性層１８は、例えばアルミナによって形成されている。下部ヨーク層１７は、媒体対向面２０１ａにより近い端面を有し、この端面は媒体対向面２０１ａから離れた位置に配置されている。下部ヨーク層１７および非磁性層１８の上面は平坦化されている。

【００３６】

スライダ２０１は、更に、下部ヨーク層１７および非磁性層１８の上に配置された磁極２０と、非磁性層１８の上において磁極２０の周囲に配置された非磁性材料よりなる非磁性層２１とを備えている。磁極２０は、媒体対向面２０１ａに配置された端面を有し、コイル１２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。磁極２０は、金属磁性材料によって形成されている。磁極２０の材料としては、例えば、ＮｉＦｅ、ＣｏＮｉＦｅ、ＣｏＦｅのいずれかを用いることができる。非磁性層２１は、例えばアルミナによって形成されている。磁極２０および非磁性層２１の上面は平坦化されている。

【００３７】

図９に示したように、磁極２０は、媒体対向面２０１ａに配置された端面とその反対側の端部とを有するトラック幅規定部２０Ａと、このトラック幅規定部２０Ａの前記端部に接続され、トラック幅規定部２０Ａよりも大きな幅を有する幅広部２０Ｂとを有している。トラック幅規定部２０Ａは、媒体対向面２０１ａからの距離に応じて変化しない幅を有している。幅広部２０Ｂの幅は、例えば、トラック幅規定部２０Ａとの境界位置ではトラック幅規定部２０Ａの幅と等しく、媒体対向面２０１ａ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８および図９に示した例では、媒体対向面２０１ａに配置されたトラック幅規定部２０Ａの端面の形状は、頂点が下を向いた二等辺三角形である。しかし、媒体対向面２０１ａに配置されたトラック幅規定部２０Ａの端面の形状は、矩形でもよいし、台形でもよい。

【００３８】

スライダ２０１は、更に、磁極２０および非磁性層２１の上面の上に配置された絶縁層２２を備えている。絶縁層２２は、例えばアルミナによって形成されている。絶縁層２２の厚みは、例えば、３０～７０ｎｍの範囲内である。

【００３９】

スライダ２０１は、更に、絶縁層２２の上に配置された近接場光発生素子２３と、絶縁層２２の上において近接場光発生素子２３の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層２４とを備えている。近接場光発生素子２３および絶縁層２４の上面は平坦化されている。近接場光発生素子２３は、金属によって形成されている。具体的には、近接場光発生素子２３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。絶縁層２４は、例えばアルミナによって形成されている。

【００４０】

図９に示したように、近接場光発生素子２３は、媒体対向面２０１ａに配置された近接場光発生部２３ｆを有している。また、近接場光発生素子２３は、以下のような外面を有する三角柱形状をなしている。近接場光発生素子２３の外面は、媒体対向面２０１ａに配置された第１の端面２３ａと、媒体対向面２０１ａからより遠い第２の端面２３ｂと、第１の端面２３ａと第２の端面２３ｂを連結する連結部とを含んでいる。連結部は、基板１の上面１ａからより遠い上面２３ｃと、基板１の上面１ａに近づくに従って互いの距離が小さくなる２つの側面２３ｄ，２３ｅとを含んでいる。第１の端面２３ａの形状は、頂点が下を向いた二等辺三角形である。第１の端面２３ａは、近接場光発生部２３ｆを含んで

いる。近接場光発生部２３ｆは、具体的には、端面２３ａにおける下を向いた頂点およびその近傍の部分である。

【００４１】

ここで、図９に示したように、媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さを記号H_{PA}で表し、第１の端面２３ａの上端部の幅を記号W_{PA}で表し、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さを記号T_{PA}で表す。媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さH_{PA}は、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さT_{PA}よりも大きい。W_{PA}とT_{PA}は共に、後述する導波路を伝播する光の波長以下である。W_{PA}は例えば５０～１５０ｎｍの範囲内である。T_{PA}は例えば５０～１５０ｎｍの範囲内である。H_{PA}は例えば０．２５～２．５μｍの範囲内である。

【００４２】

スライダ２０１は、更に、近接場光発生素子２３および絶縁層２４の上面の上に配置された介在層２５と、この介在層２５の上に配置された導波路２６およびクラッド層２７，２８とを備えている。導波路２６は、後述す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。介在層２５は、導波路２６の屈折率よりも小さい屈折率を有し、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。クラッド層２７，２８は、導波路２６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。導波路２６の材料としては、例えば、屈折率が約２．１のTa_2O_5が用いられ、介在層２５およびクラッド層２７，２８の材料としては、例えば、屈折率が約１．８のアルミナが用いられる。介在層２５の厚みは、例えば、３０～７０ｎｍの範囲内である。

【００４３】

図１、図５および図７に示したように、導波路２６は、媒体対向面２０１ａに垂直な方向（Ｙ方向）に延びている。また、導波路２６は、外面を有している。この外面は、媒体対向面２０１ａにより近い前端面２６ａと、媒体対向面２０１ａからより遠い後端面２６ｂと、基板１の上面１ａからより遠い上面２６ｃと、基板１の上面１ａにより近い下面２６ｄと、トラック幅方向の両側に位置する２つの側面２６ｅ，２６ｆとを有している。図１には、前端面２６ａが媒体対向面２０１ａから離れた位置に配置されている例を示している。しかし、前端面２６ａは媒体対向面２０１ａに配置されていてもよい。クラッド層２７は、後端面２６ｂに対して、媒体対向面２０１ａからより遠い位置に配置されている。クラッド層２８は、導波路２６およびクラッド層２７の周囲に配置されている。導波路２６およびクラッド層２７，２８の上面は平坦化されている。

【００４４】

また、導波路２６の外面は、近接場光発生素子２３の外面のうちの連結部の一部に対向する対向部分２６ｇを含んでいる。図７に示したように、本実施の形態では、特に、導波路２６は、近接場光発生素子２３に対して、基板１の上面１ａからより遠い位置に配置され、導波路２６の下面２６ｄの一部が、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向している。この上面２３ｃの一部に対向する導波路２６の下面２６ｄの一部が対向部分２６ｇである。前述の媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さH_{PA}が、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さT_{PA}よりも大きいという要件は、導波路２６の下面２６ｄの一部である対向部分２６ｇが、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向するために必要な要件である。

【００４５】

図７に示したように、後端面２６ｂは、基板１の上面１ａに垂直な方向に対して４５°の角度で傾いた斜面になっている。後端面２６ｂにおける任意の位置の媒体対向面２０１ａからの距離は、この任意の位置が基板１の上面１ａから離れるに従って大きくなっている。

【００４６】

スライダ２０１は、更に、導波路２６の後端面２６ｂに接するように、導波路２６とク

ラッド層２７との間に設けられた内部ミラー３５を備えている。内部ミラー３５は、例えば、Ｃｕ，Ａｕ等の金属による、厚みが５０～２００ｎｍ程度の膜によって形成されている。内部ミラー３５は、導波路２６の上方に配置される光源より出射された光を、導波路２６内を媒体対向面２０１ａに向けて進行するように反射するようになっている。より詳しく説明すると、内部ミラー３５は、導波路２６の上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至る光を、前端面２６ａに向けて進行するように反射するようになっている。

【００４７】

スライダ２０１は、更に、導波路２６およびクラッド層２７，２８の上面の上に配置されたクラッド層２９を備えている。クラッド層２９は、導波路２６の屈折率よりも小さい屈折率を有し、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。導波路２６の材料として、例えば屈折率が約２．１のTa_2O_5が用いられる場合には、クラッド層２９の材料としては、例えば屈折率が約１．８のアルミナが用いられる。クラッド層２９の厚みは、例えば、０．１～０．５μｍの範囲内である。クラッド層２９の上面は、スライダ２０１の上面２０１ｃを構成している。

【００４８】

次に、図３を参照して、レーザダイオード２０２と外部ミラー２０３について説明する。図３は、レーザダイオード２０２および外部ミラー２０３を示す斜視図である。図３に示したように、レーザダイオード２０２は、上面および下面を有するｎ基板２１１と、ｎ基板２１１の上面の上に配置されたレーザ構造部２１２と、ｎ基板２１１の下面に接合されたｎ電極２１３と、ｎ基板２１１との間でレーザ構造部２１２を挟む位置に配置されてレーザ構造部２１２に接合されたｐ電極２１４とを備えている。レーザ構造部２１２は、少なくとも、ｎクラッド層２２１、活性層２２２およびｐクラッド層２２３を含んでいる。ｎクラッド層２２１は、ｎ基板２１１と活性層２２２の間に配置されている。ｐクラッド層２２３は、ｐ電極２１４と活性層２２２の間に配置されている。活性層２２２は、ｎクラッド層２２１に向いた面と、ｐクラッド層２２３に向いた面とを有している。

【００４９】

また、レーザダイオード２０２は、活性層２２２の面に垂直な方向の両端に位置する下面２０２ａおよび上面２０２ｂと、この下面２０２ａと上面２０２ｂとを連結する４つの面とを有する直方体形状をなしている。下面２０２ａと上面２０２ｂは、活性層２２２の面に平行である。下面２０２ａは、ｎ電極２１３の表面によって形成されている。上面２０２ｂは、ｐ電極２１４の表面によって形成されている。下面２０２ａと上面２０２ｂとを連結する４つの面のうちの１つの面２０２ｃは、活性層２２２の端に位置するレーザ光の出射部２２２ａを含んでいる。従って、面２０２ｃが、本発明における出射端面に対応する。下面２０２ａおよび上面２０２ｂは、出射端面２０２ｃよりも面積が大きい。

【００５０】

レーザダイオード２０２は、活性層２２２の面に垂直な方向の端に位置する下面２０２ａがスライダ２０１の上面２０１ｃに向くように配置されて、スライダ２０１に固定される。本実施の形態では、特に、レーザダイオード２０２の下面２０２ａはスライダ２０１の上面２０１ｃに接合されている。スライダ２０１の上面２０１ｃに対するレーザダイオード２０２の下面２０２ａの接合は、例えば接着剤によって行われる。

【００５１】

スライダ２０１は、上面２０１ｃにおいて露出するように配置されて、レーザダイオード２０２のｎ電極２１３と端子２１０とを接続する導体層を備えていてもよい。この場合、レーザダイオード２０２の下面２０２ａをスライダ２０１の上面２０１ｃに接合することによって、ｎ電極２１３が導体層に電気的に接続されるようにしてもよい。この場合、レーザダイオード２０２の下面２０２ａと導体層との接続は、例えば半田付けによって行われる。レーザダイオード２０２のｐ電極２１４は、例えばボンディングワイヤによって、他の端子２１０に接続されている。

