(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3587375号
(P3587375)
(45)発行日　平成16年11月10日(2004.11.10)　(24)登録日　平成16年8月20日(2004.8.20)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G11B 5/31　G11B 5/31 F
G11B 5/31 C
G11B 5/31 D

請求項の数 24　(全 37 頁)

(21)出願番号　特願2000-284101(P2000-284101)
(22)出願日　平成12年9月19日(2000.9.19)
(65)公開番号　特開2002-92822(P2002-92822A)
(43)公開日　平成14年3月29日(2002.3.29)
審査請求日　平成15年5月9日(2003.5.9)

(73)特許権者　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号
(74)代理人　100109656
弁理士　三反崎　泰司
(74)代理人　100098785
弁理士　藤島　洋一郎
(72)発明者　佐々木　芳高
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内

審査官　中村　豊

(56)参考文献　特開平１０－２６９５２４（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する２つの磁極を有する、互いに磁気的に連結された第１の磁性層および第２の磁性層と、前記第１の磁性層と第２の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、前記薄膜コイルを前記第１の磁性層および第２の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、前記第１の磁性層が、前記ギャップ層より遠い側から順に配設された第１の磁性層部分および第２の磁性層部分の積層体を含み、前記第２の磁性層部分が、記録媒体の記録トラック幅を規定するための一定幅を保ちつつ前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に前記ギャップ層に隣接しながら延在して第１の位置で終端し、前記第１の磁性層部分が、前記第２の磁性層部分の前記一定幅と同一の幅を保ちつつ前記記録媒体対向面またはその近傍位置からこの面より離れる方向に延在して前記第１の位置と同一または近傍の第２の位置で終端する一定幅部分と、前記一定幅部分の幅よりも大きな幅を有すると共に、前記第２の位置から前記記録媒体対向面より離れる方向に延在して第３の位置で終端する拡幅部分とを含む薄膜磁気ヘッドであって、
前記薄膜コイルは、最も多くの部分が前記第１の磁性層部分における前記一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設された第１の薄膜コイルを含み、
前記絶縁層は、前記第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に前記第１の薄膜コイルに隣接するようにして配設された第１の絶縁層部分を含むと共に、
前記第１の磁性層部分における前記第３の位置は、前記薄膜コイルよりも前記記録媒体対

向面に近い側に位置し、
前記絶縁層は、さらに、前記第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含み、
前記第２の絶縁層部分における前記第１の絶縁層部分から遠い側の表面は、前記第１の磁性層部分における前記第２の磁性層部分から遠い側の表面と同一の平面内にある
ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。
【請求項２】
前記第１の磁性層部分の厚みは前記第１の薄膜コイルの厚みよりも大きい
ことを特徴とする請求項１記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項３】
前記第２の磁性層部分の厚みは１．０ミクロン以下の範囲内である
ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項４】
前記第１の絶縁層部分における前記第１の薄膜コイルとの隣接面は、前記第１の磁性層部分と前記第２の磁性層部分との境界面と同一の平面内にある
ことを特徴とする請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項５】
前記第１の磁性層は、さらに、前記第１の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結された第３の磁性層部分を含み、
前記第１の磁性層部分と前記第３の磁性層部分とがオーバーラップするオーバーラップ領域に、前記第１の絶縁層部分の一部が配設されている
ことを特徴とする請求項１ないし請求項４のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項６】
前記薄膜コイルは、さらに、前記第１の薄膜コイルと電気的に接続された第２の薄膜コイルを含み、
前記第１の磁性層は、さらに、前記第１の磁性層部分と前記第３の磁性層部分とを磁気的に連結させるための第４の磁性層部分を含み、
前記第２の薄膜コイルは、その大部分が前記第４の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設されている
ことを特徴とする請求項５記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項７】
前記第１の絶縁層部分のうちの前記ギャップ層と反対側に窪み領域が設けられており、前記第１の薄膜コイルは前記窪み領域に配設されている
ことを特徴とする請求項１ないし請求項６のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項８】
前記第１の絶縁層部分は、前記第１の位置において前記第２の磁性層部分と接している
ことを特徴とする請求項１ないし請求項７のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項９】
前記第２の磁性層部分と前記第１の絶縁層部分との境界面は平面をなしている
ことを特徴とする請求項８記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１０】
前記第２の磁性層部分と前記第１の絶縁層部分との境界面は、前記第２の磁性層部分の延在方向に対して垂直になっている
ことを特徴とする請求項９記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１１】
前記第２の磁性層部分を構成する磁性材料は、前記第１の磁性層部分を構成する磁性材料の飽和磁束密度以上の飽和磁束密度を有するものである
ことを特徴とする請求項１ないし請求項１０のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１２】
前記第１の磁性層部分は、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料よりなるものであ

り、
前記第２の磁性層部分は、ニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれか１つを含む磁性材料よりなるものである
ことを特徴とする請求項１１記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１３】
前記第１の磁性層部分、前記第２の磁性層部分および第２の磁性層のうちの少なくとも１つは、窒化鉄、ニッケル鉄合金またはアモルファス合金のいずれか１つを含む磁性材料よりなるものである
ことを特徴とする請求項１ないし請求項１０のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１４】
前記アモルファス合金は、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかである
ことを特徴とする請求項１３記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１５】
前記第１の磁性層部分、前記第２の磁性層部分および第２の磁性層のうちの少なくとも１つは、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料よりなるものである
ことを特徴とする請求項１ないし請求項１０のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項１６】
記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する２つの磁極を有する、互いに磁気的に連結された第１の磁性層および第２の磁性層と、前記第１の磁性層と第２の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、前記薄膜コイルを前記第１の磁性層および第２の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、前記第１の磁性層が前記ギャップ層より遠い側から順に配設された第１の磁性層部分および第２の磁性層部分の積層体を含み、前記第２の磁性層部分が記録媒体の記録トラック幅を規定するための一定幅を保ちつつ前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に前記ギャップ層に隣接して延在して第１の位置で終端し、前記第１の磁性層部分が、前記第２の磁性層部分の前記一定幅と同一の幅を保ちつつ前記記録媒体対向面またはその近傍位置からこの面より離れる方向に延在して前記第１の位置と同一または近傍の第２の位置で終端する一定幅部分と、前記一定幅部分の幅よりも大きな幅を有すると共に前記第２の位置から前記記録媒体対向面より離れる方向に延在して第３の位置で終端する拡幅部分とを含む薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、
前記薄膜コイルの一部をなす第１の薄膜コイルを、その最も多くの部分が前記第１の磁性層部分における前記一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように形成する第１の工程と、
前記第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に、前記絶縁層の一部をなす第１の絶縁層部分を前記第１の薄膜コイルに隣接するように形成する第２の工程とを含み、
前記第２の工程は、
前記ギャップ層における前記記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍から前記第１の位置に至る領域に、前記第２の磁性層部分の前準備層としての前駆磁性層を形成する工程と、
少なくとも前記前駆磁性層およびその周辺領域を覆うように、前記第１の絶縁層部分の前準備層としての第１の前駆絶縁層を形成する工程と、
少なくとも前記前駆磁性層が露出するまで前記第１の前駆絶縁層を研磨して平坦化することにより前記第１の絶縁層部分を形成する工程とを含むと共に、
前記第１の磁性層部分における前記第３の位置が、前記薄膜コイルよりも前記記録媒体対向面に近い側に位置し、
前記絶縁層が、さらに、前記第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含むようにし、
さらに、
少なくとも前記前駆磁性層上に前記第１の磁性層部分を形成する第３の工程と、

少なくとも前記第１の磁性層部分および前記第１の薄膜コイルを覆うように前記第２の絶縁層部分の前準備層としての第２の前駆絶縁層を形成する第４の工程と、
少なくとも前記第１の磁性層部分が露出するまで前記第２の前駆絶縁層の表面を研磨して平坦化することにより前記第２の絶縁層部分を形成する第５の工程とを含む
ことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項１７】
前記第１の磁性層部分を、その厚みが前記第１の薄膜コイルの厚みよりも大きくなるように形成する
ことを特徴とする請求項１６記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項１８】
前記第１の磁性層が、さらに、前記第１の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結された第３の磁性層部分と、前記第１の磁性層部分と前記第３の磁性層部分とを磁気的に連結させるための第４の磁性層部分とを含み、
前記薄膜コイルが、さらに、前記第１の薄膜コイルと電気的に接続された第２の薄膜コイルを含む場合において、
さらに、
前記第２の薄膜コイルを、その最も多くの部分が前記第４の磁性層部分に対応する空間領域に含まれるように形成する第６の工程
を含むことを特徴とする請求項１６または請求項１７に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項１９】
さらに、
前記第２の工程ののち、前記第１の絶縁層部分のうちの前記ギャップ層と反対側の一部をその厚み方向における所定の位置までエッチングすることにより窪み領域を形成する第７の工程
を含み、
前記第１の工程において、前記第１の薄膜コイルを前記窪み領域に形成する
ことを特徴とする請求項１６ないし請求項１８のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項２０】
前記第３の工程において、前記第１の磁性層部分をめっき膜の成長処理を用いて形成する
ことを特徴とする請求項１６ないし請求項１９のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項２１】
前記第３の工程が、
少なくとも前記前駆磁性層上に磁性材層を形成する工程と、
この磁性材層を選択的にエッチングしてパターニングすることにより前記第１の磁性層部分を選択的に形成するエッチング工程と
を含むことを特徴とする請求項１６ないし請求項２０のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法
【請求項２２】
前記エッチング工程において、前記第１の磁性層部分の形成を反応性イオンエッチングを用いて行う
ことを特徴とする請求項２１記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項２３】
塩素を含むガス雰囲気中において前記エッチング工程を行う
ことを特徴とする請求項２２記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
【請求項２４】
５０°Ｃないし３００°Ｃの範囲内の温度下において前記エッチング工程を行う
ことを特徴とする請求項２２または請求項２３に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと、読み出し用の磁気抵抗（以下、ＭＲ（Ｍａｇｎｅｔｏ　Ｒｅｓｉｓｔｉｖｅ）と記す。）素子を有する再生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。
【０００３】
記録ヘッドは、例えば、記録ギャップ（ｗｒｉｔｅ　ｇａｐ）を挟んでその上下に配設された上部磁極（トップポール）および下部磁極（ボトムポール）と、上部磁極と下部磁極との間に絶縁層を介して配設された磁束発生用のコイルとを含んで構成されている。上部磁極および下部磁極は、磁気記録媒体（以下、単に「記録媒体」という。）に対向する記録媒体対向面（エアベアリング面）に近い側の領域の記録ギャップ近傍において互いに同一の一定幅を有しており、これらの部位により記録トラック幅を画定する「磁極先端部」が構成されている。
【０００４】
記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁極先端部の幅（磁極幅）をサブミクロンオーダーまで極微小化し、記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このような場合には、磁極幅を磁極先端部の全域に渡って高精度に一定とするのが好ましい。磁極幅が部分的に大きいと、書き込み対象のトラック領域のみならずその隣接トラック領域にまで書き込みが行われ、隣接トラック領域に書き込まれていた情報が上書きされて消去してしまうというサイドイレーズ現象が生じるからである。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
このように、磁極幅の極微小化が進むにつれ、製造上の問題から磁極自体の厚みも薄くすることが要求され、その結果、ヘッド全体の構成部品（例えばコイル等）の寸法が軒並み極微細化される傾向にある。記録ヘッドの性能のうち、記録媒体に対する情報の重ね書き特性、すなわちオーバーライト特性を良好に確保するためには、コイルを通電させることにより十分な量の磁束を発生させ、発生した磁束を磁極部分へ供給する必要がある。しかしながら、上記した構成部品の極微細化傾向に応じてコイルの断面積が小さくなりすぎると、電気抵抗値が大きくなりすぎることによりコイルを流れる電流量が減少し、磁束の発生量が著しく減少してしまうという問題がある。磁束の発生量が減少すると、情報の記録時において記録媒体を磁化させるための磁束が不足するため、オーバーライト特性は著しく劣化する。
【０００６】
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、磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する２つの磁極を有する、互いに磁気的に連結された第１の磁性層および第２の磁性層と、第１の磁性層と第２の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、薄膜コイルを第１の磁性層および第２の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、第１の磁性層が、ギャップ層より遠い側から順に配設された第１の磁性層部分および第２の磁

性層部分の積層体を含み、第２の磁性層部分が、記録媒体の記録トラック幅を規定するための一定幅を保ちつつ記録媒体対向面からこの面より離れる方向にギャップ層に隣接しながら延在して第１の位置で終端し、第１の磁性層部分が、第２の磁性層部分の一定幅と同一の幅を保ちつつ記録媒体対向面またはその近傍位置からこの面より離れる方向に延在して第１の位置と同一または近傍の第２の位置で終端する一定幅部分と、一定幅部分の幅よりも大きな幅を有すると共に、第２の位置から記録媒体対向面より離れる方向に延在して第３の位置で終端する拡幅部分とを含む薄膜磁気ヘッドであって、薄膜コイルが、最も多くの部分が第１の磁性層部分における一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設された第１の薄膜コイルを含み、絶縁層が、第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に第１の薄膜コイルに隣接するようにして配設された第１の絶縁層部分を含むと共に、第１の磁性層部分における第３の位置が、薄膜コイルよりも記録媒体対向面に近い側に位置し、絶縁層が、さらに、第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含み、第２の絶縁層部分における第１の絶縁層部分から遠い側の表面が、第１の磁性層部分における第２の磁性層部分から遠い側の表面と同一の平面内にあるようにしたものである。

【０００８】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、最も多くの部分が第１の磁性層部分における一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設された第１の薄膜コイルを含んで薄膜コイルが構成され、第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に第１の薄膜コイルに隣接するようにして配設された第１の絶縁層部分を含んで絶縁層が構成される。また、第１の磁性層部分における第３の位置が薄膜コイルよりも記録媒体対向面に近い側に位置し、さらに、第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含んで絶縁層が構成される。特に、第２の絶縁層部分における第１の絶縁層部分から遠い側の表面が第１の磁性層部分における第２の磁性層部分から遠い側の表面と同一の平面内にある。第１の絶縁層部分に隣接して第１の薄膜コイルが配設されているため、第１の絶縁層部分中に第１の薄膜コイルが埋設されている場合とは異なり、第１の薄膜コイルの厚みは第１の絶縁層部分の厚みに依存することなく、適正に設定可能となる。

【０００９】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の磁性層部分の厚みが第１の薄膜コイルの厚みよりも大きくなるようにしてもよい。

【００１０】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第２の磁性層部分の厚みが１．０ミクロン以下の範囲内であるようにしてもよい。

【００１１】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の絶縁層部分における第１の薄膜コイルとの隣接面が、第１の磁性層部分と第２の磁性層部分との境界面と同一の平面内にあるようにしてもよい。

【００１３】

また，本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の磁性層が、さらに、第１の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結された第３の磁性層部分を含む場合には、第１の磁性層部分と第３の磁性層部分とがオーバーラップするオーバーラップ領域に第１の絶縁層部分の一部が配設されるようにしてもよい。

【００１４】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイルが、さらに、第１の薄膜コイルと電気的に接続された第２の薄膜コイルを含み、第１の磁性層が、さらに、第１の磁性層部分と第３の磁性層部分とを磁気的に連結させるための第４の磁性層部分を含む場合には、第２の薄膜コイルが、その大部分が第４の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設されるようにしてもよい。

【００１５】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の絶縁層部分のうちのギャップ層と反対側に窪

み領域が設けられており、第１の薄膜コイルが窪み領域に配設されるようにしてもよい。

【００１６】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の絶縁層部分が、第１の位置において第２の磁性層部分と接するようにしてもよい。このような場合には、第２の磁性層部分と第１の絶縁層部分との境界面が平面をなし、かつ第２の磁性層部分の延在方向に対して垂直になるようにするのが好適である。

【００１７】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第２の磁性層部分を構成する磁性材料が、第１の磁性層部分を構成する磁性材料の飽和磁束密度以上の飽和磁束密度を有するものであるようにしてもよい。このような場合には、第１の磁性層部分が、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料よりなるものであり、第２の磁性層部分が、ニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む磁性材料よりなるものであるようにするのが好適である。

【００１８】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の磁性層部分、第２の磁性層部分および第２の磁性層のうちの少なくとも１つが、窒化鉄、ニッケル鉄合金またはアモルファス合金のいずれか１つを含む磁性材料よりなるものであるようにしてもよい。アモルファス合金としては、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかであるようにするのが好適である。