【００５２】

図３および図６に示したように、本実施の形態では、レーザダイオード２０２の下面２０２ａと出射部２２２ａとの間の距離Ｄ１は、レーザダイオード２０２の上面２０２ｂと出射部２２２ａとの間の距離Ｄ２よりも大きい。

【００５３】

外部ミラー２０３は、共に板状で、１３５°の角度をなすように連結された反射部２０３ａと被固定部２０３ｂとを有している。外部ミラー２０３は、被固定部２０３ｂが上面２０２ｂに固定されることによって、レーザダイオード２０２に固定されている。反射部２０３ａは、出射部２２２ａの前方に配置されている。反射部２０３ａにおける出射部２２２ａにより近い面は、出射部２２２ａより出射されたレーザ光を、スライダ２０１内の導波路２６に向けて反射する反射面になっている。この反射面に対する法線は、出射部２２２ａより出射されたレーザ光の進行方向に対して４５°の角度をなしている。

【００５４】

外部ミラー２０３は、例えば、樹脂、ガラス等の絶縁材料を成型して本体を作製し、この本体のうちの少なくとも反射面となる部分に、蒸着法、スパッタ法等によって金属膜を形成することによって作製することができる。

【００５５】

スライダ２０１におけるリターン磁極層１０からクラッド層２９までの部分、レーザダイオード２０２および外部ミラー２０３は、記録ヘッドを構成する。

【００５６】

次に、図１、図２、図６および図７を参照して、レーザダイオード２０２の出射部２２２ａより出射されたレーザ光の経路について説明する。図２は、図１におけるレーザダイオード２０２、外部ミラー２０３、内部ミラー３５および導波路２６の位置関係とレーザ光の偏光方向を示す斜視図である。図６は、図５における６－６線で示す位置における熱アシスト磁気記録ヘッド２００の断面の一部を示す断面図である。図２および図６には、図４に示したＸ，Ｙ，Ｚの各方向も示している。図６において、Ｙ方向はＸ方向およびＺ方向に直交する方向である。

【００５７】

レーザダイオード２０２の出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー２０３の反射部２０３ａの反射面で反射されて、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行するように、内部ミラー３５によって反射される。

【００５８】

ここで、図１および図２に示したように、出射部２２２ａより出射されたレーザ光を符号Ｌ１で示し、外部ミラー２０３で反射された後のレーザ光を符号Ｌ２で示し、内部ミラー３５で反射された後のレーザ光を符号Ｌ３で示す。本実施の形態では、レーザダイオード２０２、外部ミラー２０３、内部ミラー３５および導波路２６は、スライダ２０１の上面２０１ｃの上方から見たときに、出射部２２２ａより出射されたレーザ光Ｌ１の進行方向と内部ミラー３５で反射された後のレーザ光Ｌ３の進行方向が直交するように配置されている。

【００５９】

図１および図２には、導波路２６の形状の一例を示している。この例における導波路２６では、２つの側面２６ｅ，２６ｆにおける前端部２６ａの近傍の部分は、上方から見た形状が放物線形状の反射面になっている。この反射面は、導波路２６によって伝播される光を、前端部２６ａの近傍に集光する機能を有している。

【００６０】

ここで、図２を参照して、本実施の形態におけるレーザ光の偏光方向について説明する。本実施の形態では、レーザダイオード２０２は、出射部２２２ａから、電界の振動方向が活性層２２２の面に平行な直線偏光すなわちＴＥモードのレーザ光を出射する。出射部２２２ａより出射されたレーザ光における電界の振動方向は、ＸＹ平面に平行である。出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー２０３の反射部２０３ａの反射面で

反射されて、導波路２６に向かう。このときのレーザ光における電界の振動方向は、ＹＺ平面に平行である。このレーザ光は、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して、内部ミラー３５によって反射される。内部ミラー３５によって反射された後のレーザ光における電界の振動方向は、ＹＺ平面に平行である。内部ミラー３５によって反射されたレーザ光は、導波路２６内を伝播して、対向部分２６ｇに至る。このレーザ光における電界の振動方向は、対向部分２６ｇに対して垂直である。これにより、近接場光発生素子２３において大きな強度の表面プラズモンを発生させることができる。

【００６１】

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２００は、スライダ２０１と、このスライダ２０１に固定された端面発光型のレーザダイオード２０２と、スライダ２０１の外部に設けられた外部ミラー２０３とを備えている。スライダ２０１は、記録媒体に対向する媒体対向面２０１ａと、再生ヘッドと、記録ヘッドのうちのレーザダイオード２０２および外部ミラー２０３を除いた部分（以下、記録ヘッドのスライダ内部分という。）を備えている。再生ヘッドと、記録ヘッドのスライダ内部分は、基板１の上に積層されている。記録ヘッドのスライダ内部分は、再生ヘッドに対して、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。

【００６２】

再生ヘッドは、再生素子としてのＭＲ素子５と、媒体対向面２０１ａ側の一部がＭＲ素子５を挟んで対向するように配置された、ＭＲ素子５をシールドするための下部シールド層３および上部シールド層７と、ＭＲ素子５と下部シールド層３との間に配置された下部シールドギャップ膜４と、ＭＲ素子５と上部シールド層７との間に配置された上部シールドギャップ膜６とを備えている。

【００６３】

記録ヘッドのスライダ内部分は、リターン磁極層１０と、コイル１２と、連結層１３と、下部ヨーク層１７と、磁極２０とを備えている。コイル１２は、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。リターン磁極層１０、連結層１３、下部ヨーク層１７および磁極２０は、コイル１２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。磁極２０は、コイル１２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。記録媒体に記録されるビットパターンの端部の位置は、媒体対向面２０１ａに配置された磁極２０の端面における上端部すなわち基板１の上面１ａからより遠い端部の位置によって決まる。また、媒体対向面２０１ａに配置された磁極２０の端面における上端部の幅がトラック幅を規定する。リターン磁極層１０、連結層１３および下部ヨーク層１７は、磁極２０より発生されて、記録媒体を磁化した磁束を、磁極２０に還流させる機能を有する。

【００６４】

記録ヘッドのスライダ内部分は、更に、近接場光発生素子２３と、介在層２５と、導波路２６と、クラッド層２７，２８，２９と、内部ミラー３５とを備えている。基板１は、磁極２０、近接場光発生素子２３および導波路２６に向いた上面１ａを有している。近接場光発生素子２３および導波路２６は、磁極２０に対して基板１の上面１ａからより遠い位置に配置されている。

【００６５】

近接場光発生素子２３の外面は、媒体対向面２０１ａに配置された第１の端面２３ａと、媒体対向面２０１ａからより遠い第２の端面２３ｂと、第１の端面２３ａと第２の端面２３ｂを連結する連結部とを含んでいる。連結部は、基板１の上面１ａからより遠い上面２３ｃと、基板１の上面１ａに近づくに従って互いの距離が小さくなる２つの側面２３ｄ，２３ｅとを含んでいる。第１の端面２３ａは、近接場光発生部２３ｆを含んでいる。媒体対向面２０１ａに垂直な方向（Ｙ方向）についての近接場光発生素子２３の長さH_{PA}は、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さT_{PA}よりも大きい。後で詳しく説明するが、近接場光発生素子２３では、導波路２６を伝播する光に基づい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２３ｆ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２３ｆより近接場光が発生される。
【００６６】
導波路２６は、近接場光発生素子２３に対して、基板１の上面１ａからより遠い位置に配置されている。導波路２６の外面は、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向する対向部分２６ｇを含んでいる。
【００６７】
介在層２５とクラッド層２７，２８，２９は、いずれも、導波路２６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。従って、導波路２６の外面のうち後端面２６ｂ以外の部分は、導波路２６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覆われている。
【００６８】
記録ヘッドは、更に、スライダ２０１に固定された端面発光型のレーザダイオード２０２と、スライダ２０１の外部に設けられた外部ミラー２０３とを備えている。スライダ２０１は、基板１の上面１ａの上方において、基板１の上面１ａからより遠い端に位置する上面２０１ｃを有している。レーザダイオード２０２は、活性層２２２と、活性層２２２の面に平行な方向の端に位置し、レーザ光の出射部２２２ａを含む出射端面２０２ｃと、活性層２２２の面に垂直な方向の端に位置する下面２０２ａとを有し、下面２０２ａがスライダ２０１の上面２０１ｃに向くように配置されている。外部ミラー２０３は、出射部２２２ａより出射されたレーザ光を、スライダ２０１内の導波路２６に向けて反射する。外部ミラー２０３で反射されたレーザ光は、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行するように、内部ミラー３５によって反射される。
【００６９】
ここで、本実施の形態における近接場光発生の原理と、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。レーザダイオード２０２の出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、上述のように、外部ミラー２０３で反射され、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、内部ミラー３５によって反射されて、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行する。このレーザ光は、導波路２６内を伝播して、対向部分２６ｇの近傍に達する。ここで、対向部分２６ｇと介在層２５との界面において、レーザ光が全反射することによって、介在層２５内にしみ出すエバネッセント光が発生する。その結果、このエバネッセント光と、近接場光発生素子２３の上面２３ｃにおける電荷の集団振動すなわち表面プラズモンとが結合した系である表面プラズモン・ポラリトンが励起される。このようにして、近接場光発生素子２３に表面プラズモンが励起される。
【００７０】
近接場光発生素子２３に励起された表面プラズモンは、近接場光発生素子２３の上面２３ｃおよび第１の端面２３ａに沿って近接場光発生部２３ｆに向けて伝播する。その結果、近接場光発生部２３ｆにおいて表面プラズモンが集中し、この表面プラズモンに基づいて、近接場光発生部２３ｆから近接場光が発生する。この近接場光は、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、磁極２０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。
【００７１】
次に、図１０ないし図１９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２００の製造方法について説明する。図１０ないし図１９において、（ａ）は、それぞれ、熱アシスト磁気記録ヘッド２００の製造過程における積層体の、媒体対向面および基板に垂直な断面を示している。図１０ないし図１９の（ａ）において、記号“ＡＢＳ”は、媒体対向面２０１ａが形成される予定の位置を表している。図１０ないし図１９において、（ｂ）は、それぞれ、図１０ないし図１９の（ａ）における位置ＡＢＳにおける断面を