【００１９】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第１の磁性層部分、第２の磁性層部分および第２の磁性層のうちの少なくとも１つが、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料よりなるものであるようにしてもよい。

【００２０】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する２つの磁極を有する、互いに磁気的に連結された第１の磁性層および第２の磁性層と、第１の磁性層と第２の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、薄膜コイルを第１の磁性層および第２の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、第１の磁性層がギャップ層より遠い側から順に配設された第１の磁性層部分および第２の磁性層部分を含み、第２の磁性層部分が記録媒体の記録トラック幅を規定するための一定幅を保ちつつ記録媒体対向面からこの面より離れる方向にギャップ層に隣接して延在して第１の位置で終端し、第１の磁性層部分が、第２の磁性層部分の一定幅と同一の幅を保ちつつ記録媒体対向面またはその近傍位置からこの面より離れる方向に延在して第１の位置と同一または近傍の第２の位置で終端する一定幅部分と、一定幅部分の幅よりも大きな幅を有すると共に第２の位置から記録媒体対向面より離れる方向に延在して第３の位置で終端する拡幅部分とを含む薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、薄膜コイルの一部をなす第１の薄膜コイルを、その最も多くの部分が第１の磁性層部分における一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように形成する第１の工程と、第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に、絶縁層の一部をなす第１の絶縁層部分を第１の薄膜コイルに隣接するように形成する第２の工程とを含み、第２の工程は、ギャップ層における記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍から第１の位置に至る領域に、第２の磁性層部分の前準備層としての前駆磁性層を形成する工程と、少なくとも前駆磁性層およびその周辺領域を覆うように、第１の絶縁層部分の前準備層としての第１の前駆絶縁層を形成する工程と、少なくとも前駆磁性層が露出するまで第１の前駆絶縁層を研磨して平坦化することにより第１の絶縁層部分を形成する工程とを含むと共に、第１の磁性層部分における第３の位置が、薄膜コイルよりも記録媒体対向面に近い側に位置し、絶縁層が、さらに、第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含むようにし、さらに、少なくとも前駆磁性層上に第１の磁性層部分を形成する第３の工程と、少なくとも第１の磁性層部分および第１の薄膜コイルを覆うように第２の絶縁層部分の前準備層としての第２の前駆絶縁層を形成する第４の工程と、少なくとも第１の磁性層部分が露出するまで第２の前駆絶縁層の表面を研磨して平坦化することにより第２の絶縁層部分を形成する第５の工程とを

含むようにしたものである。

【００２１】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第１の工程において、その最も多くの部分が第１の磁性層部分における一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように薄膜コイルの一部をなす第１の薄膜コイルが形成されると共に、第２の工程において、第２の磁性層部分の厚みに対応する空間領域に、絶縁層の一部をなす第１の絶縁層部分が第１の薄膜コイルに隣接するように形成される。この第２の工程では、ギャップ層における記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍から第１の位置に至る領域に、第２の磁性層部分の前準備層としての前駆磁性層が形成され、引き続き少なくとも前駆磁性層およびその周辺領域を覆うように、第１の絶縁層部分の前準備層としての第１の前駆絶縁層が形成されたのち、少なくとも前駆磁性層が露出するまで第１の前駆絶縁層が研磨されて平坦化されることにより第１の絶縁層部分が形成される。また、第１の磁性層部分における第３の位置が薄膜コイルよりも記録媒体対向面に近い側に位置し、絶縁層が、さらに、第１の薄膜コイルを覆うように配設された第２の絶縁層部分を含むようにされ、第３の工程において、少なくとも前駆磁性層上に第１の磁性層部分が形成され、第４の工程において、少なくとも第１の磁性層部分および第１の薄膜コイルを覆うように第２の絶縁層部分の前準備層としての第２の前駆絶縁層が形成され、第５の工程において、少なくとも第１の磁性層部分が露出するまで第２の前駆絶縁層の表面が研磨されて平坦化されることにより第２の絶縁層部分が形成される。

【００２２】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第１の磁性層部分を、その厚みが第１の薄膜コイルの厚みよりも大きくなるように形成するようにしてもよい。

【００２５】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第１の磁性層が、さらに、第１の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結された第３の磁性層部分と、第１の磁性層部分と第３の磁性層部分とを磁気的に連結させるための第４の磁性層部分とを含み、薄膜コイルが、さらに、第１の薄膜コイルと電気的に接続された第２の薄膜コイルを含む場合には、さらに、第２の薄膜コイルを、その最も多くの部分が第４の磁性層部分に対応する空間領域に含まれるように形成する第６の工程を含むようにしてもよい。

【００２６】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、さらに、第２の工程ののち、第１の絶縁層部分のうちのギャップ層と反対側の一部をその厚み方向における所定の位置までエッチングすることにより窪み領域を形成する第７の工程を含み、第１の工程において、第１の薄膜コイルを窪み領域に形成するようにしてもよい。

【００２７】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第３の工程において、第１の磁性層部分をめっき膜の成長処理を用いて形成するようにしてもよい。

【００２８】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第３の工程が、少なくとも前駆磁性層上に磁性材層を形成する工程と、この磁性材層を選択的にエッチングしてパターニングすることにより第１の磁性層部分を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしてもよい。このような場合には、エッチング工程において、第１の磁性層部分の形成を反応性イオンエッチングを用いて行うようにするのが好適である。反応性イオンエッチングを用いる場合には、特に、塩素を含むガス雰囲気中、かつ５０°Ｃないし３００°Ｃの範囲内の温度下においてエッチング工程を行うようにするのが好適である。

【００２９】

【発明の実施の形態】

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。

【００３０】

〔第１の実施の形態〕

まず、図１～図１４を参照して、本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。

【００３１】

図１～図８において、（Ａ）はエアベアリング面に垂直な断面を示し、（Ｂ）は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図９～図１３は主要な製造工程に対応する斜視構造を示している。ここで、図９は図２に示した状態に対応し、図１０は図３に示した状態に対応し、図１１は図４に示した状態に対応し、図１２は図５に示した状態に対応し、図１３は図７に示した状態に対応する。ただし、図１０では図３における前駆絶縁層１３Ｐの図示を省略し、図１１では図４におけるフォトレジスト膜９０の図示を省略し、図１２では図５におけるフォトレジスト膜９０の図示を省略し、図１３では図７におけるオーバーコート層１７等の図示を省略している。図１４は、図２に示した状態に対応する平面構造を示している。

【００３２】

以下の説明では、図１～図１４の各図中におけるＸ軸方向を「幅方向」、Ｙ軸方向を「長さ方向」、Ｚ軸方向を「厚み（深さ）方向または高さ方向」として表記すると共に、Ｙ軸方向のうちのエアベアリング面７０に近い側（または後工程においてエアベアリング面７０となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

【００３３】

＜薄膜磁気ヘッドの製造方法＞

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図１に示したように、例えばアルティック（Al_2O_3・ＴｉＣ）よりなる基板１上に、例えばアルミナよりなる絶縁層２を、約３．０～５．０μｍの厚みで堆積する。次に、絶縁層２上に、例えばフレームめっき法を用いて、例えばパーマロイ（Ｎｉ：８０重量％，Ｆｅ：２０重量％）を約２．０～３．０μｍの厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層３を形成する。フレームめっき法に関する詳細については、後述する。下部シールド層３を形成する際には、例えば、後述する図１５に示したような平面形状を有するようにする。なお、下部シールド層３を形成するためのパーマロイとしては、上記したＮｉ：８０重量％，Ｆｅ：２０重量％の組成を有するものの他、例えば、Ｎｉ：４５重量％，Ｆｅ：５５重量％の組成を有するものを用いるようにしてもよい。次に、全体を覆うように、例えばアルミナ層を約４．０～５．０μｍの厚みで形成したのち、例えばＣＭＰ（化学機械研磨）法により、下部シールド層３が露出するまでアルミナ層の表面を研磨して全体を平坦化する。これにより、下部シールド層３の周辺領域を埋め込むように絶縁膜４が形成される。

【００３４】

次に、図１に示したように、下部シールド層３上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜５を約１００～２００ｎｍの厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜５上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、再生ヘッド部の要部であるＭＲ素子を構成するためのＭＲ膜６を所望の形状となるように形成する。次に、ＭＲ膜６の両側に、このＭＲ膜６と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成する。次に、このリード層、シールドギャップ膜５およびＭＲ膜６上にシールドギャップ膜７を形成して、ＭＲ膜６をシールドギャップ膜５，７内に埋設する。シールドギャップ膜７の形成材料および形成方法等は、シールドギャップ膜５の場合とほぼ同様である。

【００３５】

次に、図１に示したように、シールドギャップ膜７上に、上部シールド層８を約１．０～１．５μｍの厚みで選択的に形成する。上部シールド層８の形成材料および形成方法等は、下部シールド層３の場合とほぼ同様である。次に、上部シールド層８上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる絶縁膜９を約０．１５～０．２μｍの厚みで形成する。

【００３６】

次に、図１に示したように、絶縁膜９上に、高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄（ＦｅＮ）よりなる下部磁極１０を選択的に形成する。下部磁極１０を形成する際には、例えば、後述する図１５に示したような平面形状を有するようにする。

【００３７】

ここで、下部磁極１０の形成は、例えば、以下のような手順により行う。すなわち、まず、絶縁膜９上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄層を約２．０～２．５μｍの厚みで形成する。続いて、所定の形状および材質（例えばクロム等の金属材料）を有するマスクを用いて、例えばリアクティブイオンエッチング（Ｒｅａｃｔｉｖｅ　Ｉｏｎ　Ｅｔｃｈｉｎｇ；以下、単に「ＲＩＥ」という）により窒化鉄層をエッチングしてパターニングすることにより、下部磁極１０を選択的に形成する。下部磁極１０の表面は、その全域にわたってほぼ平坦となる。一般に、ＲＩＥを用いた場合のエッチング速度は、イオンミリングを用いた場合のエッチング速度よりも速い。このため、エッチング方法としてＲＩＥを用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、下部磁極１０を短時間で形成することができる。ＲＩＥによるエッチング処理を用いて下部磁極１０を形成する場合には、特に、エッチング時に使用するエッチングガスの種類やエッチング時の加工温度などのエッチング条件を適正化することにより、下部磁極１０の形成に要する時間をより短縮させることが可能となる。このようなエッチング条件の適正化に関する詳細については、後述する。なお、下部磁極１０の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に高飽和磁束密度を有する磁性材料として、コバルト鉄合金（ＦｅＣｏ）、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金（ＦｅＣｏＺｒＯ）またはジルコニウム鉄窒化物合金（ＦｅＺｒＮ）などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。窒化鉄層をパターニングするためのエッチング方法としては、必ずしもＲＩＥを用いなければならないものではなく、イオンミリングを用いるようにしてもよい。ここで、下部磁極１０が、本発明における「第２の磁性層」の一具体例に対応する。

【００３８】

次に、図２に示したように、下部磁極１０上に、例えばスパッタリングにより、非磁性材料、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層１１を約０．１～０．１５μｍの厚みで平坦に形成する。記録ギャップ層１１を形成する際には、後工程において磁路接続部１２Ｂが形成されることとなる領域を覆わないようにする。この領域は、下部磁極１０と後工程において形成されることとなる上部磁極１２とを接続させるための開口部１１Ｋとなる。なお、記録ギャップ層１１の形成材料としては、上記したアルミナの他、アルミナと同様の非磁性金属材料、例えばニッケル銅合金（ＮｉＣｕ）などを用いるようにしてもよい。ここで、記録ギャップ層１１が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応する。

【００３９】

次に、図２に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなる基礎磁性層１１２を約０．５～１．５μｍの厚みで形成する。基礎磁性層１１２を構成する磁性材料としては、例えば、後工程において形成される上部磁性層１２Ｃを構成する磁性材料（例えば鉄ニッケルコバルト合金）の飽和磁束密度よりも大きい飽和磁束密度を有するものを用いるようにする。なお、基礎磁性層１１２の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に高飽和磁束密度を有するコバルト鉄合金（ＦｅＣｏ）、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金（ＦｅＣｏＺｒＯ）またはジルコニウム鉄窒化物合金（ＦｅＺｒＮ）などのアモルファス合金などを用いるようにしてもよい。

【００４０】

次に、図２、図９および図１４に示したように、基礎磁性層１１２上の所定の位置に、無機材料、例えばアルミナよりなるマスク８０Ａ，８０Ｂを選択的に形成する。マスク８０Ａを形成する際には、その形成領域が後工程において形成される第２の磁極先端部１２Ａの形成領域を含むようにする。具体的には、マスク８０Ａの後端の位置がＭＲ膜６の後端の位置よりも約０．５μｍよりも小さい範囲内において後退するようにすると共に、マスク８０Ａの幅Ｗ１が後述する第２の磁極先端部１２Ａの幅Ｗ２（図５および図１２参照）

よりも十分に大きくなるようにする。また、マスク８０Ｂを形成する際には、その形成領域が後工程において形成される磁路接続部１２Ｂの形成領域に対応するようにする。なお、マスク８０Ａの後端の位置を必ずしもＭＲ膜６の後端の位置よりも後退させなければならないものではなく、両者の位置を互いに一致させるようにしてもよい。マスク８０Ａ，８０Ｂの形成材料としては、上記したアルミナの他、窒化アルミニウムなどを用いるようにしてもよい。

【００４１】

ここで、マスク８０Ａ，８０Ｂの形成は、例えば、以下のような手順により行う。すなわち、まず、例えばスパッタリングにより、基礎磁性層１１２の表面を覆うようにアルミナ層を形成する。続いて、このアルミナ層上に、例えばフレームめっき法により、例えばパーマロイ（Ｎｉ：８０重量％，Ｆｅ：２０重量％）よりなるマスクを形成する。このとき形成するマスクの平面形状は、最終的に形成するマスク８０Ａ，８０Ｂの平面形状とほぼ同様となるようにする。続いて、パーマロイよりなるマスクを用いて、例えばＲＩＥによりアルミナ層をエッチングすることによりマスク８０Ａ，８０Ｂを形成する。

【００４２】

次に、マスク８０Ａ，８０Ｂを用いて、例えばＲＩＥにより、基礎磁性層１１２をエッチングしてパターニングする。このエッチング処理により、基礎磁性層１１２のうち、マスク８０Ａ，８０Ｂの形成領域以外の領域が選択的に除去され、図３および図１０に示したように、記録ギャップ層１１上における前方の領域に前駆磁性層１１２Ａが選択的に形成されると共に、開口部１１Ｋに上部磁極１２の一部を構成する磁路接続部１２Ｂが選択的に形成される。前駆磁性層１１２Ａを形成する際には、その後端部の幅方向に延びる端縁１１２ＡＴが直線状をなすようにする。特に、基礎磁性層１１２をエッチングするための手法としてＲＩＥを用いることにより、前駆磁性層１１２Ａの後端面１１２ＡＭは平面をなすと共に、記録ギャップ層１１の平坦な表面１１Ｈに対して垂直になる。前駆磁性層１１２Ａは、後工程においてエッチングしてパターニングされることにより第２の磁極先端部１２Ａとなる前準備層である。以下の説明では、このように後工程で所定の形状となるようにパターニングされることとなる前準備層を「前駆層」と称呼し、同様に表記するものとする。基礎磁性層１１２をパターニングするためのエッチング方法としてＲＩＥを用いることにより、前駆磁性層１１２Ａおよび磁路接続部１２Ｂを高精度かつ短時間で形成することができる。なお、前駆磁性層１１２Ａを形成するためのエッチング処理によりマスク８０Ａ，８０Ｂのそれぞれ自体もエッチングされ、それらの厚みは減少することとなる。エッチング処理が完了した時点で、マスク８０Ａ，８０Ｂが残存するようにしてもよいし（図３および図１０参照）、残存しないようにしてもよい。

【００４３】

次に、図３に示したように、全体を覆うように、例えば前駆絶縁層１３Ｐを約０．８～２．０μｍの厚みで形成する。ここで、前駆絶縁層１３Ｐが、本発明における「第１の前駆絶縁層」の一具体例に対応する。

【００４４】

次に、例えばＣＭＰ法により、前駆絶縁層１３Ｐの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図４に示したように、前駆磁性層１１２Ａおよび磁路接続部１２Ｂの周辺領域を埋設する絶縁膜１３が形成される。絶縁膜１３を形成する際には、例えば、その厚みが約０．５μｍ～１．３μｍの範囲内となるまで上記の研磨処理を行うようにする。前駆磁性層１１２Ａと絶縁膜１３との境界面１２３Ｙは平面をなし、かつ記録ギャップ層１１の平坦な表面１１Ｈに対して垂直になる。絶縁膜１３の前端の位置は、記録ヘッドの性能を決定する因子のうちの１つであるスロートハイト（ＴＨ）を決定するための基準の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置（ＴＨ０位置）となる。ここで、絶縁膜１３が、本発明における「第１の絶縁層部分」の一具体例に対応する。