示している。

【００７２】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００の製造方法では、まず、図１０に示したように、基板１の上に絶縁層２を形成する。次に、絶縁層２の上に下部シールド層３を形成する。次に、下部シールド層３を覆うように絶縁層３１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、下部シールド層３が露出するまで絶縁層３１を研磨して、下部シールド層３および絶縁層３１の上面を平坦化する。次に、下部シールド層３および絶縁層３１の上に下部シールドギャップ膜４を形成する。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を形成する。次に、上部シールド層７を覆うように絶縁層３２を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、上部シールド層７が露出するまで絶縁層３２を研磨して、上部シールド層７および絶縁層３２の上面を平坦化する。次に、上部シールド層７および絶縁層３２の上に非磁性層８を形成する。次に、非磁性層８の上にリターン磁極層１０を形成する。次に、リターン磁極層１０を覆うように絶縁層３３を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、リターン磁極層１０が露出するまで絶縁層３３を研磨して、リターン磁極層１０および絶縁層３３の上面を平坦化する。次に、リターン磁極層１０および絶縁層３３の上面の一部の上に絶縁層１１を形成する。

【００７３】

図１１は、次の工程を示す。この工程では、まず、例えばフレームめっき法によって、絶縁層１１の上にコイル１２を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、リターン磁極層１０の上に連結層１３を形成する。なお、連結層１３を形成した後に、コイル１２を形成してもよい。次に、コイル１２の巻線間およびコイル１２の周囲に、例えばフォトレジストよりなる絶縁層１４を選択的に形成する。次に、例えばスパッタ法によって、積層体の上面全体の上に、絶縁層１５を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、コイル１２および連結層１３が露出するまで絶縁層１５を研磨して、コイル１２、連結層１３および絶縁層１４，１５の上面を平坦化する。

【００７４】

図１２は、次の工程を示す。この工程では、まず、絶縁層１６を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、連結層１３および絶縁層１６の上に下部ヨーク層１７を形成する。次に、積層体の上面全体の上に、非磁性層１８を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、下部ヨーク層１７が露出するまで非磁性層１８を研磨して、下部ヨーク層１７および非磁性層１８の上面を平坦化する。

【００７５】

図１３は、次の工程を示す。この工程では、まず、下部ヨーク層１７および非磁性層１８の上に非磁性層２１を形成する。次に、非磁性層２１を選択的にエッチングして、非磁性層２１に、磁極２０を収容するための溝部を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、非磁性層２１の溝部内に収容されるように磁極２０を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、磁極２０および非磁性層２１を研磨して、磁極２０および非磁性層２１の上面を平坦化する。次に、磁極２０および非磁性層２１の上に絶縁層２２を形成する。

【００７６】

図１４は、次の工程を示す。この工程では、まず、絶縁層２２の上に絶縁層２４を形成する。次に、絶縁層２４を選択的にエッチングして、絶縁層２４に、近接場光発生素子２３を収容するための溝部を形成する。次に、絶縁層２４の溝部内に収容されるように近接場光発生素子２３を形成する。次に、近接場光発生素子２３および絶縁層２４の上に介在層２５を形成する。次に、介在層２５の上に、後にクラッド層２７となる誘電体層２７Ｐを形成する。

【００７７】

図１５は、次の工程を示す。この工程では、まず、誘電体層２７Ｐの上に、クラッド層

２７の平面形状に対応した平面形状を有する図示しない金属製マスクを形成する。次に、例えば反応性イオンエッチング（以下、ＲＩＥと記す。）によって、誘電体層２７Ｐを選択的にエッチングして、クラッド層２７を形成する。このとき、クラッド層２７に、後にその上に内部ミラー３５が形成される傾斜面が形成されるように、誘電体層２７Ｐをテーパーエッチングする。次に、クラッド層２７の傾斜面の上に内部ミラー３５を形成する。

【００７８】

次に、図１６に示したように、積層体の上面全体の上に、後に導波路２６となる誘電体層２６Ｐを形成する。

【００７９】

図１７は、次の工程を示す。この工程では、まず、例えばＲＩＥによって、誘電体層２６Ｐを選択的にエッチングして、導波路２６を形成する。次に、積層体の上面全体の上に、後にクラッド層２８となる誘電体層を形成する。次に、例えばＣＭＰによって、導波路２６が露出するまで誘電体層を研磨する。研磨後に残った誘電体層はクラッド層２８となる。また、この研磨により、導波路２６およびクラッド層２７，２８の上面が平坦化される。

【００８０】

次に、図１８に示したように、積層体の上面全体の上に、クラッド層２９を形成する。次に、クラッド層２９の上面に配線や端子２１０等を形成する。

【００８１】

次に、図１９に示したように、外部ミラー２０３が固定されたレーザダイオード２０２を、クラッド層２９の上面に固定する。

【００８２】

次に、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面２０１ａの研磨、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２００が完成する。

【００８３】

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２００では、導波路２６の外面における対向部分２６ｇが、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向する。本実施の形態では、導波路２６を伝播する光に基づいて、介在層２５においてエバネッセント光が発生し、このエバネッセント光に基づいて、近接場光発生素子２３に表面プラズモンが励起される。そして、この表面プラズモンが近接場光発生部２３ｆ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２３ｆより近接場光が発生される。本実施の形態によれば、レーザ光をプラズモン・アンテナに直接照射して近接場光を発生させる場合に比べて、導波路２６を伝播する光の近接場光への変換の効率を高めることができる。

【００８４】

また、本実施の形態では、導波路２６を伝播するレーザ光が近接場光発生素子２３に直接照射されないため、近接場光発生素子２３の温度上昇を抑制することができる。また、本実施の形態では、媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さH_{PA}が、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さT_{PA}よりも大きい。そのため、本実施の形態における近接場光発生素子２３の体積は、媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての長さが、基板１の上面１ａに垂直な方向についての長さよりも小さい従来のプラズモン・アンテナに比べて大きい。この点からも、本実施の形態によれば、近接場光発生素子２３の温度上昇を抑制することができる。これらのことから、本実施の形態によれば、近接場光発生素子２３が媒体対向面２０１ａから突出することを抑制することができる。

【００８５】

また、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００では、近接場光の発生に利用される光を出射する光源として、端面発光型のレーザダイオード２０２が用いられている。一般的に、端面発光型のレーザダイオードの光出力は、面発光型レーザダイオードに比べて大きい。

【００８６】
レーザダイオード２０２は、活性層２２２の面に垂直な方向の端に位置する下面２０２ａがスライダ２０１の上面２０１ｃに向くように配置されて、スライダ２０１に固定される。レーザダイオード２０２の出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー２０３で反射されて導波路２６に向けられる。レーザダイオード２０２の下面２０２ａは、活性層２２２の面に平行であり、且つ出射端面２０２ｃよりも面積が大きい。従って、本実施の形態では、出射部２２２ａより出射されるレーザ光の光軸がスライダ２０１の上面２０１ｃに平行になるように、レーザダイオード２０２をスライダ２０１に対して精度よく位置決めすることは容易である。そのため、本実施の形態によれば、出射部２２２ａより出射されるレーザ光の光軸が所望の方向に対して傾くことを防止することができる。従って、本実施の形態によれば、近接場光の発生に利用される光を出射する光源として、光出力が大きい端面発光型のレーザダイオード２０２を用いながら、出射部２２２ａより出射されるレーザ光を、直接、導波路に入射させる場合に比べて、導波路に対するレーザ光の位置合わせを容易に行うことが可能になる。

【００８７】
また、本実施の形態では、図１および図２に示したように、レーザダイオード２０２、外部ミラー２０３、内部ミラー３５および導波路２６は、スライダ２０１の上面２０１ｃの上方から見たときに、出射部２２２ａより出射されたレーザ光Ｌ１の進行方向と内部ミラー３５で反射された後のレーザ光Ｌ３の進行方向が直交するように配置されている。このような配置により、本実施の形態によれば、図２に示したように、内部ミラー３５で反射された後のレーザ光Ｌ３の偏光方向（電界の振動方向）を、出射部２２２ａより出射されたレーザ光Ｌ１の偏光方向に直交する方向に設定することができる。これにより、本実施の形態によれば、レーザダイオード２０２として、ＴＥモードのレーザ光を出射する一般的なレーザダイオードを用いながら、導波路２６を伝播するレーザ光の偏光方向を、近接場光発生素子２３において大きな強度の表面プラズモンを発生させることができる方向すなわち対向部分２６ｇに対して垂直な方向に設定することができる。

【００８８】
また、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドでは、近接場光発生素子２３および導波路２６が、磁極２０に対して基板１の上面１ａからより遠い位置に配置され、導波路２６の上方に配置されたレーザダイオード２０２より出射された光が、内部ミラー３５によって、導波路２６内を媒体対向面２０１ａに向けて進行するように反射される。

【００８９】
ここで、本実施の形態における近接場光発生素子２３および導波路２６と磁極２０との位置関係とは逆に、近接場光発生素子および導波路が、磁極２０に対して基板１の上面１ａにより近い位置に配置されている場合について考える。この場合には、近接場光発生素子および導波路の上方に磁極２０が存在することになるため、本実施の形態のように導波路の上方にレーザダイオードを配置する場合、レーザダイオードから導波路までの光の経路が長くなり、光のエネルギーの損失が大きくなる。また、この場合、レーザダイオードから導波路までの光の経路が長いことから、レーザダイオードと導波路とを正確に位置決めすることが難しく、レーザダイオードと導波路との位置ずれによる光のエネルギーの損失が発生しやすい。

【００９０】
これに対し、本実施の形態では、レーザダイオード２０２から導波路２６までの光の経路を短くすることができ、その結果、短い経路によって、レーザダイオード２０２から、導波路２６の外面における対向部分２６ｇまで光を導くことが可能になる。これにより、本実施の形態によれば、光のエネルギーの損失を少なくすることができる。また、本実施の形態では、レーザダイオード２０２と導波路２６とを近付けることができることから、レーザダイオード２０２と導波路２６とを正確に位置決めすることが容易である。そのため、本実施の形態によれば、レーザダイオード２０２と導波路２６との位置ずれによる光のエネルギーの損失を少なくすることができる。

【００９１】
　また、本実施の形態では、導波路２６においてレーザ光が入射する上面の上に、導波路２６の屈折率よりも小さい屈折率を有するクラッド層２９が設けられている。そのため、導波路２６とクラッド層２９との界面に、導波路２６側から臨界角以上の入射角で入射する光は、界面で全反射される。これにより、レーザダイオード２０２より出射され、クラッド層２９を通過して導波路２６内に入射したレーザ光が、再びクラッド層２９を通過してレーザダイオード２０２に戻ることを抑制することができる。その結果、本実施の形態によれば、レーザ光の利用効率を高めることができると共に、レーザダイオード２０２に戻るレーザ光によってレーザダイオード２０２が損傷を受けることを防止することができる。

【００９２】
　以上のことから、本実施の形態によれば、熱アシスト磁気記録ヘッドにおいて、近接場光の発生に利用される光の利用効率を高めることが可能になる。

【００９３】
［変形例］
　以下、本実施の形態における変形例について説明する。図２０は、変形例における導波路２６の一部と近接場光発生素子２３を示す平面図である。図２１は、図２０に示した近接場光発生素子２３の斜視図である。変形例における近接場光発生素子２３では、側面２３ｄ，２３ｅは、媒体対向面２０１ａに近づくに従って、トラック幅方向についての互いに距離が小さくなる部分を有している。また、側面２３ｄと第２の端面２３ｂとの間の角部と、側面２３ｅと第２の端面２３ｂとの間の角部は、それぞれ丸められている。この変形例では、特に、上記の２つの角部を除いて、側面２３ｄ，２３ｅは、媒体対向面２０１ａに近づくに従って、トラック幅方向についての互いに距離が小さくなっている。

【００９４】
　上面２３ｃは、第１の端面２３ａの上端に位置する第１の端縁２２３ａと、第２の端面２３ｂの上端に位置する第２の端縁２２３ｂと、側面２３ｄの上端に位置する第３の端縁２２３ｄと、側面２３ｅの上端に位置する第４の端縁２２３ｅとを有している。第３の端縁２２３ｄと第４の端縁２２３ｅは、第１の端縁２２３ａに近づくに従って、第１の端縁２２３ａに平行な方向についての互いに距離が小さくなる部分を有している。第２の端縁２２３ｂと第３の端縁２２３ｄとの間の角部と、第２の端縁２２３ｂと第４の端縁２２３ｅとの間の角部は、それぞれ丸められている。この変形例では、特に、上記の２つの角部を除いて、第３の端縁２２３ｄと第４の端縁２２３ｅは、第１の端縁２２３ａに近づくに従って、第１の端縁２２３ａに平行な方向についての互いに距離が小さくなっている。

【００９５】
　導波路２６の下面２６ｄの一部は、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向している。図２０には、導波路２６の前端面２６ａが媒体対向面２０１ａから離れた位置に配置されている例を示している。しかし、前端面２６ａは媒体対向面２０１ａに配置されていてもよい。

【００９６】
　また、図２１に示したように、変形例における近接場光発生素子２３は、第１の端面２３ａに近い一部分（以下、前端近傍部分という。）において、第１の端面２３ａに近づくに従って、下端が基板１の上面１ａから遠ざかっている。また、近接場光発生素子２３の前端近傍部分においてのみ、側面２３ｄ，２３ｅがそれぞれ連続する上部と下部とを含み、側面２３ｄの下部と側面２３ｅの下部とがなす角度は、側面２３ｄの上部と側面２３ｅの上部とがなす角度よりも小さくなっている。近接場光発生素子２３の前端近傍部分以外の部分における側面２３ｄ，２３ｅの形状は、平面またはほぼ平面である。

【００９７】
　第１の端面２３ａは、第１の側面２３ｄの端に位置する第１の辺１２３ｄと、第２の側面２３ｅの端に位置する第２の辺１２３ｅと、上面２３ｃの端に位置する第３の辺１２３ｃと、第１の辺１２３ｄと第２の辺１２３ｅが接して形成され、近接場光発生部２３ｆを

形成する尖端１２３ｆとを含んでいる。近接場光発生部２３ｆは、具体的には、端面２３ａにおける尖端１２３ｆおよびその近傍の部分である。

【００９８】

第１の辺１２３ｄは、連続する上部と下部とを含んでいる。第２の辺１２３ｅは、連続する上部と下部とを含んでいる。第１の辺１２３ｄの下部と第２の辺１２３ｅの下部とがなす角度は、第１の辺１２３ｄの上部と第２の辺１２３ｅの上部とがなす角度よりも小さい。

【００９９】

ここで、図２０に示したように、媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さを記号H_{PA}で表し、第１の端面２３ａの上端部の幅を記号W_{PA}で表し、トラック幅方向（Ｘ方向）における近接場光発生素子２３の最大の幅を記号WB_{PA}で表す。また、図２１に示したように、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さを記号T_{PA}で表す。媒体対向面２０１ａに垂直な方向についての近接場光発生素子２３の長さH_{PA}は、基板１の上面１ａに垂直な方向についての第１の端面２３ａの長さT_{PA}よりも大きい。W_{PA}は例えば５０～３５０ｎｍの範囲内である。T_{PA}は例えば６０～３５０ｎｍの範囲内である。H_{PA}は例えば０．２５～２．５μｍの範囲内である。WB_{PA}は例えば０．２５～２．５μｍの範囲内である。

【０１００】

変形例では、導波路２６において、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向する対向部分の面積を大きくすることができる。これにより、近接場光発生素子２３の上面２３ｃにおいて、より多くの表面プラズモンを励起させることができる。また、変形例では、近接場光発生素子２３の上面２３ｃにおいて、第２の端縁２２３ｂと第３の端縁２２３ｄとの間の角部と、第２の端縁２２３ｂと第４の端縁２２３ｅとの間の角部が、それぞれ丸められている。これにより、これらの角部から近接場光が発生することを防止することができる。また、変形例では、近接場光発生素子２３の上面２３ｃにおいて、上記の２つの角部を除いて、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの第３の端縁２２３ｄと第４の端縁２２３ｅは、第１の端縁２２３ａに近づくに従って、第１の端縁２２３ａに平行な方向についての互いに距離が小さくなっている。これにより、上面２３ｃにおいて励起された表面プラズモンが第１の端面２３ａに伝播される際に、表面プラズモンを集中させることができる。これらのことから、変形例によれば、尖った形状の近接場光発生部２３ｆに、より多くの表面プラズモンを集中させることが可能になる。

【０１０１】

［第２の実施の形態］

次に、図２２ないし図２６を参照して、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。図２２は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００の要部を示す斜視図である。図２３は、図２２におけるレーザダイオード２０２、外部ミラー２０３、内部ミラー３５および導波路２６の位置関係とレーザ光の偏光方向を示す斜視図である。図２４は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００の斜視図である。図２５は、図２４におけるＡ方向から見た熱アシスト磁気記録ヘッド２００を示す平面図である。図２６は、スライダ２０１の構成を示す断面図である。なお、図２６は、図２５の２６－２６線で示す位置における断面を表している。

【０１０２】

図２２ないし図２６に示したように、本実施の形態では、レーザダイオード２０２、外部ミラー２０３、内部ミラー３５および導波路２６は、出射部２２２ａより出射されたレーザ光Ｌ１の進行方向と内部ミラー３５で反射された後のレーザ光Ｌ３の進行方向が平行になるように配置されている。

【０１０３】

図２３に示したように、本実施の形態では、レーザダイオード２０２は、出射部２２２ａから、電界の振動方向が活性層２２２の面に垂直な直線偏光すなわちＴＭモードのレーザ光を出射する。出射部２２２ａより出射されたレーザ光における電界の振動方向は、Ｙ

Ｚ平面に平行である。出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー２０３の反射部２０３ａの反射面で反射されて、導波路２６に向かう。このときのレーザ光における電界の振動方向は、ＹＺ平面に平行である。このレーザ光は、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して、内部ミラー３５によって反射される。内部ミラー３５によって反射された後のレーザ光における電界の振動方向は、ＹＺ平面に平行である。内部ミラー３５によって反射されたレーザ光は、導波路２６内を伝播して、対向部分２６ｇに至る。このレーザ光における電界の振動方向は、対向部分２６ｇに対して垂直である。これにより、近接場光発生素子２３において大きな強度の表面プラズモンを発生させることができる。

【０１０４】

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。

【０１０５】

［第３の実施の形態］

次に、図２７および図２８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２７は、本実施の形態におけるレーザダイオードおよび外部ミラーを示す斜視図である。図２８は、本実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。

【０１０６】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、第１の実施の形態におけるレーザダイオード２０２および外部ミラー２０３の代りに、図２７および図２８に示したレーザダイオード３０２および外部ミラー３０３を備えている。図２７に示したように、本実施の形態におけるレーザダイオード３０２は、第１の実施の形態におけるレーザダイオード２０２と同様の構成であるが、スライダ２０１の上面２０１ｃに固定される際の姿勢が、レーザダイオード２０２とは上下が反対になっている。すなわち、レーザダイオード３０２は、上面および下面を有するｎ基板３１１と、ｎ基板３１１の下面の下に配置されたレーザ構造部３１２と、ｎ基板３１１の上面に接合されたｎ電極３１３と、ｎ基板３１１との間でレーザ構造部３１２を挟む位置に配置されてレーザ構造部３１２に接合されたｐ電極３１４とを備えている。レーザ構造部３１２は、少なくとも、ｎクラッド層３２１、活性層３２２およびｐクラッド層３２３を含んでいる。ｎクラッド層３２１は、ｎ基板３１１と活性層３２２の間に配置されている。ｐクラッド層３２３は、ｐ電極３１４と活性層３２２の間に配置されている。活性層３２２は、ｎクラッド層３２１に向いた面と、ｐクラッド層３２３に向いた面とを有している。

【０１０７】

また、レーザダイオード３０２は、活性層３２２の面に垂直な方向の両端に位置する上面３０２ａおよび下面３０２ｂと、この上面３０２ａと下面３０２ｂとを連結する４つの面とを有する直方体形状をなしている。上面３０２ａと下面３０２ｂは、活性層３２２の面に平行である。上面３０２ａは、ｎ電極３１３の表面によって形成されている。下面３０２ｂは、ｐ電極３１４の表面によって形成されている。上面３０２ａと下面３０２ｂとを連結する４つの面のうちの１つの面３０２ｃは、活性層３２２の端に位置するレーザ光の出射部３２２ａを含んでいる。従って、面３０２ｃが、本発明における出射端面に対応する。上面３０２ａおよび下面３０２ｂは、出射端面３０２ｃよりも面積が大きい。

【０１０８】

レーザダイオード３０２は、活性層３２２の面に垂直な方向の端に位置する下面３０２ｂがスライダ２０１の上面２０１ｃに向くように配置されて、スライダ２０１に固定される。本実施の形態では、特に、レーザダイオード３０２の下面３０２ｂはスライダ２０１の上面２０１ｃに接合されている。スライダ２０１の上面２０１ｃに対するレーザダイオード３０２の下面３０２ｂの接合は、例えば接着剤によって行われる。

【０１０９】

スライダ２０１は、上面２０１ｃにおいて露出するように配置されて、レーザダイオー

ド３０２のｐ電極３１４と端子２１０とを接続する導体層を備えていてもよい。この場合、レーザダイオード３０２の下面３０２ｂをスライダ２０１の上面２０１ｃに接合することによって、ｐ電極３１４が導体層に電気的に接続されるようにしてもよい。この場合、レーザダイオード３０２の下面３０２ｂと導体層との接続は、例えば半田付けによって行われる。レーザダイオード３０２のｎ電極３１３は、例えばボンディングワイヤによって、他の端子２１０に接続されている。