【００４５】

次に、図４および図１１に示したように、前駆磁性層１１２Ａ上から絶縁膜１３上にかけての平坦領域に、例えばフレームめっき法により、鉄（Ｆｅ）、ニッケル（Ｎｉ）および

コバルト（Ｃｏ）を含んで高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（ＣｏＮｉＦｅ；Ｃｏ：４５重量％，Ｎｉ：３０重量％，Ｆｅ：２５重量％）よりなる上部磁性層１２Ｃを約１．５～２．５μｍの厚みで選択的に形成する。上部磁性層１２Ｃを形成する際には、同時に、磁路接続部１２Ｂ上に磁路接続部１２Ｄを選択的に形成する。上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄは、共に上部磁極１２の一部を構成するものである。上部磁性層１２Ｃを形成する際には、特に、その厚みが、後工程において形成される薄膜コイル１４の厚みよりも大きくなるようにする。なお、上部磁性層１２Ｃ等の形成材料としては、上記した３つの金属元素と共に、クロム（Ｃｒ）、ボロン（Ｂ）、金（Ａｕ）および銅のうちの少なくとも１種を含むものを用いるようにしてもよい。

【００４６】

上部磁性層１２Ｃを形成する際には、例えば、後述する図１５に示したように、後工程においてエアベアリング面７０となる側（図４における左側）から順に、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　、中間部１２Ｃ（２）　および後端部１２Ｃ（３）　を含むようにする。このとき、記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅（約０．１～０．２μｍ）を有するように第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　を形成する。また、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と中間部１２Ｃ（２）　との連結位置Ｐ２（第２の位置）が前駆磁性層１１２Ａの後端の位置Ｐ１（第１の位置）よりも後退するようにすると共に、例えば、後端部１２Ｃ（３）　の後端の位置Ｐ３（第３の位置）が、後工程において形成される薄膜コイル１４（図６参照）よりも前方に位置するようにする。なお、上部磁性層１２Ｃの構造的特徴については後述する。

【００４７】

ここで、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、中間部１２Ｃ（２）　および後端部１２Ｃ（３）　が、本発明における「拡幅部分」の一具体例に対応する。また、上部磁性層１２Ｃが、本発明における「第１の磁性層部分」の一具体例に対応する。

【００４８】

フレームめっき法によって上部磁性層１２Ｃを形成する際には、まず、例えば、スパッタリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜（図示せず）を約７０μｍの厚みに形成する。この電極膜の形成材料としては、例えば、高飽和磁束密度を有する鉄ニッケルコバルト合金（Ｃｏ：４５重量％，Ｎｉ：３０重量％，Ｆｅ：２５重量％）などを用いるようにする。次に、この電極膜上に、例えばポジティブ型のフォトレジスト（以下、単に「フォトレジスト」という。）を塗布して、フォトレジスト膜（図示せず）を形成する。次に、所定の形状パターンを有するマスク（図示せず）を用いて、フォトレジスト膜の所定の領域を選択的に露光する。次に、フォトレジスト膜の露光領域を現像することにより、フレームめっき法においてめっき処理を行う際に用いるフレームパターン（外枠）（図示せず）を形成する。このフレームパターンは、上記の露光領域に対応した開口部を備えるものである。次に、フレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、鉄ニッケルコバルト合金（Ｃｏ：４５重量％，Ｎｉ：３０重量％，Ｆｅ：２５重量％）よりなる上部磁性層１２Ｃを形成する。最後に、フレームパターンを除去する。なお、磁路接続部１２Ｄもまた、上記した上部磁性層１２Ｃの場合と同様の形成材料および形成方法を用いて形成する。

【００４９】

次に、図４に示したように、例えば、絶縁膜１３の前端の位置（ＴＨ０位置）またはそれよりも後方の領域を覆うようにフォトレジスト膜９０を選択的に形成する。このフォトレジスト膜９０の存在により、後工程において第２の磁極先端部１２Ａおよび磁極部分１００等を形成するためのエッチング処理時において、絶縁膜１３がエッチングされることを防止することができる。

【００５０】

次に、上部磁性層１２Ｃおよびフォトレジスト膜９０の双方をマスクとして、例えばＲＩＥにより、前駆磁性層１１２Ａおよびその周辺領域を選択的にエッチングする。このエッ

チング処理により、前駆磁性層１１２Ａのうち、上部磁性層１２Ｃの第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　に対応する部分以外の部分が選択的に除去され、図５および図１２に示したように、上部磁極１２の一部を構成する第２の磁極先端部１２Ａが形成される。基礎磁性層１１２をパターニングするためのエッチング方法としてＲＩＥを用いることにより、第２の磁極先端部１２Ａを高精度かつ短時間で形成することができる。この第２の磁極先端部１２Ａは、上部磁性層１２Ｃの第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と同様に、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有するものである。第２の磁極先端部１２Ａを形成するためのエッチング処理により、マスク自体、すなわち上部磁性層１２Ｃおよびフォトレジスト膜９０のそれぞれ自体もエッチングされ、その膜厚は減少する。また、このエッチング処理により、フォトレジスト膜９０は前方側からもエッチングされ、その前端の位置は徐々に後退する。ここで、第２の磁極先端部１２Ａが、本発明における「第２の磁性層部分」の一具体例に対応する。

【００５１】

第２の磁極先端部１２Ａを形成するためのＲＩＥによるエッチング処理を行う際には、特に、例えば、塩素（Cl_2　）、三塩化ボロン（BCl_3　）、塩化水素（ＨＣｌ）、四フッ化炭素（CF_4　）、六フッ化硫黄（SF_6　）および三臭化ボロン（BBr_3　）のうちの少なくとも１種に水素（H_2　）、酸素（O_2　）、窒素（N_2　）およびアルゴン（Ａｒ）などを添加したものを含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を５０°Ｃ～３００°Ｃの範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてＲＩＥによるエッチング処理を行うことにより、特に、窒化鉄よりなる前駆磁性層１１２Ａに対するエッチング処理の化学反応が促進されるため、第２の磁極先端部１２Ａの形成に要する時間をより短縮することができる。

【００５２】

さらに、上部磁性層１２Ｃおよびフォトレジスト膜９０をマスクとして、例えばＲＩＥにより、記録ギャップ層１１および下部磁極１０のそれぞれの一部を約０．３～０．４μｍ程度エッチングする。このエッチング処理により、第２の磁極先端部１２Ａ周辺における記録ギャップ層１１、下部磁極１０および絶縁膜１３のそれぞれの一部が選択的に除去され、図５および図１２に示したように、トリム構造を有する磁極部分１００が形成される。磁極部分１００を形成する際には、例えば、フォトレジスト膜９０の前端の位置が、上部磁性層１２Ｃにおける第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と中間部１２Ｃ（２）　との連結位置Ｐ２と一致するようにする。この磁極部分１００は、上部磁性層１２Ｃの第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と、第２の磁極先端部１２Ａと、記録ギャップ層１１の一部と、下部磁極１０のうちの先端部１２Ａ等に対応する部分とによって構成されている。磁極部分１００を構成する上記の各部位は、互いにほぼ同様の幅を有している。エッチング方法としてＲＩＥを用いることにより、磁極部分１００を高精度かつ短時間で形成することができる。

【００５３】

磁極部分１００を形成するためのＲＩＥによるエッチング処理を行う際には、特に、例えば、塩素と三塩化ボロンとの混合ガスをエッチングガスとして用いると共に、加工温度を１００°Ｃ～２００°Ｃの範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてＲＩＥによるエッチング処理を行うことにより、磁極部分１００の形成に要する時間をより短縮することができる。

【００５４】

次に、フォトレジスト膜９０を除去したのち、図６に示したように、上部磁性層１２Ｃの形成領域よりも後方の領域（磁路接続部１２Ｄの配設領域を除く）における平坦な絶縁膜１３上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル１４を約０．８～１．５μｍの厚みで選択的に形成する。薄膜コイル１４を形成する際には、例えば、後述する図１５に示したような巻線構造を有するようにする。また、例えば、各巻線の幅を約０．５μｍとすると共に、巻線間の隙間を約０．３μｍとする。なお、図６では、薄膜コイル１４の一部分のみを図示している。薄膜コイル１４を形成する

際には、同時に、例えば、その内側の終端部となるコイル接続部１４Ｓを絶縁膜１３上に薄膜コイル１４と一体に形成する。このコイル接続部１４Ｓは、薄膜コイル１４と後工程において形成されるコイル接続配線１２ＥＨ（図７参照）とを電気的に接続させるためのものである。ここで、薄膜コイル１４が、本発明における「薄膜コイル」または「第１の薄膜コイル」の一具体例に対応する。

【００５５】

次に、薄膜コイル１４（コイル接続部１４Ｓを含む）の各巻線間およびその周辺に、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば２００°Ｃ～２５０°Ｃの範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図６に示したように、フォトレジストが流動して薄膜コイル１４等の各巻線間を隙間なく埋めつくし、薄膜コイル１４等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜１５が形成される。絶縁膜１５を形成する際には、絶縁膜１５が薄膜コイル１４およびコイル接続部１４Ｓの双方の上面を覆わないようにしてもよいし（図６参照）、覆うようにしてもよい。

【００５６】

次に、図６に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えば前駆絶縁層１６Ｐを約２．０～３．０μｍの厚みで形成して、上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｄおよび薄膜コイル１４等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。ここで、前駆絶縁層１６Ｐが、本発明における「第２の前駆絶縁層」の一具体例に対応する。

【００５７】

次に、例えばＣＭＰ法により、前駆絶縁層１６Ｐの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図７に示したように、薄膜コイル１４等を埋設する絶縁膜１６が形成される。このときの研磨処理は、例えば、上部磁性層１２Ｃの表面が全体にわたって平坦になるまで行う。ここで、絶縁膜１５，１６が、本発明における「第２の絶縁層部分」の一具体例に対応し、絶縁膜１３，１５，１６が、本発明における「絶縁層」の一具体例に対応する。

【００５８】

次に、図７に示したように、例えばＲＩＥまたはイオンミリングにより、コイル接続部１４Ｓの上方を覆っている絶縁膜１６を部分的にエッチングして、コイル接続部１４Ｓと後工程において形成されるコイル接続配線１２ＥＨとを接続させるための開口部１６Ｋを形成する。

【００５９】

次に、図７に示したように、平坦化された領域のうち、例えば、上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ（３）　の上方から磁路接続部１２Ｄ上にかけての平坦領域に、上部磁極１２の一部を構成する上部ヨーク１２Ｅを約２．０～３．０μｍの厚みで選択的に形成すると同時に、開口部１６Ｋにおけるコイル接続部１４Ｓの露出面上から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線１２ＥＨを形成する。上部ヨーク１２Ｅを形成する際には、例えば、後述する図１５に示したような平面形状を有するようにする。上部ヨーク１２Ｅの構造的特徴については、後述する。上部ヨーク１２Ｅを形成する際には、例えば、その前端の位置が、上部磁性層１２Ｃにおける中間部１２Ｃ（２）　と後端部１２Ｃ（３）　との連結位置よりも後退するようにすると共に、その後端の位置が磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄの後端の位置と一致するようにする。上部ヨーク１２Ｅは、その後方部分において、開口部１１Ｋを通じて磁路接続部１２Ｄ，１２Ｂを介して下部磁極１０と磁気的に連結されると共に、その前方部分において、上部磁性層１２Ｃを介して第２の磁極先端部１２Ａとも磁気的に連結される。すなわち、上部磁極１２（第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層１２Ｃ，磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄ，上部ヨーク１２Ｅ）と下部磁極１０とが接続されることにより、磁束の伝播経路、すなわち磁路が形成される。ここで、上部ヨーク１２Ｅが、本発明における「第３の磁性層部分」の一具体例に対応し、第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄおよび上部ヨーク１２Ｅによって構成さ

れる上部磁極１２が、本発明における「第１の磁性層」の一具体例に対応する。

【００６０】

上部ヨーク１２Ｅおよびコイル接続配線１２ＥＨの形成材料および形成方法は、例えば、下部磁極１０等の場合と同様である。すなわち、例えば、スパッタリングにより窒化鉄層を形成したのち、この窒化鉄層をＲＩＥによりエッチングしてパターニングすることにより上部ヨーク１２Ｅおよびコイル接続配線１２ＥＨを形成する。下部磁極１０等を形成した場合と同様に、ＲＩＥによるエッチング処理を行う際のエッチング条件（エッチングガスのガス種および加工温度等）を適正化することにより、上部ヨーク１２Ｅおよびコイル接続配線１２ＥＨを高精度かつ短時間で形成することができる。

【００６１】

次に、図７に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層１７を約２０～４０μｍの厚みで形成する。このときの上部磁性層１２Ｃ周辺の構造は、図１３に示したようになる。

【００６２】

最後に、図８に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面７０を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【００６３】

＜薄膜磁気ヘッドの構造＞

次に、図１５を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造について説明する。

【００６４】

図１５は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図１５では、絶縁膜１５，１６およびオーバーコート層１７等の図示を省略している。また、薄膜コイル１４については、その最外周の一部のみを図示している。図８（Ａ）は、図１５におけるＶＩＩＩＡ－ＶＩＩＩＡ線に沿った矢視断面に相当する。なお、図１５中のＸ，Ｙ，Ｚ軸方向に関するそれぞれの表記については、図１～図１４の場合と同様とする。

【００６５】

絶縁膜１３の前端の位置（第２の磁極先端部１２Ａの後端の位置Ｐ１）は、スロートハイト（ＴＨ）を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置（ＴＨ０位置）である。スロートハイト（ＴＨ）は、絶縁膜１３の前端の位置（ＴＨ０位置）からエアベアリング面７０までの長さとして規定される。図１５における「ＭＲＨ０位置」は、ＭＲ膜６の後端の位置、すなわちＭＲハイトゼロ位置を表している。ＭＲハイト（ＭＲＨ）は、ＭＲハイトゼロ位置からエアベアリング面７０までの長さである。スロートハイトゼロ位置（ＴＨ０位置）とＭＲハイトゼロ位置（ＭＲＨ０位置）とは、例えば、ほぼ一致している。

【００６６】

上部磁極１２は、上記したように、例えば、それぞれ別個に形成された第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄおよび上部ヨーク１２Ｅによって構成されている。すなわち、上部磁極１２は、これらの各部位の集合体である。

【００６７】

第２の磁極先端部１２Ａは、例えば、矩形状の平面形状を有し、全域にわたって一定幅を有するものである。上部磁性層１２Ｃは、上記したように、エアベアリング面７０から順に、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　、中間部１２Ｃ（２）　および後端部１２Ｃ（３）　を含んでいる。これらの各部位は、例えば、矩形状の平面形状を有している。第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　は、第２の磁極先端部１２Ａの幅と同様の一定幅を有すると共に、第２の磁極先端部１２Ａの長さよりも大きな長さを有している。中間部１２Ｃ（２）　は、例えば第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の幅よりも大きな幅を有し、後端部１２Ｃ（３）　は、例えば中間部１２Ｃ（２）　の幅よりも大きな幅を有している。すなわち、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と中間部１２Ｃ（２）　との連結部分には、幅方向の段差

が形成されている。上部磁性層１２Ｃを構成する各部位の幅方向の中心は互いに一致している。

【００６８】

上部ヨーク１２Ｅは、薄膜コイル１４により発生した磁束を収容するたの大きな面積を有するヨーク部１２Ｅ（１）　と、ヨーク部１２Ｅ（１）　よりも小さい一定幅を有する接続部１２Ｅ（２）　とを含んでいる。ヨーク部１２Ｅ（１）　の幅は、例えば、その後方部においてほぼ一定であり、その前方部においてエアベアリング面７０に近づくにつれて徐々に狭まるようになっている。接続部１２Ｅ（２）　の幅は、例えば、上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ（３）　の幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、例えば、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。上部ヨーク１２Ｅの前側の端縁面１２ＥＴの位置は、例えば、上部磁性層１２Ｃにおける中間部１２Ｃ（２）　と後端部１２Ｃ（３）　との連結位置よりも後退している。すなわち、上部ヨーク１２Ｅは、エアベアリング面７０から離れて位置している。なお、上部ヨーク１２Ｅの配設位置は、必ずしも上記のような場合に限らず、例えば、端縁面１２Ｅｔの位置が中間部１２Ｃ（２）　と後端部１２Ｃ（３）　との連結位置とほぼ一致するようにしてもよい。上部ヨーク１２Ｅおよび上部磁性層１２Ｃの各幅方向の中心は、互いに一致している。