【０１１０】

図２７および図２８に示したように、本実施の形態では、レーザダイオード３０２の下面３０２ｂと出射部３２２ａとの間の距離Ｄ３は、レーザダイオード３０２の上面３０２ａと出射部３２２ａとの間の距離Ｄ４よりも小さい。

【０１１１】

外部ミラー３０３は、それぞれ板状の反射部３０３ａと被固定部３０３ｂ，３０３ｃを有している。被固定部３０３ｂ，３０３ｃは、９０°の角度をなすように連結されている。反射部３０３ａは、被固定部３０３ｃに対して１３５°の角度をなすように、被固定部３０３ｃにおける被固定部３０３ｂが連結された端部とは反対側の端部に連結されている。外部ミラー３０３は、被固定部３０３ｂが上面３０２ａに固定され、被固定部３０３ｃが出射端面３０２ｃに固定されることによって、レーザダイオード３０２に固定されている。反射部３０３ａは、出射部３２２ａの前方に配置されている。反射部３０３ａにおける出射部３２２ａにより近い面は、出射部３２２ａより出射されたレーザ光を、スライダ２０１内の導波路２６に向けて反射する反射面になっている。この反射面に対する法線は、出射部３２２ａより出射されたレーザ光の進行方向に対して４５°の角度をなしている。

【０１１２】

外部ミラー３０３は、例えば、樹脂、ガラス等の絶縁材料を成型して本体を作製し、この本体のうちの少なくとも反射面となる部分に、蒸着法、スパッタ法等によって金属膜を形成することによって作製することができる。この場合、金属膜を形成する前に、本体の反射面となる部分を研磨してもよい。これにより、反射面のうち、反射部３０３ａと被固定部３０３ｃの境界に近い部分が丸みを帯びることを防止することができる。これにより、以下のような効果を奏する。出射部３２２ａより出射されるレーザ光の径は、出射部３２２ａから離れるに従って大きくなる。そのため、出射部３２２ａから反射部３０３ａの反射面までのレーザ光の経路が長くなるほど、反射面で反射された後のレーザ光の径が大きくなる。上述のように、金属膜を形成する前に、本体の反射面となる部分を研磨して、反射面のうち、反射部３０３ａと被固定部３０３ｃの境界に近い部分が丸みを帯びることを防止することにより、出射部３２２ａより出射されたレーザ光が、反射面のうち、反射部３０３ａと被固定部３０３ｃの境界により近い位置で反射されるように設定することが可能になる。これにより、出射部３２２ａから反射面までのレーザ光の経路を短くして、反射面で反射された後のレーザ光の径が大きくなりすぎることを防止することができる。

【０１１３】

本実施の形態では、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー３０２の反射部３０３ａの反射面で反射されて、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行するように、内部ミラー３５によって反射される。

【０１１４】

前述のように、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａより出射されるレーザ光の径は、出射部３２２ａから離れるに従って大きくなる。そのため、出射部３２２ａから内部ミラー３５までのレーザ光の経路が長すぎる場合には、レーザ光の一部が内部ミラー３５に入射しなくなって導波路２６を伝播するレーザ光の光量が少なくなるおそれがある。

【０１１５】

本実施の形態では、レーザダイオード３０２の下面３０２ｂと出射部３２２ａとの間の

距離Ｄ３は、レーザダイオード３０２の上面３０２ａと出射部３２２ａとの間の距離Ｄ４よりも小さい。そのため、本実施の形態によれば、出射部３２２ａから内部ミラー３５までのレーザ光の経路を、第１の実施の形態における出射部２２２ａから内部ミラー３５までのレーザ光の経路よりも短くすることができる。これにより、本実施の形態によれば、第１の実施の形態に比べて、内部ミラー３５に入射する際のレーザ光の径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、レーザ光の一部が内部ミラー３５に入射しなくなって導波路２６を伝播するレーザ光の光量が少なくなることを防止することができる。

【０１１６】

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。

【０１１７】

［第４の実施の形態］

次に、図２９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について説明する。図２９は、本実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。

【０１１８】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、第３の実施の形態における外部ミラー３０３の代りに、プリズム４１１および外部ミラー４１２を備えている。プリズム４１１は、直交する２つの面４１１ａ，４１１ｂと、面４１１ａ，４１１ｂの各々に対して４５°の角度をなす面４１１ｃとを有する三角柱形状を有している。外部ミラー４１２は、プリズム４１１の面４１１ｃに接合されている。プリズム４１１は、レーザ光を通過させるガラス、結晶等の材料によって形成されている。外部ミラー４１２は、例えば、蒸着法、スパッタ法等によって面４１１ｃの上に形成された金属膜よりなる。プリズム４１１の面４１１ａは、レーザダイオード３０２の出射端面３０２ｃに接合されている。プリズム４１１の面４１１ｂは、スライダ２０１の上面２０１ｃに接合されている。

【０１１９】

本実施の形態では、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａより出射されたレーザ光は、面４１１ａからプリズム４１１内に入射して面４１１ｃに至り、外部ミラー４１２で反射される。外部ミラー４１２で反射されたレーザ光は、面４１１ｂからプリズム４１１の外に出射され、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行するように、内部ミラー３５によって反射される。

【０１２０】

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３の実施の形態と同様である。

【０１２１】

［第５の実施の形態］

次に、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３０は、本実施の形態におけるレーザダイオード、外部ミラーおよび内部ミラーを示す断面図である。

【０１２２】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドは、第３の実施の形態における外部ミラー３０３の代りに、レーザ保持部材４２１および外部ミラー４２２を備えている。レーザ保持部材４２１は、スライダ２０１の上面２０１ｃに接合されている。また、レーザ保持部材４２１は、レーザダイオード３０２を収容する凹部４２１ａを有している。レーザダイオード３０２は、下面３０２ｂがスライダ２０１の上面２０１ｃに向き、且つ上面２０１ｃに平行になるように、凹部４２１ａ内に収容されている。

【０１２３】

また、レーザ保持部材４２１は、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａの前方に配

置された斜面４２１ｂを有している。この斜面４２１ｂは、レーザダイオード３０２の出射端面３０２ｃとスライダ２０１の上面２０１ｃの各々に対して４５°の角度をなしている。外部ミラー４２２は、斜面４２１ｂに接合されている。

【０１２４】

レーザ保持部材４２１は、レーザ光を通過させるガラス、結晶等の材料によって形成されている。外部ミラー４２２は、例えば、蒸着法、スパッタ法等によって面４２１ｂの上に形成された金属膜よりなる。

【０１２５】

本実施の形態では、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａより出射されたレーザ光は、レーザ保持部材４２１の内部を通過して、斜面４２１ｂに至り、外部ミラー４２２で反射される。外部ミラー４２２で反射されたレーザ光は、レーザ保持部材４２１の外に出射され、クラッド層２９を通過して、上面２６ｃから導波路２６内に入射して後端面２６ｂに至り、導波路２６内を媒体対向面２０１ａ（前端面２６ａ）に向けて進行するように、内部ミラー３５によって反射される。

【０１２６】

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３の実施の形態と同様である。

【０１２７】

［第６の実施の形態］

次に、図３１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３１は、本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドを示す断面図である。本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッドにおけるスライダ２０１は、第１の実施の形態における導波路２６、クラッド層２７，２８，２９および内部ミラー３５の代りに、導波路５６およびクラッド層５７，５８，５９を備えている。

【０１２８】

導波路５６は、介在層２５の上に配置されている。導波路５６のうち、媒体対向面２０１ａからより遠い端部の近傍以外の部分の形状は、導波路２６と同様である。導波路５６のうち、媒体対向面２０１ａからより遠い端部の近傍の部分は、媒体対向面２０１ａから離れるに従ってスライダ２０１の上面２０１ｃに向かうように屈曲している。導波路５６は、外面を有している。この外面は、媒体対向面２０１ａにより近い前端面５６ａと、前端面５６ａとは反対側の入射端面５６ｂと、基板１の上面１ａからより遠い上面と、基板１の上面１ａにより近い下面と、トラック幅方向の両側に位置する２つの側面とを有している。導波路５６の上面、下面および２つの側面のうちの、媒体対向面２０１ａからより遠い端部の近傍の部分は、媒体対向面２０１ａから離れるに従ってスライダ２０１の上面２０１ｃに向かうように屈曲している。入射端面５６ｂは、基板１の上面１ａに平行であり、上方に向いている。この入射端面５６ｂには、外部ミラー２０３で反射されたレーザ光が入射する。図３１には、前端面５６ａが媒体対向面２０１ａから離れた位置に配置されている例を示している。しかし、前端面５６ａは媒体対向面２０１ａに配置されていてもよい。

【０１２９】

クラッド層５７は、導波路５６に対して、媒体対向面２０１ａからより遠い位置に配置されている。クラッド層５７は、導波路５６に接する、湾曲した端面５７ａを有している。クラッド層５８は、導波路５６のうちの下面と入射端面５６ｂを除いた部分を覆うように配置されている。入射端面５６ｂと、クラッド層５７，５８の上面は平坦化されている。クラッド層５９は、入射端面５６ｂと、クラッド層５７，５８の上面の上に配置されている。クラッド層５９の上面は、スライダ２０１の上面２０１ｃを構成している。

【０１３０】

また、導波路５６の外面は、近接場光発生素子２３の外面のうちの連結部の一部に対向する対向部分５６ｇを含んでいる。図３１に示したように、本実施の形態では、特に、導波路５６は、近接場光発生素子２３に対して、基板１の上面１ａからより遠い位置に配置

され、導波路５６の下面の一部が、介在層２５を介して、近接場光発生素子２３の上面２３ｃの一部に対向している。この上面２３ｃの一部に対向する導波路５６の下面の一部が対向部分５６ｇである。

【０１３１】

クラッド層５７，５８，５９は、導波路５６の屈折率よりも小さい屈折率を有している。導波路５６の材料は、第１の実施の形態における導波路２６と同様である。クラッド層５７，５８，５９の材料は、第１の実施の形態におけるクラッド層２７，２８，２９と同様である。

【０１３２】

次に、図３２ないし図３４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３２ないし図３４は、それぞれ、熱アシスト磁気記録ヘッドの製造過程における積層体の、媒体対向面および基板に垂直な断面を示している。図３２ないし図３４において、記号“ＡＢＳ”は、媒体対向面２０１ａが形成される予定の位置を表している。

【０１３３】

本実施の形態に係る熱アシスト磁気記録ヘッド２００の製造方法は、介在層２５を形成する工程までは、第１の実施の形態と同じである。図３２は、次の工程を示す。この工程では、まず、介在層２５の上に、後にクラッド層５７となる図示しない誘電体層を形成する。次に、この誘電体層の上に、クラッド層５７の平面形状に対応した平面形状を有する図示しない金属製マスクを形成する。次に、例えばＲＩＥによって、誘電体層を選択的にエッチングして、クラッド層５７を形成する。このとき、クラッド層５７に端面５７ａを形成する。次に、積層体の上面全体の上に、後に導波路５６となる誘電体層５６Ｐを形成する。

【０１３４】

図３３は、次の工程を示す。この工程では、まず、例えばＲＩＥによって、誘電体層５６Ｐを選択的にエッチングして、導波路５６の前端面５６ａと２つの側面に対応する各面を誘電体層５６Ｐに形成する。次に、積層体の上面全体の上に、後にクラッド層５８となる誘電体層５８Ｐを形成する。

【０１３５】

図３４は、次の工程を示す。この工程では、例えばＣＭＰによって、クラッド層５７が露出するまで誘電体層５８Ｐおよび誘電体層５６Ｐを研磨する。研磨後に残った誘電体層５６Ｐは導波路５６となり、研磨後に残った誘電体層５８Ｐはクラッド層５８となる。また、この研磨により、入射端面５６ｂが形成されると共に、入射端面５６ｂと、クラッド層５７，５８の上面が平坦化される。

【０１３６】

次に、積層体の上面全体の上に、図３１に示したクラッド層５９を形成する。次に、クラッド層５９の上面に配線や端子２１０等を形成する。次に、外部ミラー２０３が固定されたレーザダイオード２０２を、クラッド層５９の上面に固定する。次に、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面２０１ａの研磨、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。

【０１３７】

本実施の形態では、レーザダイオード２０２の出射部２２２ａより出射されたレーザ光は、外部ミラー２０３の反射部２０３ａの反射面で反射されて、クラッド層５９を通過して、入射端面５６ｂより導波路５６に入射する。この導波路５６に入射したレーザ光は、導波路５６とクラッド層５７，５８の界面で反射しながら、導波路５６内を媒体対向面２０１ａ（前端面５６ａ）に向けて進行する。

【０１３８】

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。

【０１３９】

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、第１ないし第５の実施の形態において、内部ミラー３５の代りに、上面２６ｃから導波路２６内に入射したレーザ光を、導波路２６内を媒体対向面２０１ａに向けて進行するように回折する回折格子を設けてもよい。

【０１４０】

また、第３ないし第５の実施の形態において、第２の実施の形態と同様に、レーザダイオード３０２、外部ミラー３０３，４１２または４２２、内部ミラー３５および導波路２６を、レーザダイオード３０２の出射部３２２ａより出射されたレーザ光の進行方向と内部ミラー３５で反射された後のレーザ光の進行方向が平行になるように配置してもよい。

【０１４１】

また、第６の実施の形態において、レーザダイオード２０２および外部ミラー２０３の代りに、第３ないし第５の実施の形態のいずれかにおけるレーザダイオード３０２および外部ミラー３０３，４１２または４２２を設けてもよい。また、第６の実施の形態において、レーザダイオードおよび外部ミラーを、レーザダイオードの出射部より出射されたレーザ光の進行方向が、第２の実施の形態と同様にＹ方向になるように配置してもよい。

【０１４２】

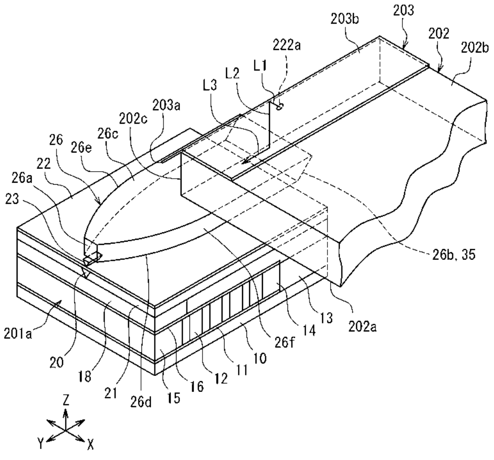
また、本発明において、近接場光発生素子２３の形状は、図９、図２１にそれぞれ示した形状以外の形状であってもよい。