【００６９】

第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と中間部１２Ｃ（２）　との連結部分における段差面１２ＣＤの位置は、例えば、ＴＨ０位置の位置よりも後退している。上記の連結部分において、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の側縁面と段差面１２ＣＤとが交わるコーナー部の角度γは、例えば９０度である。なお、このコーナー部の角度γは必ずしもこれに限られるものではなく、例えば９０度ないし１２０度の範囲内となるようにするのが好適である。角度γを上記の範囲内とすることにより、中間部１２Ｃ（２）　から第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　に流入する磁束の流れを円滑化することができるからである。

【００７０】

薄膜コイル１４は、上記したように、極微細化された渦巻状の平面形状を有する巻線体である。薄膜コイル１４における外側の終端部をなす端子１４Ｘとコイル接続配線１２ＥＨとは、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル１４を通電させることができるようになっている。

【００７１】

〈薄膜磁気ヘッドの作用〉

この薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル１４に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク１２Ｅ内をヨーク部１２Ｅ（１）　から接続部１２Ｅ（２）　へ伝播したのち、上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ（３）　へ流入する。後端部１２Ｃ（３）　へ流入した磁束は、中間部１２Ｃ（２）　を経て第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　まで伝播し、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　のエアベアリング面７０側の先端部分に到達する。このとき、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　に伝播した磁束の一部は、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　と磁気的に連結されている第２の磁極先端部１２Ａにも伝播し、その先端部分まで到達する。第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　および第２の磁極先端部１２Ａの双方の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層１１近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。優れたオーバーライト特性を確保するためには、薄膜コイル１４を通電させることにより必要十分な量の磁束を発生させる必要がある。

【００７２】

一方、再生時においては、再生ヘッド部のＭＲ膜６にセンス電流を流す。ＭＲ膜６の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

【００７３】
＜第１の実施の形態の効果＞
本実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、上部磁性層１２Ｃにおける第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の厚みに対応する後方領域に薄膜コイル１４を配設しているため、以下のような理由により、薄膜コイル１４の巻線幅を極微細化した場合においても、第２の磁極先端部１２Ａの幅を高精度に一定としつつ、優れたオーバーライト特性を確保することができる。すなわち、上記したように、薄膜コイル１４の巻線幅は、薄膜磁気ヘッドの小型化等を目的として極微細化（巻線幅＝約０．５μｍ）されている。このような場合において、優れたオーバーライト特性を得るためには、薄膜コイル１４の断面積を適正に確保（例えば、厚さ０．８μｍ以上）する必要がある。
【００７４】
ここで、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の厚みに対応する後方領域以外の領域、例えば、第２の磁極先端部１２Ａの厚みに対応する後方領域に、絶縁膜１３中に埋設させるように薄膜コイル１４を配設する場合には、図１６に示したように、薄膜コイル１４の厚みは最大でも第２の磁極先端部１２Ａの厚みと同一にしかならない。薄膜コイル１４の厚みが小さすぎると、その電気抵抗値が過大になり、薄膜コイル１４中を流れる電流量が低下することにより磁束の発生量が減少してしまう。この磁束の発生量の減少は、オーバーライト特性の低下を招くこととなる。
【００７５】
薄膜コイル１４が適正な厚み（例えば、約０．８μｍ以上）を有するようにするためには、図１７に示したように、第２の磁極先端部１２Ａの厚みを上記の「薄膜磁気ヘッドの製造方法」において説明した場合（例えば、約０．５μｍ～１．０μｍ）よりも大きくしなければならない。しかしながら、第２の磁極先端部１２Ａの厚みを大きくすると、その幅を高精度に一定とすることが困難となる。なぜなら、第２の磁極先端部１２Ａの厚みを大きくするために前駆磁性層１１２Ａ（図４参照）の厚みを大きくすると、前駆磁性層１１２Ａに対するエッチング処理が進行するにつれてエッチングかすの発生量が多くなり、このエッチングかすの再付着現象に起因して第２の磁極先端部１２Ａの形成幅が実質的に拡張してしまうからである。
【００７６】
これに対して、本実施の形態では、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の厚みに対応する後方領域に薄膜コイル１４を配設しているため、第２の磁極先端部１２Ａの厚みは薄膜コイル１４の厚みに依存しない。すなわち、第２の磁極先端部１２Ａの厚みを適正に小さくすることができる。このため、上記したエッチングかすの再付着現象による悪影響を抑制し、第２の磁極先端部１２Ａの幅を高精度に一定とすることができる。しかも、薄膜コイル１４の厚みが十分に確保されるため、薄膜コイル１４を介して十分な量の磁束を発生させ、優れたオーバーライト特性が確保される。
【００７７】
また、本実施の形態では、記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分を２層構造（第２の磁極先端部１２Ａ，第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）としているので、主要な磁束の伝播経路をなす上部磁性層１２Ｃの構造を変更することなく、第２の磁極先端部１２Ａの長さのみを変更することによりスロートハイト（ＴＨ）を調整することができる。
【００７８】
さらに、上記の２層構造における上層部分（第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）の形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用い、下層部分（第２の磁極先端部１２Ａ）の形成材料としてニッケル鉄を用いるようにしたので、以下のような理由により、この観点においても優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。すなわち、一般に、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の形成材料として用いられる鉄ニッケルコバルト合金は、上記したように、その高い硬度特性によりエッチングマスクとして利用することが可能な反面、めっき処理時におけるその組成制御が困難である。組成制御が十分でないと、鉄ニッケルコバルト

合金中において部分的に磁束密度の差異が生じ、磁束の伝播特性に偏りが生じてしまう可能性がある。一方、第２の磁極先端部１２Ａの形成材料として用いられるニッケル鉄は、形成手法としてスパッタリングを用いることにより、その組成を比較的容易に制御することができる。これらのことから、鉄ニッケルコバルト合金の組成が多少乱れ、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　内における磁束の伝播特性にばらつきが生じたとしても、組成が適正に制御されたニッケル鉄よりなる第２の磁極先端部１２Ａにおいて円滑な磁束の伝播が確保され、その先端部分まで十分な磁束が到達することとなる。このような効果は、特に、第２の磁極先端部１２Ａを構成する磁性材料（窒化鉄）として、上部磁性層１２Ｃを構成する磁性材料（鉄ニッケルコバルト合金）の飽和磁束密度よりも大きい飽和磁束密度を有するものを用いることにより顕著となる。

【００７９】

また、本実施の形態では、上部磁性層１２Ｃを構成する後端部１２Ｃ（３），中間部１２Ｃ（２），第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　の各部位の幅がこの順に小さくなるようにしているので、各部位の磁気ボリューム、すなわち、各部位の内部に収容可能な磁束の許容量もまた同じ順に小さくなる。このため、上部磁性層１２Ｃに流入した磁束は、後端部１２Ｃ（３）　から第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　まで伝播する過程において、磁気ボリュームの段階的な減少に応じて段階的に収束され、磁束の伝播過程における磁束の飽和減少が抑制される。これにより、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　および第２の磁極先端部１２Ａには十分な量の磁束が供給されるため、この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。

【００８０】

また、本実施の形態では、第２の磁極先端部１２Ａおよび上部磁性層１２Ｃの形成材料として、共に高飽和磁束密度を有する磁性材料（例えば、窒化鉄および鉄ニッケルコバルト合金）を用いるようにしたので、記録密度を高めるために磁極幅を極微小化した場合においても、磁束の飽和現象が抑制され、磁束の伝播が円滑化される。このため、磁気ボリュームの小さい第２の磁極先端部１２Ａおよび上部ヨーク１２Ｃの第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　のそれぞれの先端部まで十分な量の磁束が供給され、この観点においても優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。

【００８１】

また、本実施の形態では、図８および図１３に示したように、上部磁性層１２Ｃと上部ヨーク１２Ｅとがオーバーラップするオーバーラップ領域１２Ｒに、絶縁膜１３の一部が記録ギャップ層１１に隣接するように配設されている。このような場合には、以下のような理由により、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。すなわち、上部磁極１２内を流れる磁束の伝播過程において、オーバーラップ領域１２Ｒでは、上部ヨーク１２Ｅの接続部１２Ｅ（２）　から上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ（３）　へ向かう下向きの磁束の流れが生じる。ここで、オーバーラップ領域１２Ｒに配設されている絶縁膜１３の一部は、磁束の遮蔽材として機能し、その上方領域から下方領域に向かう磁束の流れを抑制することとなる。このため、接続部１２Ｅ（２）　から後端部１２Ｃ（３）　へ流入した磁束が記録ギャップ層１１を通過して下部磁極１０へ伝播すること（磁束の漏れ）を抑制することができる。したがって、上部磁性層１２Ｃ内の磁束の伝播過程において、「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝播ロスが抑制され、第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　および第２の磁極先端部１２Ａのそれぞれの先端部分まで必要十分な量の磁束を供給することができる。なお、絶縁膜１３の一部は、上部磁性層１２Ｃから下部磁極１０へ磁束が伝播することを抑制すると同時に、下部磁極１０から上部磁性層１２Ｃへ磁束が伝播することをも抑制することができる。

【００８２】

本実施の形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、後端部の幅方向に延びる端縁１１２ＡＴが直線状をなすように形成された前駆磁性層１１２Ａ（図３および図１０参照）の一部として第２の磁極先端部１２Ａが形成されるため、端縁１１２ＡＴの一部がそのまま残存して第２の磁極先端部１２Ａの後端縁となる。これにより、極微小な一定幅（例えば０．１

μｍ）を有すると共に、後端縁が直線状をなすように第２の磁極先端部１２Ａを形成することができる。このような場合には、第２の磁極先端部１２Ａの後端の位置において、絶縁膜１３の前端の位置（スロートハイトゼロ位置）を一義的に決定することが可能となる。

【００８３】

また、本実施の形態では、特に、基礎磁性層１１２をエッチングするための手法としてＲＩＥを用いるようにしているので、形成される前駆磁性層１１２Ａのエッチング端面（後端面１１２ＡＭ）は丸みを帯びることなく平面をなす（図３および図１０参照）。このとき、特に、前駆磁性層１１２Ａのエッチング端面（後端面１１２ＡＭ）が記録ギャップ層１１の平坦な表面１１Ｈに対して垂直になるようにすることにより、前駆磁性層１１２Ａの一部として形成される第２の磁極先端部１２Ａの後端面１２ＡＭ（図５および図１２参照）もまた、平面をなすと共に記録ギャップ層１１の平坦な表面１１Ｈに対して垂直をなすこととなる。このような場合には、上記したスロートハイトゼロ位置の決定がより容易になる。

【００８４】

さらに、エッチング手法としてＲＩＥを用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、前駆磁性層１１２Ａを高精度かつ短時間で形成することができる。エッチング手法としてＲＩＥを用いた場合の形成精度の向上および形成時間の短縮に関する効果は、第２の磁極先端部１２Ａ、下部磁極１０および磁極部分１００等を形成する場合においても同様である。特に、ＲＩＥによるエッチング処理を適正なエッチング条件下において行うことにより、第２の磁極先端部１２Ａ等の形成に要する時間をより短縮することができる。

【００８５】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層１１の平坦な表面に上部磁性層１２Ｃを形成しているので、凹凸構造を有する下地上に上部磁性層１２Ｃを形成する場合とは異なり、上部磁性層１２Ｃを形成するためのフォトレジストパターンを高精度に形成することができる。このため、フレームめっき法を用いた場合においても上部磁性層１２Ｃを高精度に形成することができる。

【００８６】

また、本実施の形態では、上部磁性層１２Ｃの形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（ＣｏＮｉＦｅ）を用いるようにしている。一般に、この鉄ニッケルコバルト合金は、パーマロイやニッケル鉄等の磁性材料よりも硬い磁性材料であるため、鉄ニッケルコバルト合金に対するエッチング速度は、パーマロイや窒化鉄等に対するエッチング速度よりも遅くなる。このため、基礎磁性層１１２をパターニングするためのエッチング処理時において、基礎磁性層１１２に対するエッチング量よりも上部磁性層１２Ｃ（第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）に対するエッチング量を小さくし、上部磁性層１２Ｃ（第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）の膜減りを抑制することができる。ただし、上部磁性層１２Ｃの形成時には、エッチング処理時における「膜減り」を見こして、上部磁性層１２Ｃの厚みを必要かつ十分に確保しておく必要がある。上部ヨーク（第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）に対するエッチング量（膜減り量）は、エッチングガスの種類や加工温度などのエッチング条件を変更することにより調整可能である。

【００８７】

なお、上部磁性層１２Ｃの形成材料としての鉄ニッケルコバルト合金は、形成されることとなる上部磁性層１２Ｃの膜厚が適度に薄い場合（例えば３．０μｍ以下）にのみ使用するのが好ましい。なぜなら、例えば、鉄ニッケルコバルト合金を形成材料として用いて、３．０μｍよりも大きい厚みを有する上部磁性層１２Ｃを形成しようとすると、内部応力の蓄積に起因して鉄ニッケルコバルト合金が部分的に割れたり、剥がれてしまい、上部磁性層１２Ｃを正常に形成することが困難になるからである。本実施の形態では、約２．０～３．０μｍの厚みを有するように上部磁性層１２Ｃを形成しているので、鉄ニッケルコ

バルト合金などの硬い磁性材料を用いた場合においても、上記の「割れ」または「剥がれ」等を回避し、上部磁性層１２Ｃの形成を安定化させることができる。

【００８８】

また、本実施の形態では、薄膜コイル１４（コイル接続部１４Ｓを含む）の各巻線間を埋め込む絶縁膜１５の形成材料として、加熱時に流動性を示すフォトレジストなどの有機絶縁材料を用いるようにしたので、加熱時に流動性を示さないアルミナなどの無機絶縁材料を用いる場合とは異なり、薄膜コイル１４等の各巻線間を隙間なく埋めつくすことができ、確実に絶縁することができる。

【００８９】

また、本実施の形態では、絶縁膜１６の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いるようにしたので、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、ＣＭＰ研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。

【００９０】

＜第１の実施の形態に関する変形例＞

なお、本実施の形態では、上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄをフレームめっき法を用いて形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図１８および図１９に示したように、前駆磁性層１１２Ａおよび磁路接続部１２Ｂを形成した場合と同様にスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。この場合には、まず、図１８に示したように、絶縁膜１３を形成したのち（図４参照）、全体を覆うように、スパッタリングにより、例えば窒化鉄よりなる前駆磁性層１１２Ｃを約１．５～２．５μｍの厚みで選択的に形成する。続いて、前駆磁性層１１２Ｃ上に、例えば、上記実施の形態において前駆磁性層１１２Ａ等を形成するためのマスク８０Ａ，８０Ｂを形成した場合とほぼ同様の形成材料および形成方法を用いて、マスク８１Ａ，８１Ｂを選択的に形成する。マスク８１Ａ，８１Ｂを形成する際には、それぞれ上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｂの平面形状に対応する平面形状を有するようにする。続いて、マスク８１Ａ，８１Ｂを用いて、例えばＲＩＥにより前駆磁性層１１２Ｃをエッチングしてパターニングすることにより、図１９に示したように、上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄを選択的に形成する。ＲＩＥにより前駆磁性層１１２Ｃをエッチングする際には、例えば、上記実施の形態において第２の磁極先端部１２Ａを形成した場合と同様に、塩素等を含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を５０～３００°Ｃの範囲内とする。これにより、上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄを高精度かつ短時間で形成することができる。なお、エッチング処理が完了した時点で、マスク８１Ａ，８１Ｂが残存するようにしてもよいし（図１９参照）、残存しないようにしてもよい。マスク８１Ａ，８１Ｂが残存したとしても、これらは絶縁膜１６を形成するための研磨工程（図６および図７参照）において研磨され、除去される。ここで、前駆磁性層１１２Ｃが、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