【符号の説明】

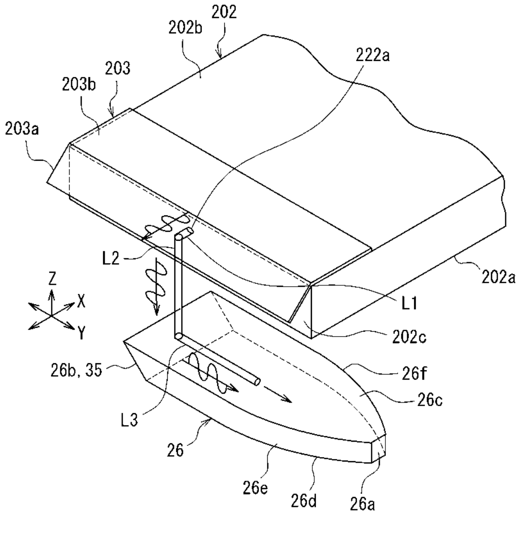
【０１４３】

２３…近接場光発生素子、２６…導波路、２００…熱アシスト磁気記録ヘッド、２０１…スライダ、２０２…レーザダイオード、２０３…外部ミラー２０３。

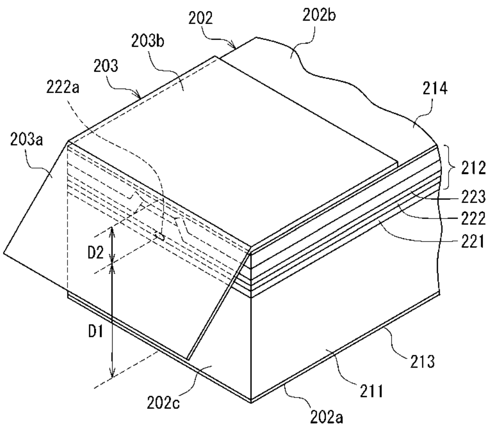
【図１】



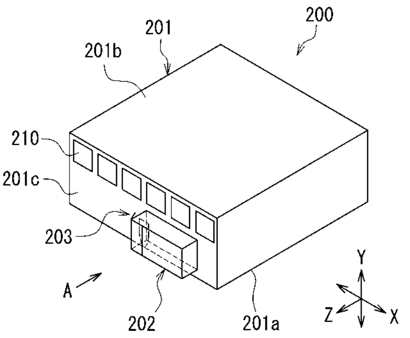
【図２】



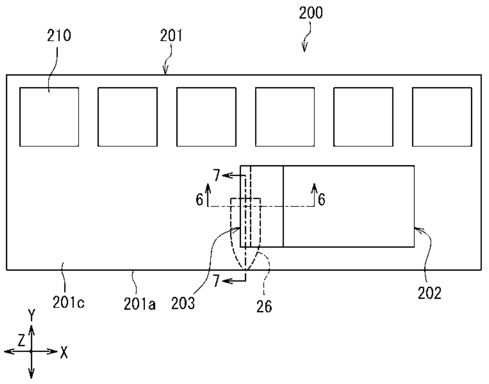
【図３】



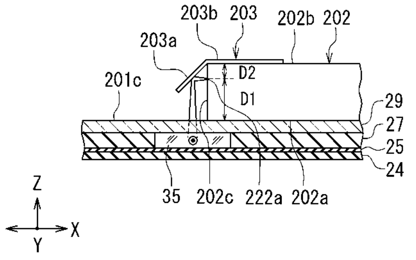
【図４】



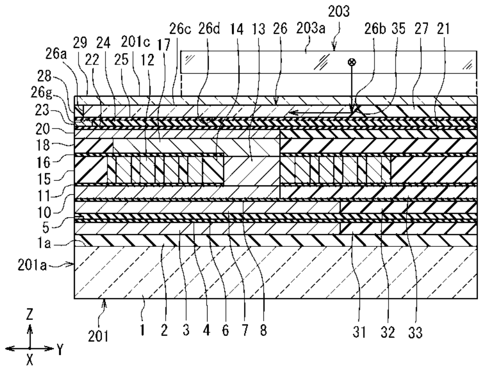
【図５】



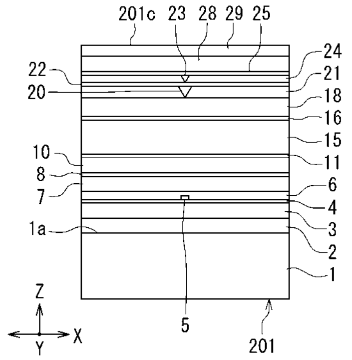
【図６】



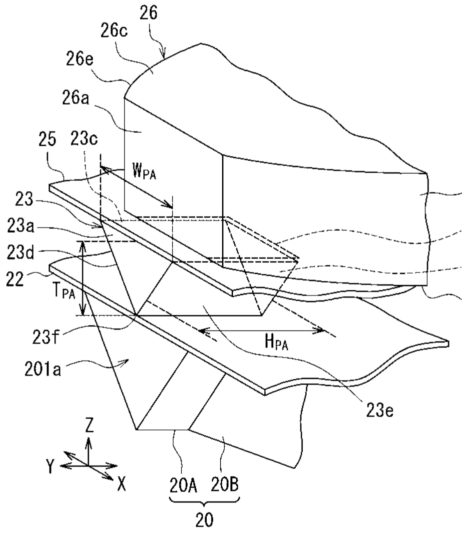
【図７】



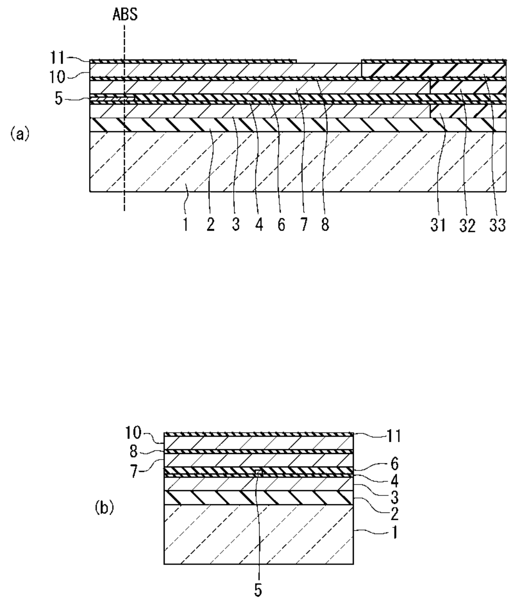
【図８】



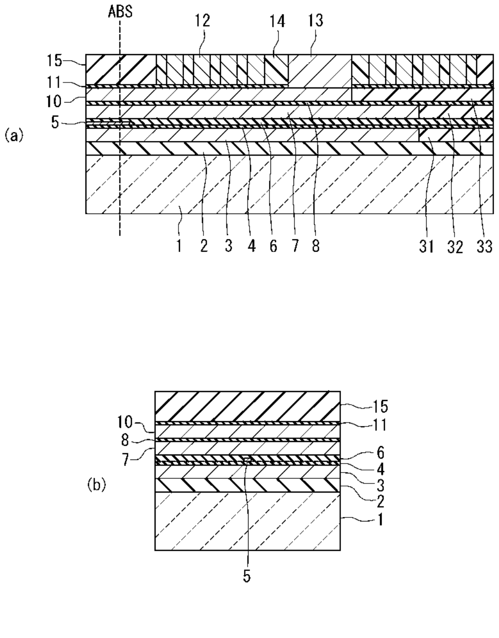
【図９】



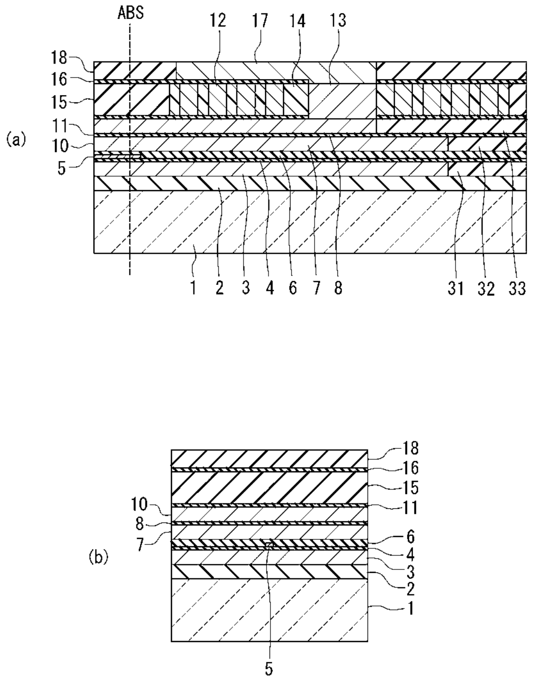
【図１０】



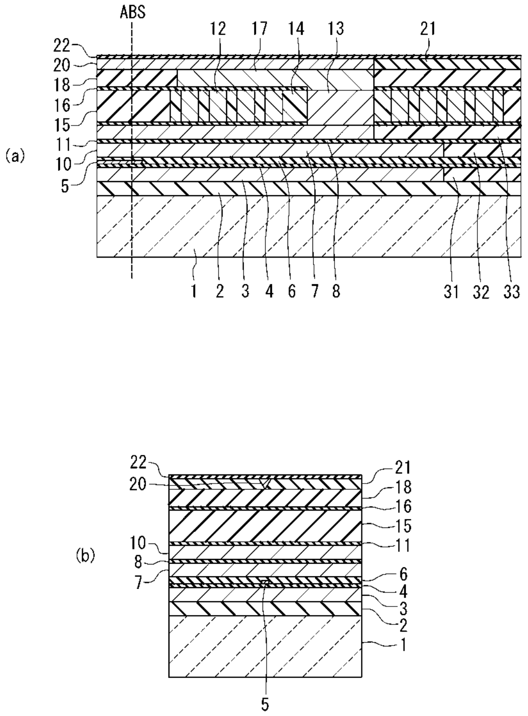
【図１１】



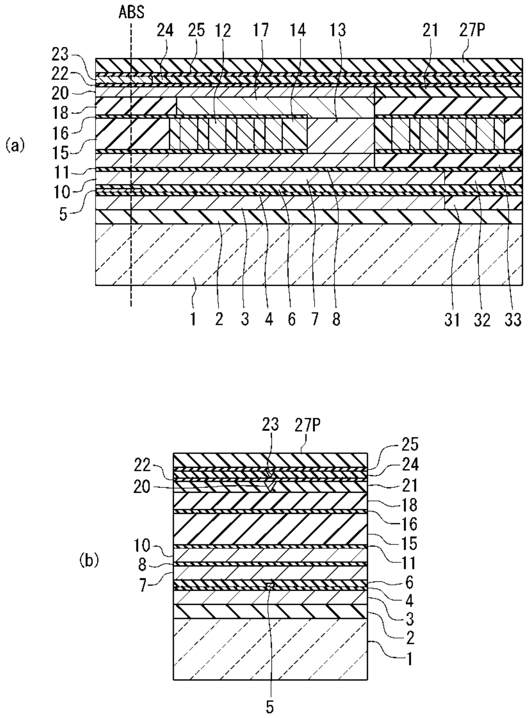
【図１２】



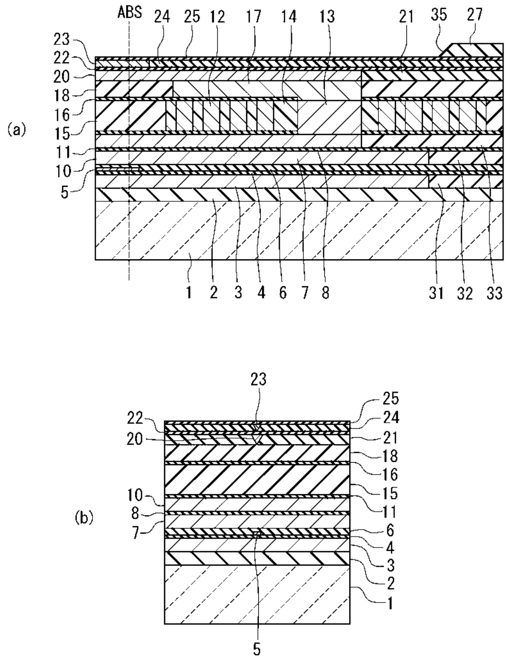
【図１３】



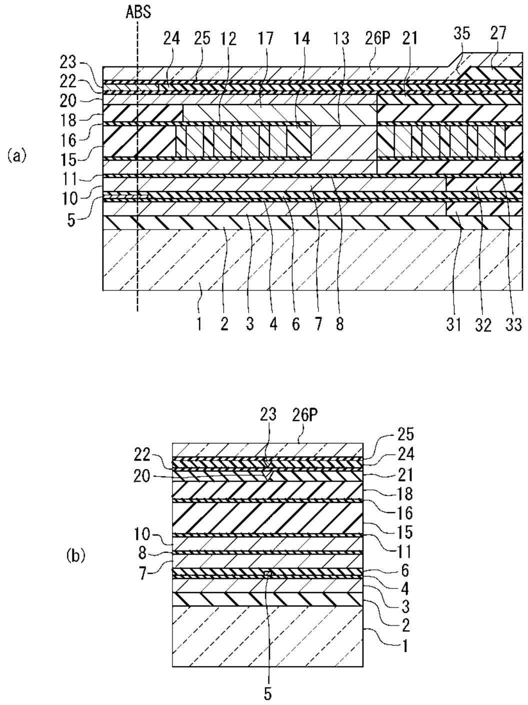
【図１４】



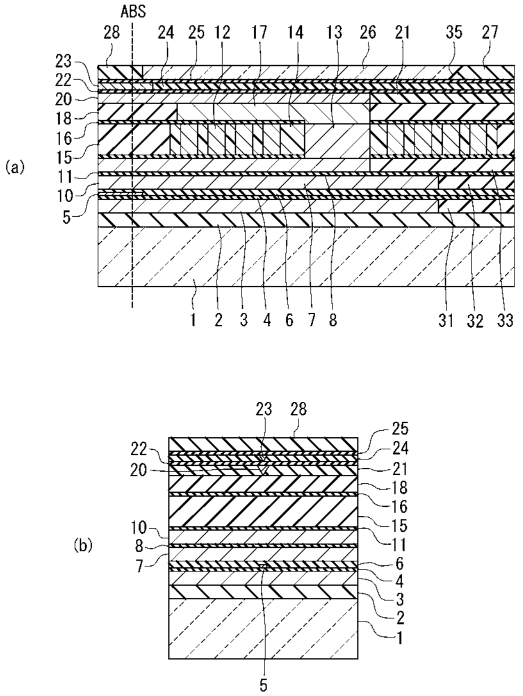
【図１５】



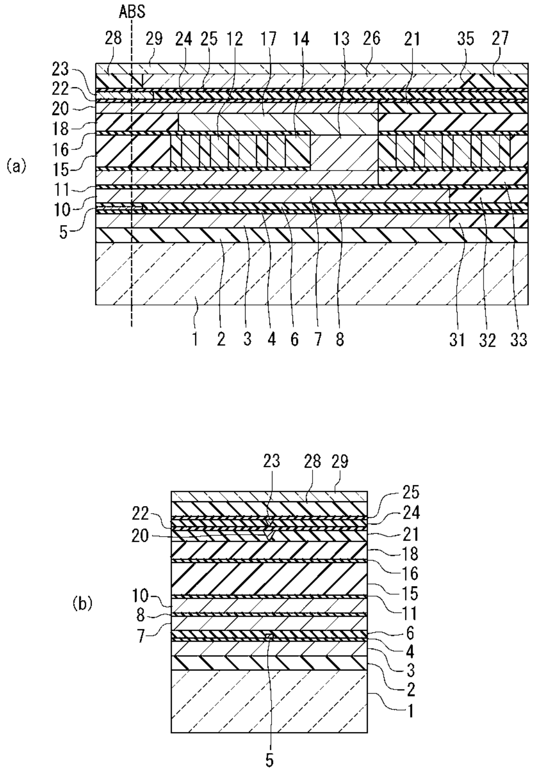
【図１６】



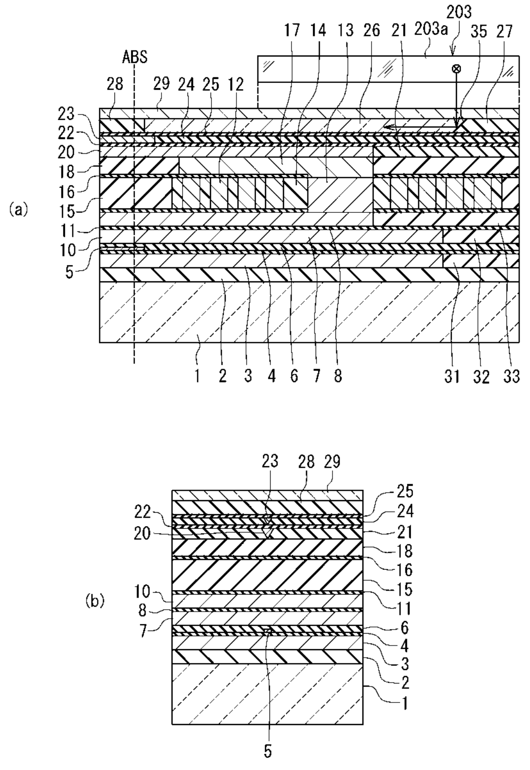
【図１７】