【００９１】

また、本実施の形態では、上部ヨーク（１２Ｅ）が窒化鉄の単層構造からなる場合（図８参照）について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば図２０に示したように、上部ヨークが、例えば窒化鉄などの高飽和磁束密度材層９１と、例えばアルミナなどの無機絶縁材層９２とが交互に積層された構造よりなる（１１２Ｅ）ようにしてもよい。上部ヨークをこのような構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。なお、上記の高飽和磁束密度材層９１および無機絶縁材層９２の双方の形成もＲＩＥによって行うことにより、形成時間を短縮することができる。なお、図２０において、上部ヨーク１１２Ｅ以外の部分は、上記の図８の場合と同様である。

【００９２】

また、本実施の形態では、上部磁性層１２Ｃの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、パーマロイ（例え

ばＮｉ：４５重量％，Ｆｅ：５５重量％の組成を有するもの）、窒化鉄またはアモルファス合金（例えば、コバルト鉄合金）のいずれかを用いるようにしてもよい。ただし、前駆磁性層１１２Ａのパターニング時においてマスクとして機能する上部磁性層１２Ｃの膜減り量を抑制するならば、上記実施の形態において説明したように、上部磁性層１２Ｃの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにするのが好適である。

【００９３】

また、本実施の形態では、基礎磁性層１１２（第２の磁極先端部１２Ａ）の形成材料として窒化鉄またはアモルファス合金（コバルト鉄合金等）を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、パーマロイ（例えばＮｉ：４５重量％，Ｆｅ：５５重量％の組成を有するもの）を用いるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料（例えば、鉄ニッケルコバルト合金）を用いるようにしてもよい。ただし、基礎磁性層１１２の組成を適正に制御し、最終的に形成される第２の磁極先端部１２Ａの内部における磁束の伝播性を良好に確保しようとするならば、基礎磁性層１１２の形成材料として窒化鉄やアモルファス合金を用いるようにするのが好適である。なお、基礎磁性層１１２の形成方法としては、必ずしもスパッタリングおよびエッチング処理を用いる必要はなく、例えば、フレームめっき法を用いるようにしてもよい。

【００９４】

また、本実施の形態では、基礎磁性層１１２を形成したのち、この基礎磁性層１１２をエッチングしてパターニングすることにより前駆磁性層１１２Ａを形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、エッチング処理を用いずに、前駆磁性層１１２Ａをフレームめっき法を用いて形成するようにしてもよい。もちろん、フレームめっき法を用いる場合においても、前駆磁性層１１２Ａの後端部の幅方向に延びる端縁１１２ＡＴが直線状をなすようにする。

【００９５】

また、本実施の形態では、基礎磁性層１１２（第２の磁極先端部１２Ａ）および上部磁性層１２Ｃの形成材料として、共に高飽和磁束密度を有する磁性材料を用いるようにしている。ここで、上記のそれぞれの部位を形成するために用いる磁性材料の飽和磁束密度は自由に設定することが可能である。具体的には、例えば、それぞれの部位の形成材料として、互いに等しい飽和磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いるようにしてもよいし、または互いに異なる飽和磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いるようにしてもよい。いずれの場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。ただし、互いに異なる飽和磁束密度を有する磁性材料を用いる場合には、例えば、以下のような理由により、基礎磁性層１１２を構成する磁性材料の飽和磁束密度が、上部磁性層１２Ｃを構成する磁性材料の飽和磁束密度よりも大きくなるようにするのが好ましい。すなわち、一般に、薄膜磁気ヘッドの動作（例えば情報の記録等）は、主に、第２の磁極先端部１２Ａおよび上部磁性層１２Ｃの第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　のうち、記録ギャップ層１１に近い第２の磁極先端部１２Ａの内部を伝播する磁束の作用により実行されることとなる。このため、互いに異なる飽和磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いる場合には、記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分（第２の磁極先端部１２Ａ，第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）において、上層領域としての第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　よりも下層領域としての第２の磁極先端部１２Ａにおいて飽和磁束密度が大きくなるように磁束の分布状態（以下、「磁束密度プロファイル」ともいう。）を構築する必要がある。逆に言えば、異なる飽和磁束密度を有する２種類の磁性材料を選択的に用いて２層構造よりなる一定幅部分を構成するようにすることにより、この一定幅部分の磁束密度プロファイルを自由に調整することが可能となる。

【００９６】

また、本実施の形態では、下部磁極１０の形成方法として、スパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記に各部位をフレームめっき法によって形成するようにしてもよい。このような場合には、下部磁極１０の形成材料として、例えば、Ｎｉ：８０重量％，Ｆｅ：２０重量％またはＮｉ：４５重

量％，Ｆｅ：５５重量％などの組成を有するパーマロイを用いるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料（例えば、鉄ニッケルコバルト合金）を用いるようにしてもよい。

【００９７】

また、本実施の形態では、下部シールド層３および上部シールド層８の形成方法として電解めっき法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、双方またはいずれか一方の部位の形成方法として、下部磁極１０等を形成する場合と同様の手法、すなわちスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。このような場合における上記の各部位の形成材料としては、上記したパーマロイの他、窒化鉄やアモルファス合金（例えば、コバルト鉄合金，ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金，ジルコニウム鉄窒化物）等を用いるようにしてもよい。下部磁極１０等の場合と同様の手法を用いることにより、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができ、この点でも薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

【００９８】

また、本実施の形態では、絶縁膜１５の形成材料としてフォトレジストを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、フォトレジストと同様に加熱時に流動性を示すポリイミド樹脂やＳＯＧ（Ｓｐｉｎ　ｏｎ　ｇｌａｓｓ　）などを用いるようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。

【００９９】

また、本実施の形態では、加熱処理により流動したフォトレジストを薄膜コイル１４の各巻線間に埋め込むことにより絶縁膜１５を形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ　）法を用いてアルミナよりなる絶縁膜１５を形成するようにしてもよい。ＣＶＤ法を用いることにより、加熱処理等を必要とせずに薄膜コイル１４の各巻線間にアルミナを埋め込むことができる。なお、ＣＶＤ法を用いてアルミナよりなる絶縁膜１５を形成する場合には、後工程において形成される絶縁膜１６を絶縁膜１５が兼ねるようにしてもよい。このような場合には、絶縁膜１５，１６を別個に形成する場合よりも製造工程を削減することができる。

【０１００】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層１１の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層１１の形成材料としては、アルミナの他、例えば窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル（ＴＡ），チタンタングステン（ＷＴｉ），窒化チタン（ＴｉＮ）などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層１１の形成方法としては、スパッタリングの他、ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ　）法を用いるようにしてもよい。このような方法を用いて記録ギャップ層１１を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層１１を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層１１の厚みを薄くした場合に有益である。

【０１０１】

また、本実施の形態では、薄膜コイル１４の内側の終端部にコイル接続部１４Ｓを配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、薄膜コイル１４の外側の終端部にコイル接続部１４Ｓを配設するようにしてもよい。このような場合においても、コイル接続部１４Ｓと接続されるようにコイル接続配線１２ＣＨを配設することにより、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。

【０１０２】

［第２の実施の形態］

次に、本発明の第２の実施の形態について説明する。

【０１０３】
まず、図２１～図２７を参照して、本発明の第２の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図２１～図２５において、（Ａ）はエアベアリング面に垂直な断面を示し、（Ｂ）は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図２６および図２７は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図２６は図２１に示した状態に対応し、図２７は図２４に示した状態に対応する。ただし、図２７では、図２４におけるオーバーコート層２７等の図示を省略している。なお、図２１～図２７において、各図中のＸ，Ｙ，Ｚ軸方向に関する表記は、上記第１の実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記第１の実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。

【０１０４】
本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図２１における上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄを形成するところまでの工程は、上記第１の実施の形態における図４に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

【０１０５】
本実施の形態では、上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄを形成したのち、上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄをマスクとして、例えばＲＩＥにより、全体にエッチング処理を施す。ＲＩＥによるエッチング処理を行う際には、エッチング条件を調整することにより、上部磁性層１２Ｃよりも後方の領域（磁路接続部１２Ｄの形成領域を除く）における絶縁膜１３の一部が除去され、掘り下げられるようにする。このエッチング処理により、図２１および図２６に示したように、上記第１の実施の形態の場合と同様に第２の磁極先端部１２Ａおよび磁極部分１００が形成されると共に、絶縁膜１３の一部に窪み領域１３Ｍが形成される。窪み領域１３Ｍを形成する際には、例えば、その深さが約０．５～１．５μｍになるようにする。第２の磁極先端部１２Ａおよび磁極部分１００を形成する際のエッチング条件（エッチングガスのガス種および加工温度等）は、例えば、上記第１の実施の形態の場合と同様である。このとき、例えば、上部磁性層１２Ｃ等に対するエッチング量が周辺領域に対するエッチング量よりも極めて小さくなるようにエッチング条件を調整し、上部磁性層１２Ｃ等の膜厚が減少しないようにする。

【０１０６】
次に、図２２に示したように、窪み領域１３Ｍに薄膜コイル１４を形成したのち、絶縁膜１５および前駆絶縁層１６Ｐを順に形成する。先工程において窪み領域１３Ｍを形成することにより、薄膜コイル１４の配設位置は、窪み領域１３Ｍを形成しない場合よりも低くなる。

【０１０７】
次に、例えばＣＭＰ法により、前駆絶縁層１６Ｐの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図２３に示したように、薄膜コイル１４等を埋設する絶縁膜１６が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも前駆磁性層１１２Ａおよび磁路接続部１２Ｂが露出するまで行う。

【０１０８】
次に、図２３に示したように、例えばＲＩＥまたはイオンミリングにより、コイル接続部１４Ｓの上方を覆っている絶縁膜１６を部分的にエッチングし、コイル接続部１４Ｓと後工程において形成されるコイル接続部２４Ｓとを接続させるための開口部１６Ｋを形成する。

【０１０９】
次に、図２３に示したように、絶縁膜１６上から上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ(3) 上にかけての平坦領域に、上部磁極２２の一部を構成する中間接続部２２Ｆを約１．５～２．５μｍの厚みで選択的に形成する。中間接続部２２Ｆを形成する際には、例えば、その前端が、上部磁性層１２Ｃにおける中間部１２Ｃ(2) と後端部１２Ｃ(3) との連結位置よりも後退して位置するようにすると共に、その後端が、薄膜コイル１４における最外周の巻線上に位置するようにする。中間接続部２２Ｆを形成する際には、例えば、後述する図

２８に示したような平面形状を有するようにする。中間接続部２２Ｆの構造的特徴については、後述する。中間接続部２２Ｆを形成する際には、同時に、磁路接続部１２Ｄ上に、上部磁極２２の一部を構成する磁路接続部２２Ｇを形成する。中間接続部２２Ｆおよび磁路接続部２２Ｇの形成材料および形成方法等は、例えば、上記第１の実施の形態において上部磁性層１２Ｃおよび磁路接続部１２Ｄを形成した場合と同様である。中間接続部２２Ｆは、上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ(3) の一部と部分的にオーバーラップして接触し、両者は磁気的に連結される。ここで、中間接続部２２Ｆが、本発明における「第４の磁性層部分」の一具体例に対応する。

【０１１０】

次に、図２３に示したように、薄膜コイル１４の上方における平坦化された絶縁膜１６上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル２４を約０．８～１．５μｍの厚みで選択的に形成する。薄膜コイル２４を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部となるコイル接続部２４Ｓを開口部１６ｋにおけるコイル接続部１４Ｓ上に薄膜コイル２４と一体に形成する。薄膜コイル１４と薄膜コイル２４とは、開口部１６Ｋにおいて、コイル接続部１４Ｓ，２４Ｓを介して接続される。ここで、薄膜コイル２４が、本発明における「第２の薄膜コイル」の一具体例に対応し、薄膜コイル１４，２４が、本発明における「薄膜コイル」の一具体例に対応する。

【０１１１】

次に、図２３に示したように、薄膜コイル２４等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜２５を形成する。絶縁膜２５の形成材料、形成方法および構造的特徴等は、上記第１の実施の形態において絶縁膜１５を形成した場合とほぼ同様である。

【０１１２】

次に、図２３に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、絶縁材料、例えば前駆絶縁層２６Ｐを約３．０～４．０μｍの厚みで形成して、中間接続部２２Ｆ、磁路接続部２２Ｇ、薄膜コイル２４およびコイル接続部２４Ｓ等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

【０１１３】

次に、例えばＣＭＰ法により、前駆絶縁層２６Ｐの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図２４に示したように、薄膜コイル２４等を埋設する絶縁膜２６が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも中間接続部２２Ｆおよび磁路接続部２２Ｇが露出するまで行う。ここで、絶縁膜１３，１５，１６，２５，２６が、本発明における「絶縁層」の一具体例に対応する。

【０１１４】

次に、図２４に示したように、中間接続部２２Ｆ上から磁路接続部２２Ｇ上にかけての平坦領域に、上部磁極２２の一部を構成する上部ヨーク２２Ｉを約２．０～３．０μｍの厚みで選択的に形成する。上部ヨーク２２Ｉの形成材料および形成方法は、例えば、上記第１の実施の形態における上部ヨーク２２Ｉの場合とほぼ同様である。上部ヨーク２２Ｉを形成する際には、例えば、後述する図２８に示したような平面形状を有するようにする。上部ヨーク２２Ｉは、その後方部分において、開口部１１Ｋを通じて磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄ，２２Ｇを介して下部磁極１０と磁気的に連結されると共に、その前方部分において、中間接続部２２Ｆおよび上部磁性層１２Ｃを介して第２の磁極先端部１２Ａとも磁気的に連結されている。すなわち、上部磁極２２（第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層１２Ｃ，磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄ，２２Ｇ，中間接続部２２Ｆ，上部ヨーク２２Ｉ）と下部磁極１０とが接続されることにより磁路が形成される。上部ヨーク２２Ｉの構造的特徴については、後述する。ここで、上部ヨーク２２Ｉが、本発明における「第３の磁性層部分」の一具体例に対応する。また、第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層２２Ｃ、磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄ，２２Ｇ、中間接続部２２Ｆおよび上部ヨーク２２Ｉによって構成される上部磁極２２が、本発明における「第１の磁性層」の一具体例に対応する。

【０１１５】

次に、図２４に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機

絶縁材料よりなるオーバーコート層２７を約２０～４０μｍの厚みで形成する。このときの上部ヨーク２２Ｉ周辺の構造は、図２７に示したようになる。

【０１１６】

最後に、図２５に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面７０を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【０１１７】

図２８は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図２８において、上記第１の実施の形態における図１５に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図２８では、絶縁膜１５，１６，２５，２６およびオーバーコート層２７等の図示を省略している。また、薄膜コイル２４については、その最外周の一部のみを図示している。図２５（Ａ）は、図２８におけるＸＸＶＡ－ＸＸＶＡ線に沿った矢視断面に相当する。なお、図２８中のＸ，Ｙ，Ｚ軸方向に関するそれぞれの表記については、図２１～図２７の場合と同様とする。

【０１１８】

上部磁極２２は、上記したように、例えば、それぞれ別個に形成された第２の磁極先端部１２Ａ，上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｂ，１２Ｄ，２２Ｇ、中間接続部２２Ｆおよび上部ヨーク２２Ｉによって構成されている。

【０１１９】

上部ヨーク２２Ｉは、例えば、上記第１の実施の形態における上部ヨーク１２Ｅとほぼ同様の構造的特徴を有するものであり、上部ヨーク１２Ｅのヨーク部１２Ｅ（１）　および接続部１２Ｅ（２）　のそれぞれに対応するヨーク部２２Ｉ（１）　および接続部２２Ｉ（２）　を含んでいる。接続部２２Ｉ（２）　の幅は、例えば、中間接続部２２Ｆの幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよいし、両者の幅が互いに一致するようにしてもよい。

【０１２０】

中間接続部２２Ｆは、例えば、矩形状の平面形状を有するものであり、その幅は上部磁性層１２Ｃの後端部１２Ｃ（３）　の幅よりも大きくなっている。ただし、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよいし、両者の幅が互いに一致するようにしてもよい。第２の磁極先端部１２Ａ、上部磁性層１２Ｃ、中間接続部２２Ｆおよび上部ヨーク２２Ｉの各幅方向の中心は、互いに一致している。

【０１２１】

薄膜コイル１４における外側の終端部をなす端子１４Ｘと薄膜コイル２４における外側の終端部をなす端子２４Ｘとは、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路を通じて薄膜コイル１４，２４を通電させることができるようになっている。

【０１２２】

なお、図２８に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第１の実施の形態の場合（図１５参照）と同様である。

【０１２３】

本実施の形態では、絶縁膜１３の一部をエッチングして掘り下げることにより窪み領域１３Ｍを形成し、この窪み領域１３Ｍに薄膜コイル１４を配設するようにしたので、薄膜コイル１４を形成することとなる下地の表面の位置は、エッチング処理を行わない場合における下地の表面の位置よりも低くなる。このため、薄膜コイル１４の上方に、薄膜コイル１４の厚みを増大させるための空間領域が確保されることとなるので、上記第１の実施の形態の場合よりも薄膜コイル１４の厚みをより大きくすることができる。

【０１２４】

さらに、薄膜コイル１４を形成することとなる下地の表面の位置を低くすることにより、薄膜コイル１４の上方における絶縁膜１６の厚みを適正に確保しつつ、上部磁性層１２Ｃの厚みを薄くすることが可能となる。このような場合には、上記第１の実施の形態において説明した上部磁性層１２Ｃの形成材料と形成安定性との関係により、鉄ニッケルコバル

ト合金よりなる上部磁性層１２Ｃをより安定的に形成することができる。
【０１２５】
また、本実施の形態では、ＣＭＰ研磨後の平坦面上に中間接続部２２Ｆを形成するようにしたので、上記第１の実施の形態において上部磁性層１２Ｃを平坦面上に形成した場合と同様の作用により、中間接続部２２Ｆを高精度に形成することができる。なお、この中間接続部２２Ｆの形成精度に係る効果は、上部ヨーク２２Ｉを形成する場合においても同様である。
【０１２６】
なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記第１の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。
【０１２７】
以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。
【０１２８】
例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。
【０１２９】
また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部磁性層，中間接続部，上部ヨーク等）の平面形状は、必ずしも図１５および図２８に示したものに限られるものではなく、各磁性層部分の磁気ボリュームを適正化し、薄膜コイルで発生した磁束を先端部の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。
【０１３０】
また、上記各実施の形態では、１層または２層のコイル構造を有する薄膜磁気ヘッドの構造について説明したが、各実施の形態における薄膜コイルの層数は自由に変更することが可能である。薄膜コイルの層数を増加させることにより、磁束の発生量を増加させることができる。
【０１３１】
また、例えば、上記第１の実施の形態では、上部磁極１２のうちの記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分が２層構造（第２の磁極先端部１２Ａおよび第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　）を有する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、３層以上の多層構造を有するようにしてもよい。このような場合においても、上記第１の実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。特に、上部磁極１２のうちの記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分を構成する各部位の形成材料として、互いに異なる磁束密度を有する複数の磁性材料を用いる場合には、上記したように、一定幅を有する部分の上層部から下層部にかけて磁束密度が大きくなるように磁束密度プロファイルを調整するようにするのが好ましい。もちろん、一定幅を有する部分の磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。なお、上記した一定幅を有する部分の構造に係る変形は、上記第２の実施の形態についても適用可能である。
【０１３２】
また、上記第１の実施の形態では、図８に示したように、上部磁極１２を構成する部位のうちの第２の磁極先端部１２Ａおよび磁路接続部１２Ｂ以外の部位を３つ（上部磁性層１２Ｃ，磁路接続部１２Ｄ，上部ヨーク１２Ｅ）に分割して形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図２９および図３０に示したように、上記の３つの部位を一体として形成するようにしてもよい。ここで、図３０は、上記第１の実施の形態における薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例としての平面構造を表すものであり、図２９は、図３０におけるＸＸＩＸＡ－ＸＸＩＸＡ線に沿った矢視断面に相当する。図２９は図８に対応し、図３０は図１５に対応している。なお、図３０では、図２９における

絶縁膜３５等の図示を省略している。

【０１３３】

この薄膜磁気ヘッドでは、上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｄおよび上部ヨーク１２Ｅの替わりに、第２の磁極先端部１２Ａ上から磁路接続部１２Ｄ上に至る領域に、薄膜コイル１４等を覆うように配設された絶縁膜３５（例えばフォトレジスト）により構成されたエイペックス部を覆うように上部磁性層１２Ｊが配設されている。この上部磁性層１２Ｊは、エアベアリング面７０側から順に、第１の磁極先端部１２Ｊ（１）　、中間部１２Ｊ（２）　、後端部１２Ｊ（３）　およびヨーク部１２Ｊ（４）　を含んでいる。第１の磁極先端部１２Ｊ（１）　、中間部１２Ｊ（２）　および後端部１２Ｊ（３）　は、例えば、それぞれ上部磁性層１２Ｃにおける第１の磁極先端部１２Ｃ（１）　、中間部１２Ｃ（２）　、後端部１２Ｃ（３）　とほぼ同様の構造的特徴を有するものであり、ヨーク部１２Ｊ（４）　は、例えば、上部ヨーク１２Ｅにおけるヨーク部１２Ｅ（１）　とほぼ同様の構造的特徴を有するものである。第１の磁極先端部１２Ｊ（１）　と中間部１２Ｊ（２）　との連結位置Ｐ２（第２の位置）は第２の磁極先端部１２Ａの後端の位置Ｐ１（第１の位置）よりも後退しており、ヨーク部１２Ｊ（４）　の後端の位置Ｐ３（第３の位置）は磁路接続部１２Ｂの後端の位置と一致している。上部磁性層１２Ｊは、その後方部分において磁路接続部１２Ｂを介して下部磁極１０と磁気的に連結されると共に、第１の磁極先端部１２Ａとも磁気的に連結される。コイル接続配線１２ＪＨは、上記第１の実施の形態におけるコイル接続配線１２ＣＨとほぼ同様の構造的特徴を有するものである。上部磁性層１２Ｊ等の形成材料および形成方法等は、例えば、上記第１の実施の形態における上部磁性層１２Ｃの場合と同様である。ここで、先端部１２Ｊ（１）　が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、中間部１２Ｊ（２）　、後端部１２Ｊ（３）　およびヨーク部１２Ｊ（４）　が本発明における「拡幅部分」の一具体例に対応し、上部磁性層１２Ｊが、本発明における「第１の磁性層部分」の一具体例に対応する。

【０１３４】

上部磁性層１２Ｊを含んで薄膜磁気ヘッドを構成することにより、上部磁性層１２Ｃ、磁路接続部１２Ｄおよび上部ヨーク１２Ｅを別個に形成していた上記第１の実施の形態の場合よりも、薄膜磁気ヘッドの製造に係る工程数を削減することができる。なお、図２９および図３０に示した薄膜磁気ヘッドに関する上記以外の構造および効果等は、上記第１の実施の形態の場合と同様である。上記のような上部磁極１２の構成に関する変形は、上記第２の実施の形態についても適用可能である。

【０１３５】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項１ないし請求項１５のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項１６ないし請求項２４のいずれか１項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルが、最も多くの部分が第１の磁性層部分における一定幅部分の厚みに対応する空間領域に含まれるように配設された第１の薄膜コイルを含むようにしたので、第１の薄膜コイルが第１の絶縁層部分中に配設される場合とは異なり、第２の磁性層部分を高精度に形成しつつ、第１の薄膜コイルの厚みを適正に確保することが可能となる。したがって、微小な一定幅を有するように第２の磁性層部分を形成することができると共に、優れたオーバーライト特性を確保することができるという効果を奏する。

【０１３６】

特に、請求項５記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第１の磁性層部分と第３の磁性層部分とがオーバーラップするオーバーラップ領域に第１の絶縁層部分の一部が配設されるようにしたので、この第１の絶縁層部分の一部により、その上方領域から下方領域への磁束の伝播、すなわち磁束の漏れを抑制し、磁束の伝播過程における伝播ロスを低減することができるという効果を奏する。

【０１３７】

また、請求項７記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項１９記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第１の絶縁層部分のうちのギャップ層と反対側に窪み領域が設けられ、第１の

薄膜コイルが窪み領域に配設されるようにしたので、第１の薄膜コイルを形成することとなる下地の表面の位置は、エッチング処理を行わない場合における下地の表面の位置よりも低くなる。このような場合には、第１の薄膜コイルの厚みをより大きくすることができるという効果を奏する。

【０１３８】

また、請求項９または請求項１０に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第２の磁性層部分と第１の絶縁層部分との境界面が平面をなすようにしたので、上記の境界面が平面をなしていない場合とは異なり、第１の絶縁層部分における記録媒体対向面に近い側の位置、すなわち記録ヘッドの性能を決定する要因のうちの一つであるスロートハイトゼロ位置を一義的に決定することができるという効果を奏する。

【０１３９】

また、請求項１１または請求項１２に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第２の磁性層部分を構成する磁性材料が、第１の磁性層部分を構成する磁性材料の飽和磁束密度以上の飽和磁束密度を有するようにしたので、第１の磁性層部分内における磁束の伝播特性にばらつきが生じたとしても、第２の磁性層部分において円滑な磁束の伝播が確保される。したがって、この観点においても優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。

【０１４０】

また、請求項２２記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、エッチング工程において、第１の磁性層部分の形成を反応性イオンエッチングを用いて行うようにしたので、第１の磁性層部分を高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

【０１４１】

また、請求項２３記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、塩素を含むガス雰囲気中においてエッチング工程を行うようにしたので、第１の磁性層部分をより高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

【０１４２】

また、請求項２４記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、５０°Ｃないし３００°Ｃの範囲内の温度下においてエッチング工程を行うようにしたので、第１の磁性層部分をより高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図２】図１に続く工程を説明するための断面図である。

【図３】図２に続く工程を説明するための断面図である。

【図４】図３に続く工程を説明するための断面図である。

【図５】図４に続く工程を説明するための断面図である。

【図６】図５に続く工程を説明するための断面図である。

【図７】図６に続く工程を説明するための断面図である。

【図８】図７に続く工程を説明するための断面図である。

【図９】図２に示した断面図に対応する斜視図である。

【図１０】図３に示した断面図に対応する斜視図である。

【図１１】図４に示した断面図に対応する斜視図である。

【図１２】図５に示した断面図に対応する斜視図である。

【図１３】図７に示した断面図に対応する斜視図である。

【図１４】図２に示した断面図に対応する平面図である。

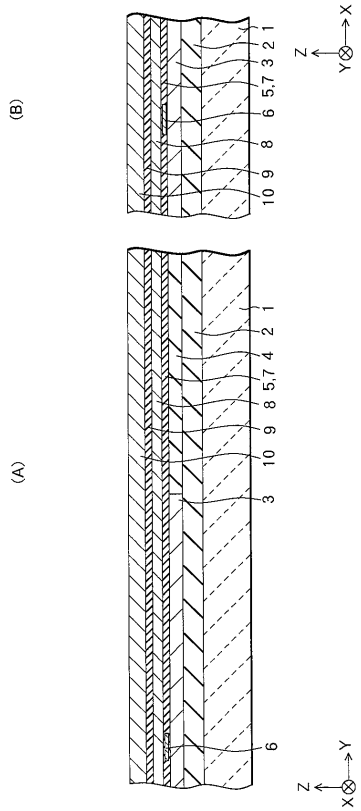
【図１５】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図１６】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する作用を説明するための比較例としての薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの断面構造を表す断面図である。

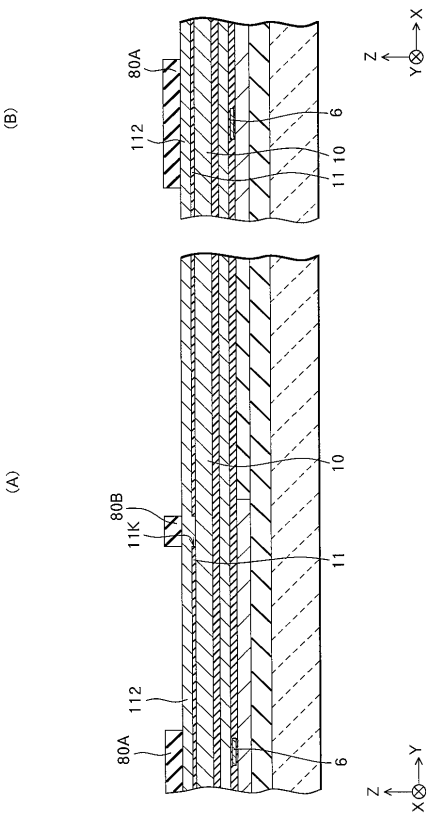
【図１７】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する作用を説

明するための他の比較例としての薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの断面構造を表す断面図である。
【図１８】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例における一工程を説明するための断面図である。
【図１９】図１８に続く工程を説明するための断面図である。
【図２０】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例を表す断面図である。
【図２１】本発明の第２の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。
【図２２】図２１に続く工程を説明するための断面図である。
【図２３】図２２に続く工程を説明するための断面図である。
【図２４】図２３に続く工程を説明するための断面図である。
【図２５】図２４に続く工程を説明するための断面図である。
【図２６】図２１に示した断面図に対応する斜視図である。
【図２７】図２４に示した断面図に対応する斜視図である。
【図２８】本発明の第２の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。
【図２９】本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する他の変形例を表す断面図である。
【図３０】図２９に示した断面図に対応する平面図である。
【符号の説明】
１…基板、２…絶縁層、３…下部シールド層、４，９，１３，１５，１６，２５，３５…絶縁膜、５，７…シールドギャップ膜、６…ＭＲ膜、８…上部シールド層、１０…下部磁極、１１…記録ギャップ層、１２，２２…上部磁極、１２Ａ…第２の磁極先端部、１２Ｂ，１２Ｄ，２２Ｇ…磁路接続部、１２Ｃ，１２Ｊ…上部磁性層、１２Ｃ（１），１２Ｊ（１）…第１の磁極先端部、１２Ｃ（２），１２Ｊ（２）…中間部、１２Ｃ（３），１２Ｊ（３）…後端部、１２Ｅ，２２Ｉ，１１２Ｅ…上部ヨーク、１２Ｅ（１），１２Ｊ（４），２２Ｉ（１）…ヨーク部、１２Ｅ（２），２２Ｉ（２）…接続部、１２ＥＨ…コイル接続配線、１３Ｍ…窪み領域、１３Ｐ，１６Ｐ，２６Ｐ…前駆絶縁層、１４，２４…薄膜コイル、１４Ｓ，２４Ｓ…コイル接続部、１７，２７…オーバーコート層、２２Ｆ…中間接続部、７０…エアベアリング面、８０Ａ，８０Ｂ，８１Ａ，８１Ｂ…マスク、９０…フォトレジスト膜、９１…高飽和磁束密度材層、９２…無機絶縁材層、１００…磁極部分、１１２…基礎磁性層、１１２Ａ，１１２Ｃ…前駆磁性層、ＴＨ…スロートハイト、ＭＲＨ…ＭＲハイト。