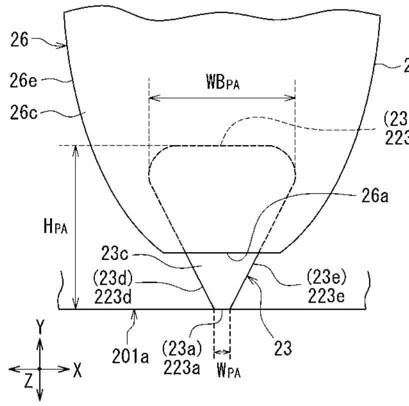
【図１８】



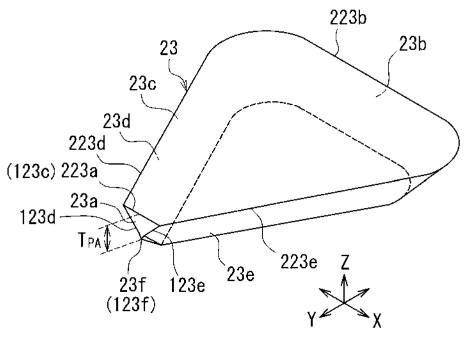
【図１９】



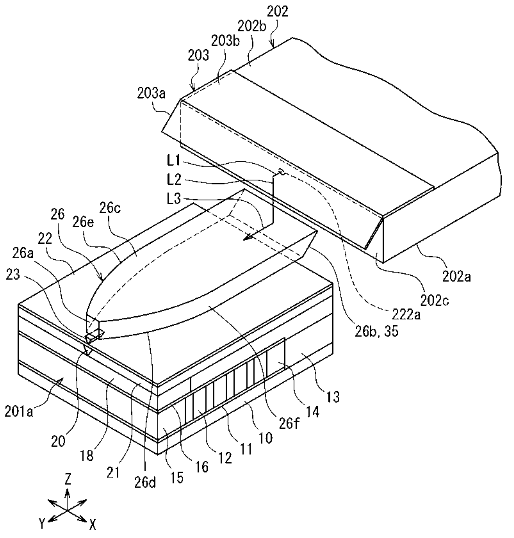
【図２０】



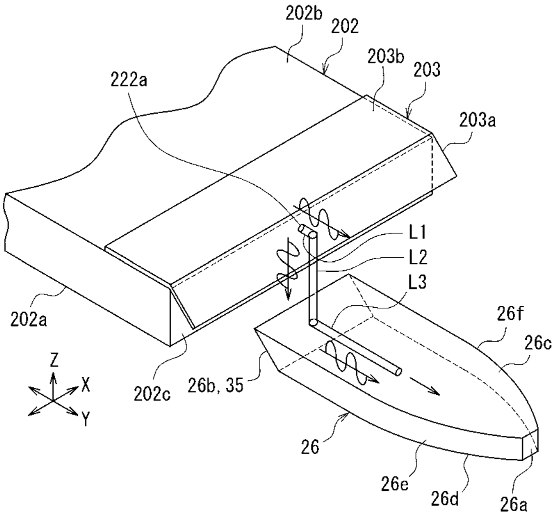
【図２１】



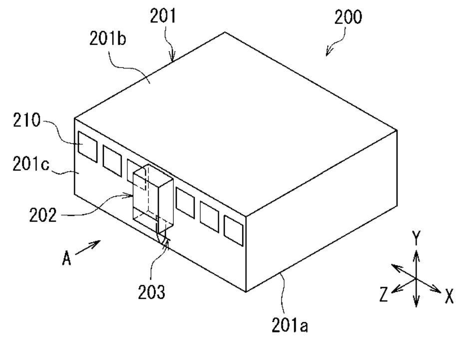
【図２２】



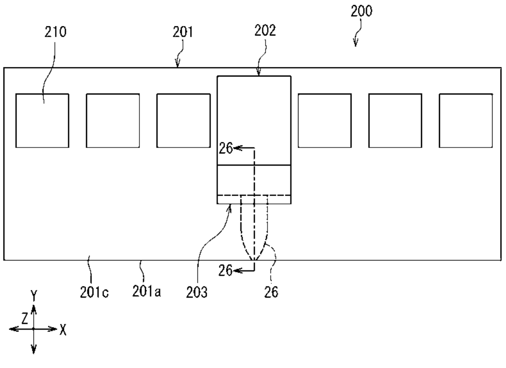
【図２３】



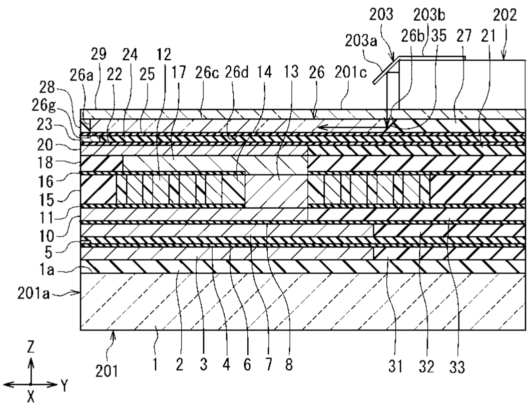
【図２４】



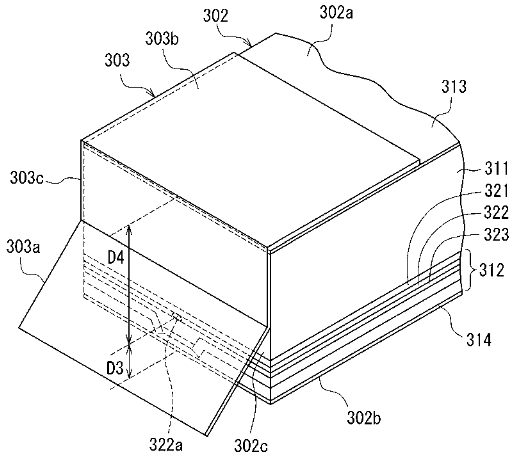
【図２５】



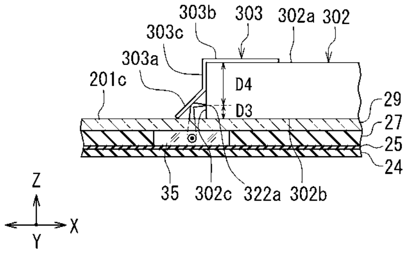
【図２６】



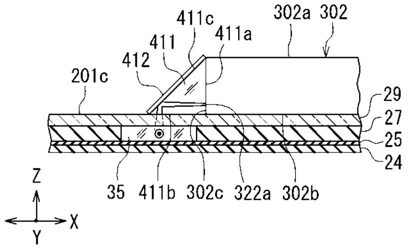
【図２７】



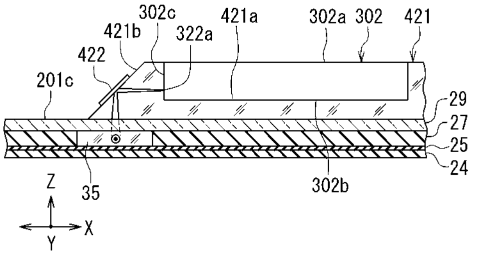
【図２８】



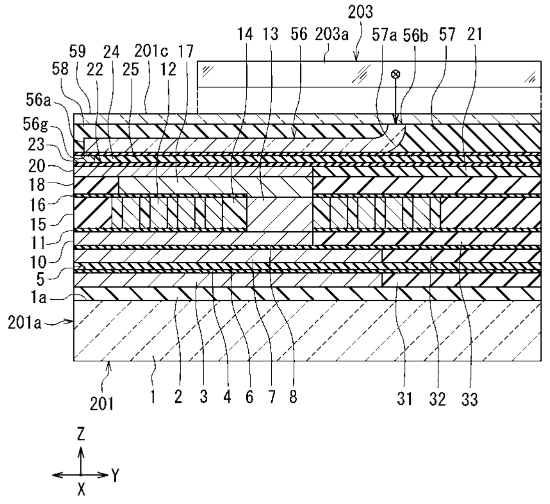
【図２９】



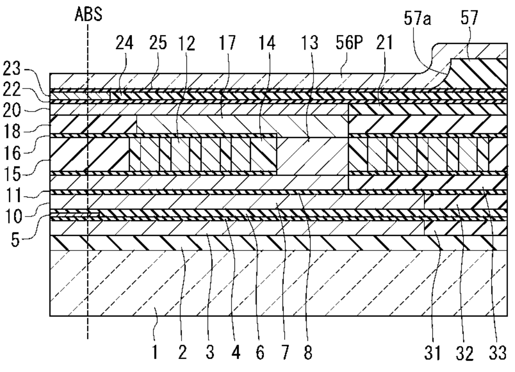
【図３０】



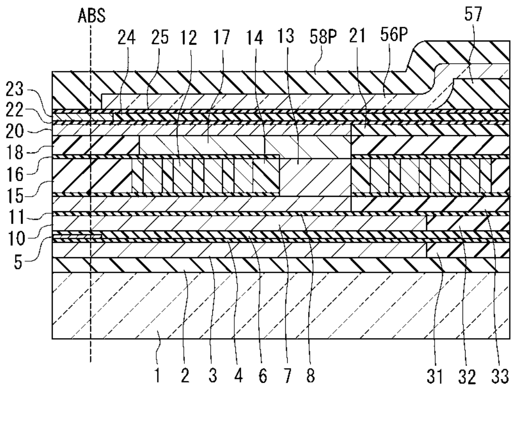
【図３１】



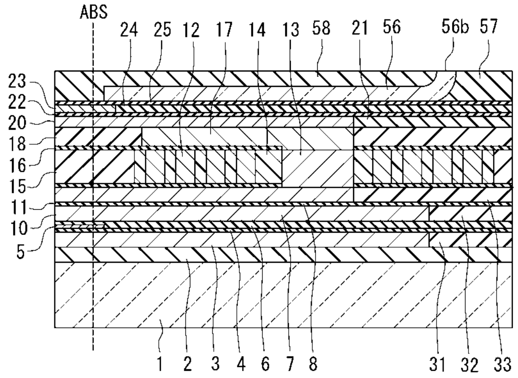
【図３２】



【図３３】



【図３４】


ABS
24 25 12 17 14 13 58 21 56 56b 57
23
22
20
18
16
15
11
10
5
1 2 3 4 6 7 8 31 32 33

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　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
Ｆターム(参考) 5D033 BA80
5D091 CC26　CC30