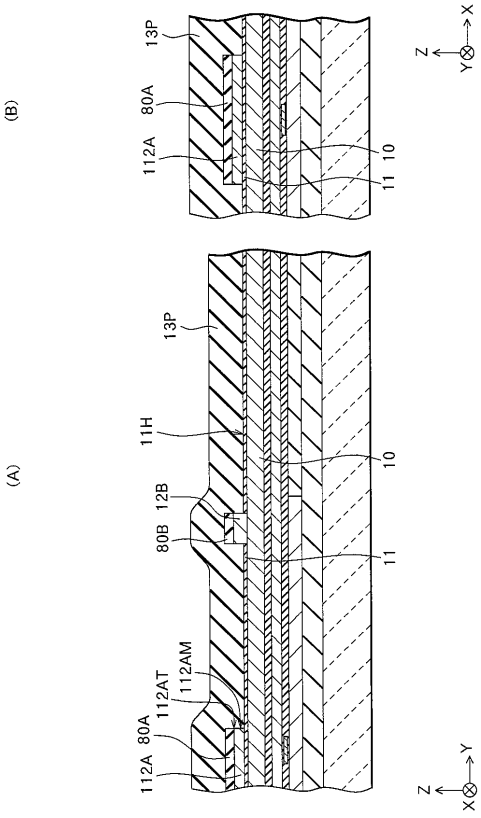
【図１】


(B)
(A)
1
2
3
4
5,7
6
8
9
10
X
Y
Z

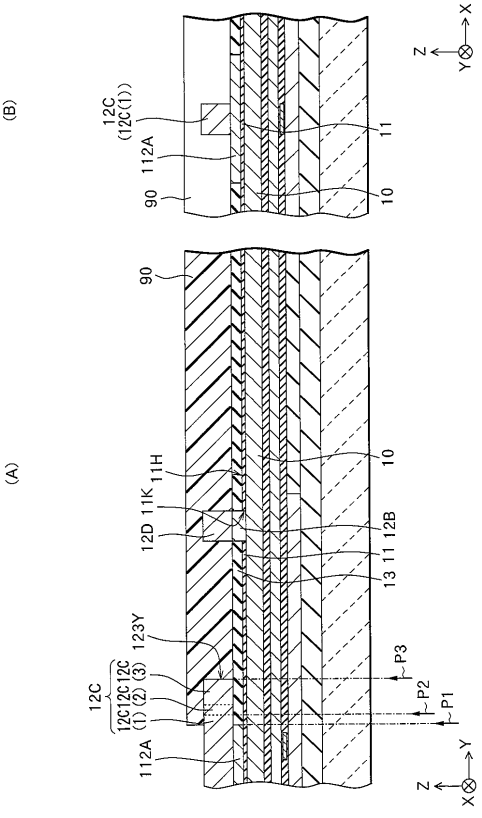
【図２】


(B)
(A)
80A
112
6
10
11
11K
80B
X
Y
Z

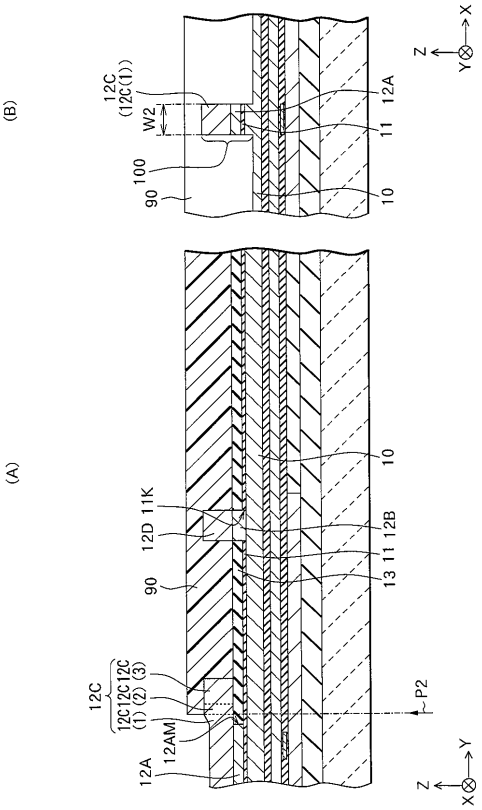
【図３】


(B)
(A)
13P
80A
112A
11
10
11H
12B
80B
112AT
112AM
X
Y
Z

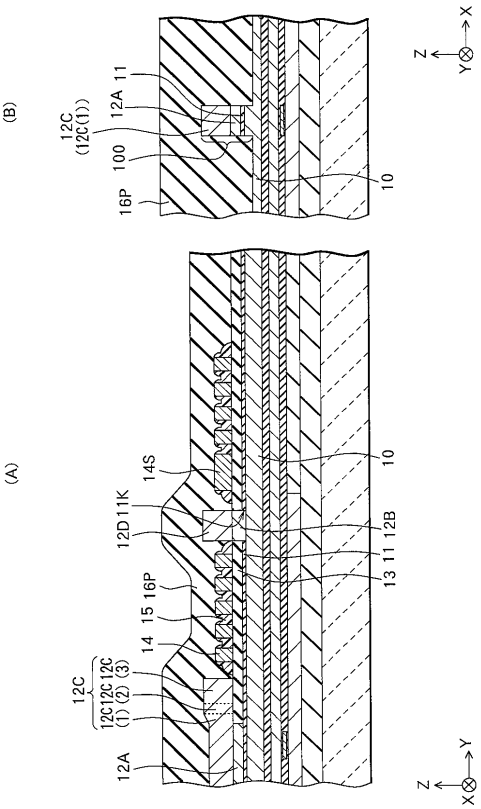
【図４】


(B)
(A)
12C
(12C(1))
112A
90
11
10
11H
12D
11K
12B
13
123Y
P1
P2
P3
12C(1)
12C(2)
12C(3)
X
Y
Z

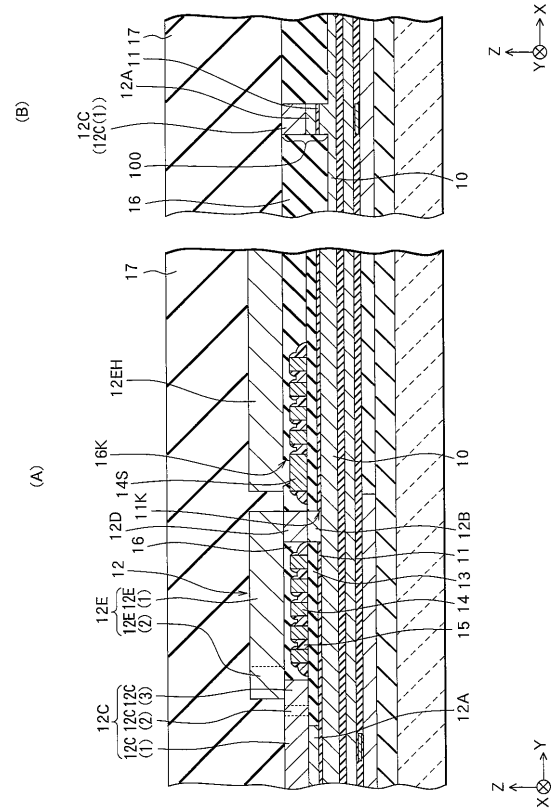
【図５】


(A)
(B)
12C
(12C(1))
W2
100
90
12A
11
10
12D 11K
12B
13 11
12C
12C12C12C
(1) (2) (3)
12AM
P2
Z
Y
X

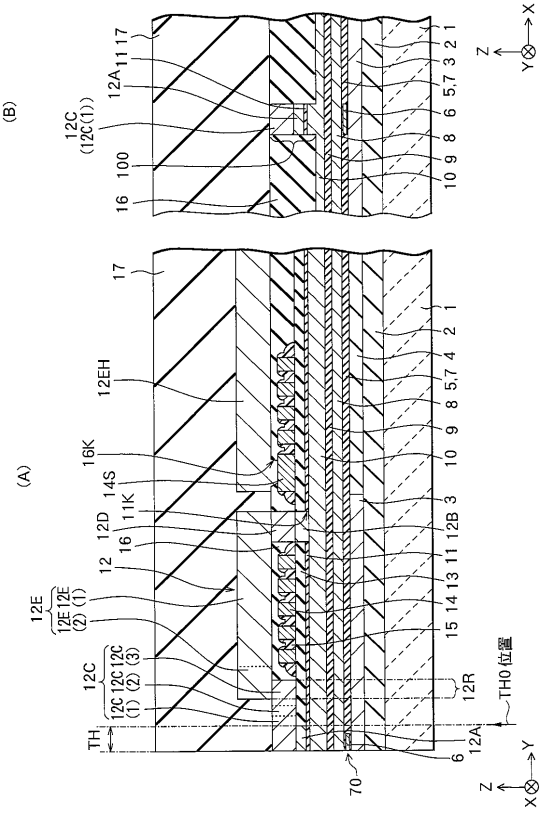
【図６】


(A)
(B)
12C
(12C(1))
12A 11
100
16P
10
14S
12D 11K
12B
13 11
15 16P
14
12C
12C12C12C
(1) (2) (3)
12A
Z
Y
X

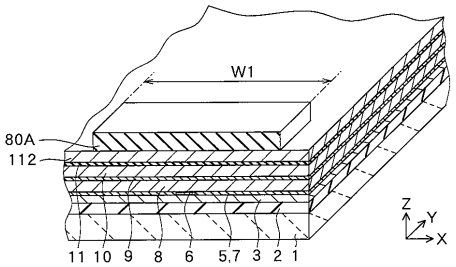
【図７】


(A)
(B)
12C
(12C(1))
12A 11 17
100
16
10
17
12EH
16K
14S
11K
12D
16
12
12E
12E12E
(2) (1)
12C
12C12C12C
(1) (2) (3)
12B
11
13
14
15
12A
Z
Y
X

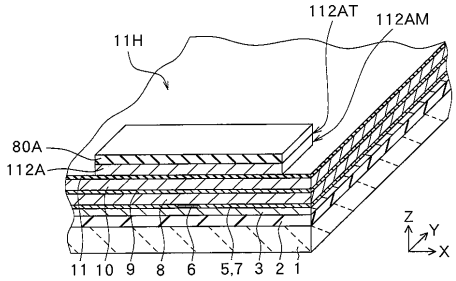
【図８】


(A)
(B)
12C
(12C(1))
12A 11 17
100
16
10 9 8 6 5,7 3 2 1
17
12EH
16K
14S
11K
12D
16
12
12E
12E12E
(2) (1)
12C
12C12C12C
(1) (2) (3)
12B 3
11
13
14
15
12R
TH0位置
TH
12A
6
70
Z
Y
X

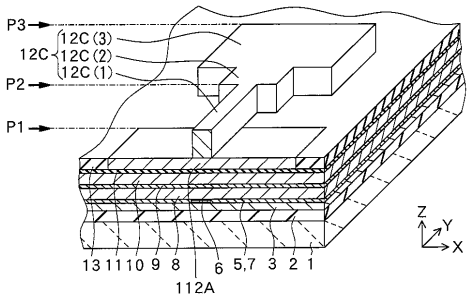
【図９】



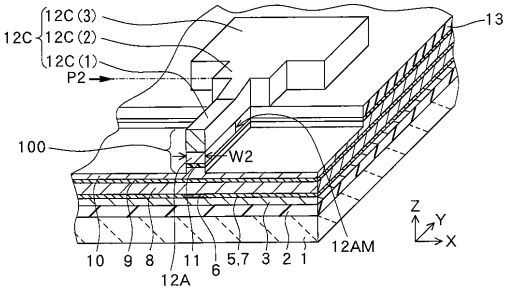
【図１０】



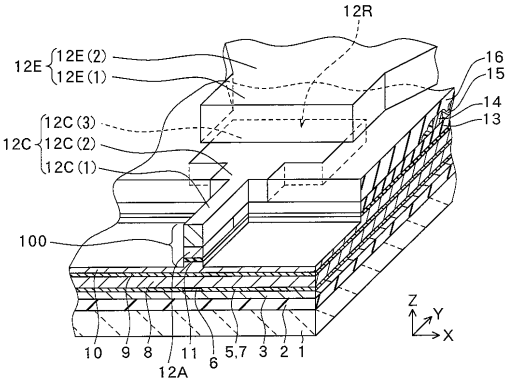
【図１１】



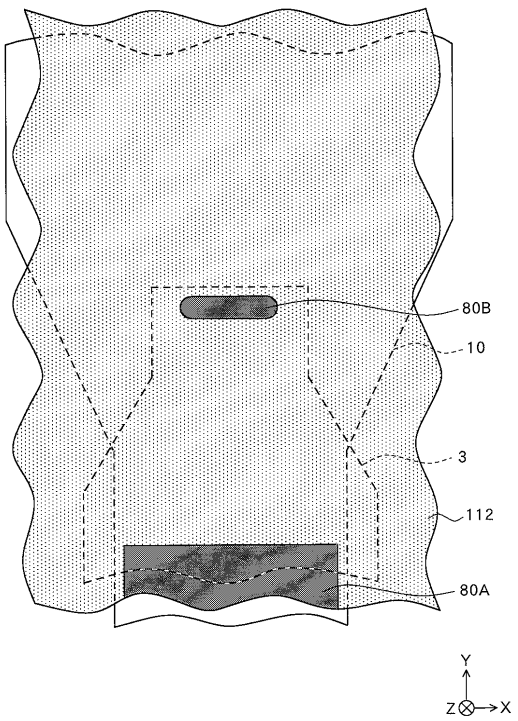
【図１２】



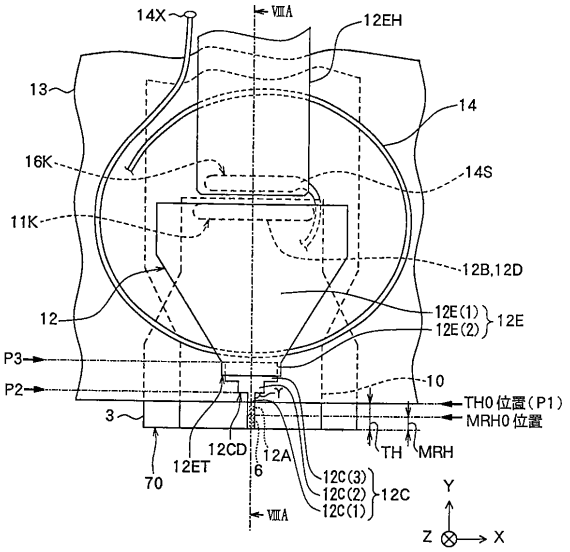
【図１３】



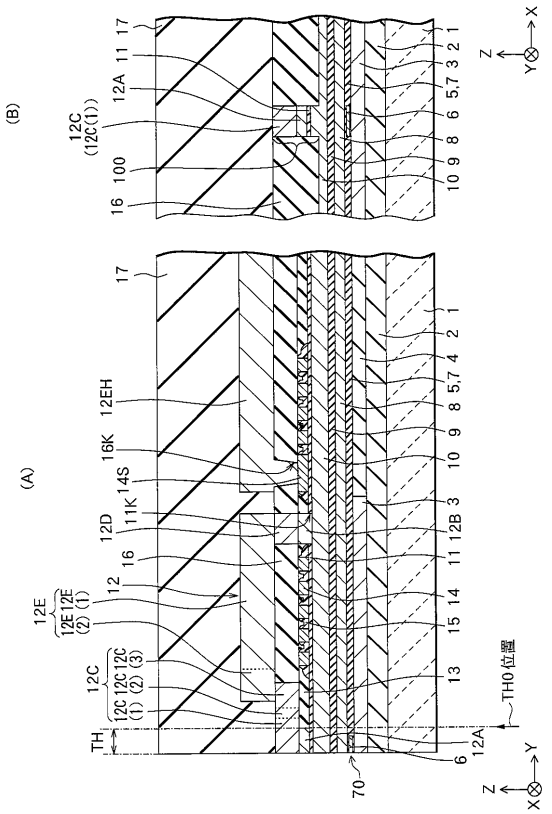
【図１４】



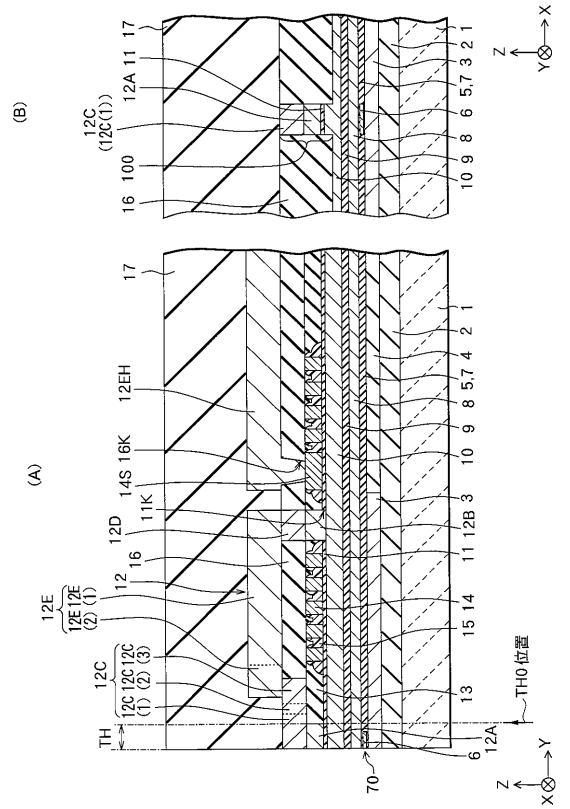
【図１５】



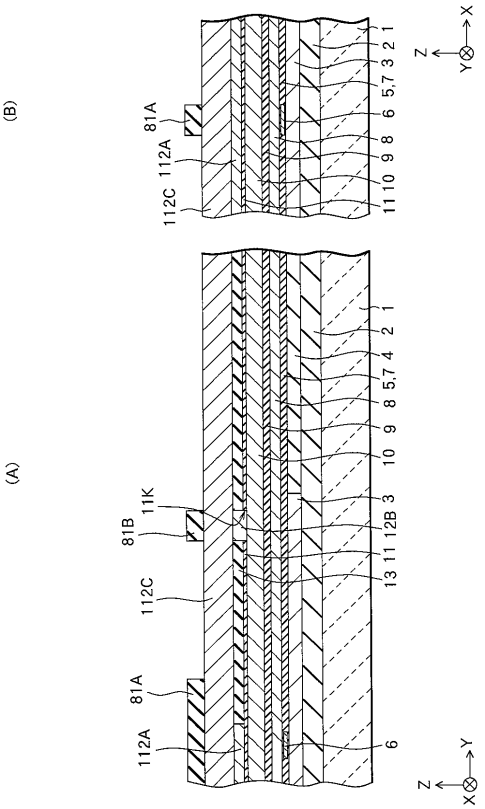
【図１６】



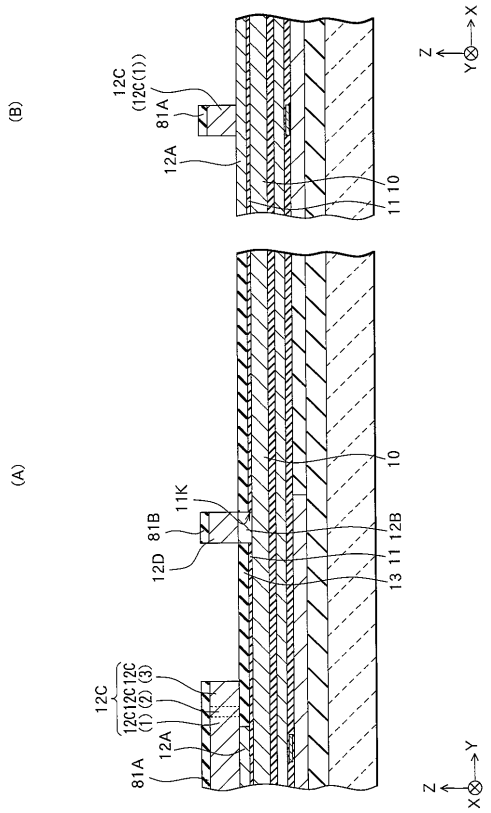
【図１７】



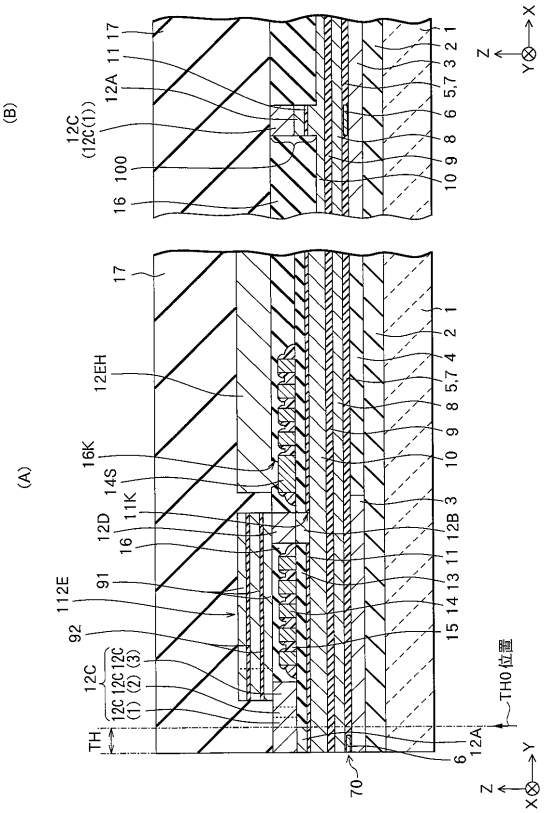
【図１８】



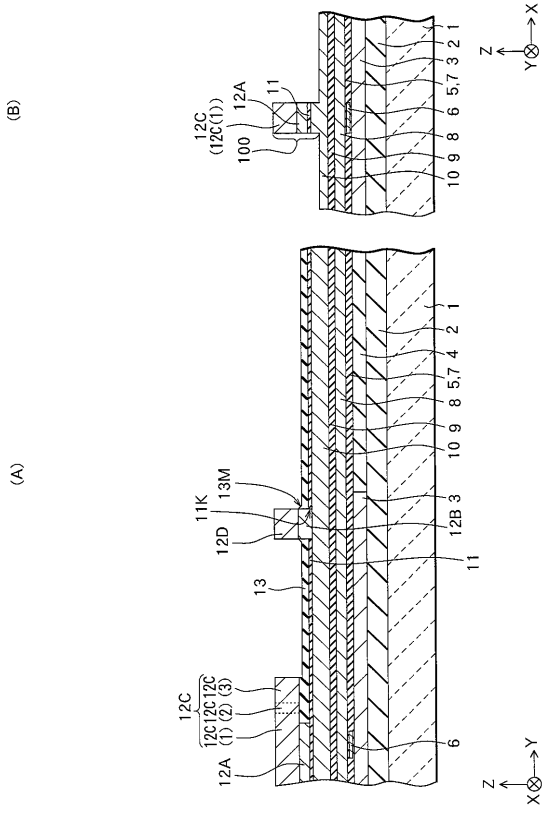
【図１９】



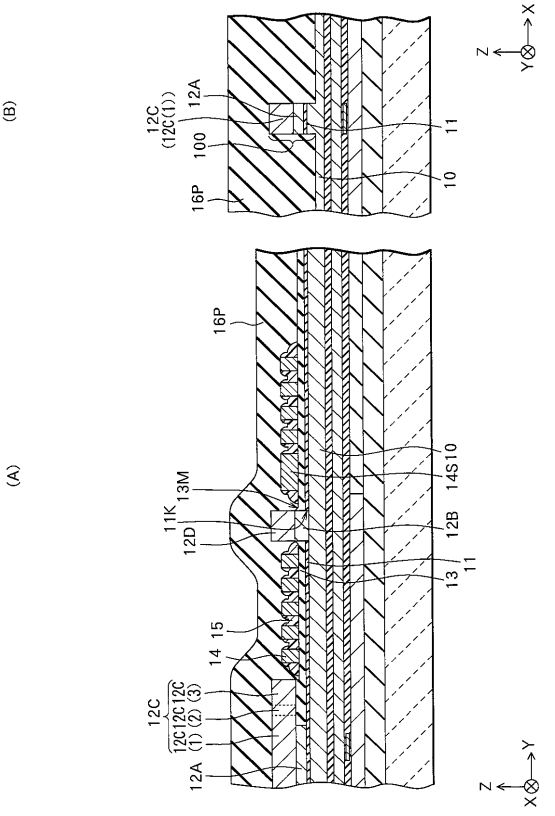
【図２０】



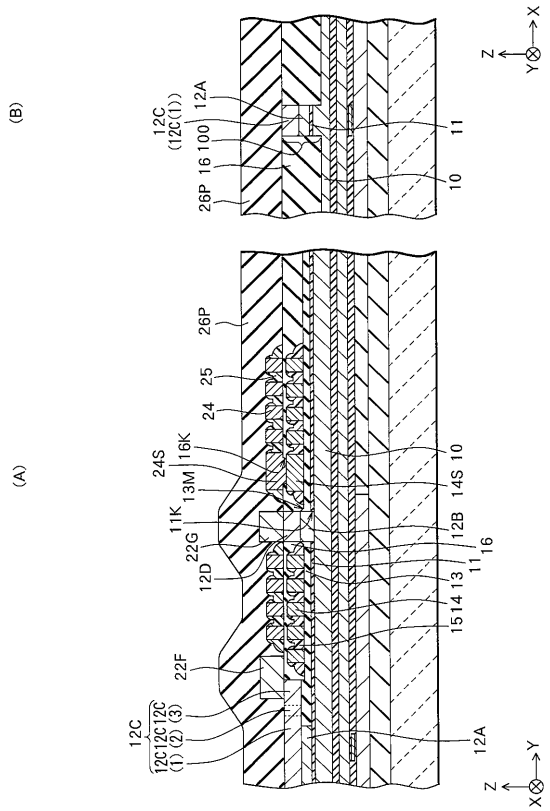
【図２１】



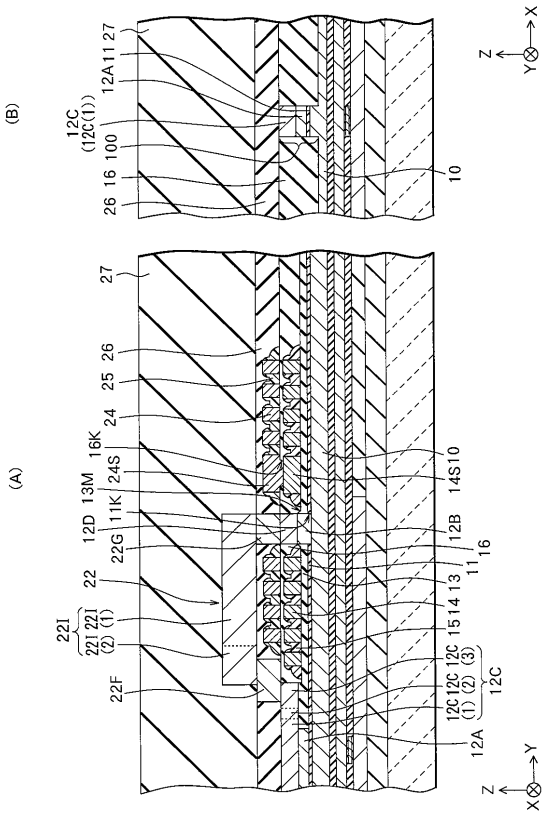
【図２２】



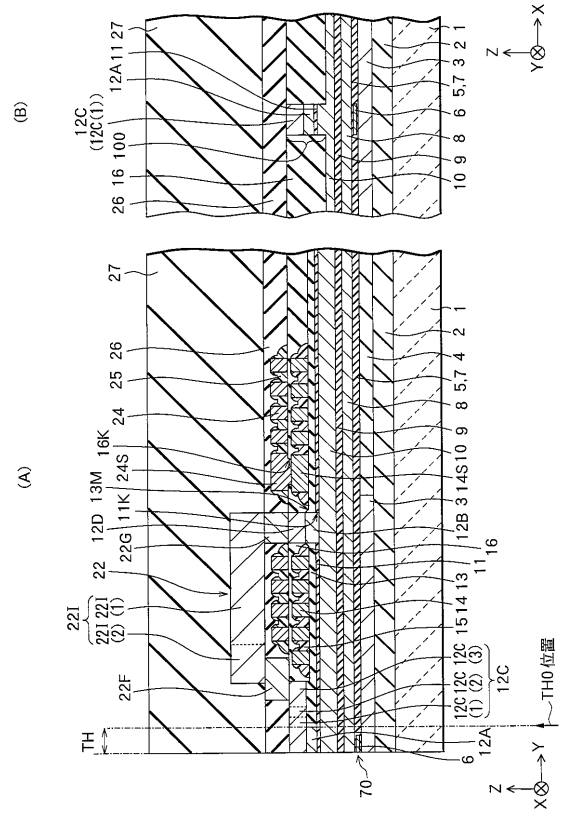
【図２３】



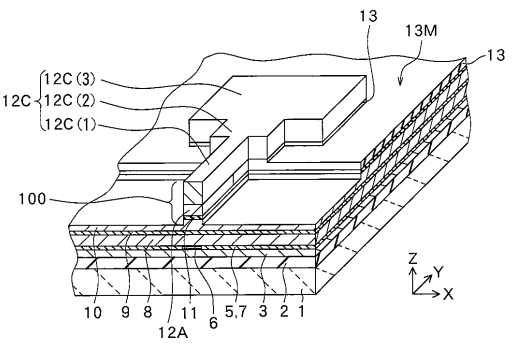
【図２４】



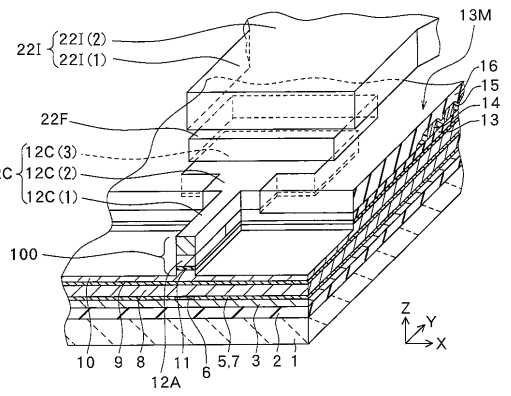
【図２５】



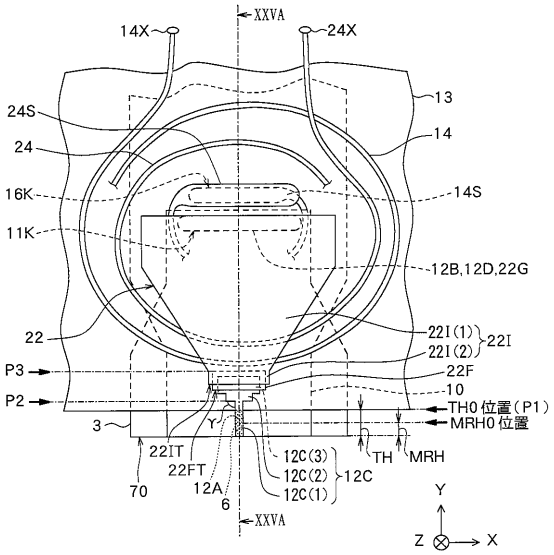
【図２６】



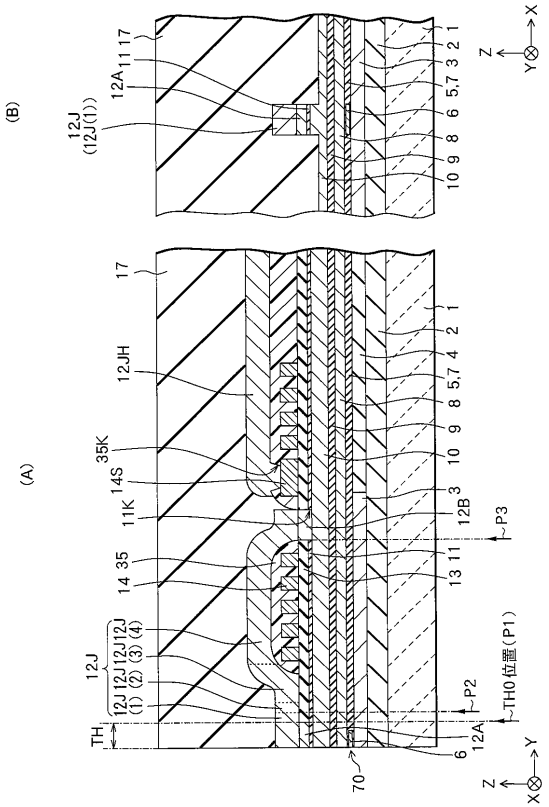
【図２７】



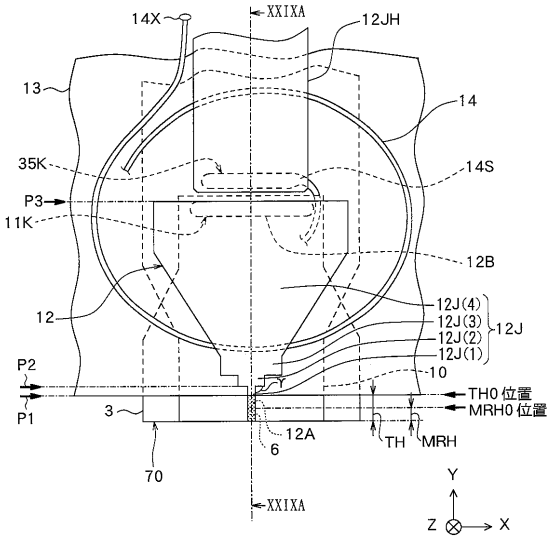
【図２８】


XXVA
14X
24X
13
24S
14
24
16K
14S
11K
12B,12D,22G
22
22I(1)
22I(2)
22I
P3
22F
P2
10
TH0 位置（P1）
3
MRH0 位置
22IT
22FT
12C(3)
12C(2)
12C(1)
12C
TH
MRH
70
12A
6
XXVA
Y
Z
X

【図２９】


(B)
12J
(12J(1))
12A
11
17
Z
X
Y
(A)
17
12JH
35K
14S
11K
14
35
12J
12J(1)
12J(2)
12J(3)
12J(4)
TH
12B
P3
P2
TH0 位置(P1)
12A
6
70

【図３０】


XXIXA
14X
12JH
13
14
35K
14S
P3
11K
12B
12
12J(4)
12J(3)
12J(2)
12J(1)
12J
P2
10
P1
TH0 位置
3
MRH0 位置
12A
6
TH
MRH
70
XXIXA
Y
Z
X

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G11B 5/31