

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3611801号

(P3611801)

(45) 発行日 平成17年1月19日(2005.1.19)

(24) 登録日 平成16年10月29日(2004.10.29)

(51) Int. Cl.⁷

G 1 1 B 5/31

F I

G 1 1 B 5/31 C

G 1 1 B 5/31 D

G 1 1 B 5/31 K

請求項の数 16 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2001-156059 (P2001-156059)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成13年5月24日(2001.5.24)		T D K 株式会社
(65) 公開番号	特開2002-208112 (P2002-208112A)		東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(43) 公開日	平成14年7月26日(2002.7.26)	(74) 代理人	100107559
審査請求日	平成14年12月9日(2002.12.9)		弁理士 星宮 勝美
(31) 優先権主張番号	特願2000-343245 (P2000-343245)	(72) 発明者	乗附 康之
(32) 優先日	平成12年11月10日(2000.11.10)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		イーディーケイ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2000-344507 (P2000-344507)	(72) 発明者	佐藤 慶一
(32) 優先日	平成12年11月10日(2000.11.10)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		イーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	六本木 哲也
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
			イーディーケイ株式会社内

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媒体対向面と、

記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、

非磁性材料よりなり、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、

少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、

前記第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分層と前記第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有する薄膜磁気ヘッドであって、

前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面は、前記薄膜コイルの前記第2の磁性層側の面よりも前記第1の磁性層から離れた位置に配置され、

前記ヨーク部分層は、前記磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続され、

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、前記ヨーク部分層の前記ギャップ層側の端部の少なくとも一部は、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の端部よりも前記第1の磁性層に近い位置に配置されている

10

20

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記ヨーク部分層は、更に、前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面の少なくとも一部において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続されている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】

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、前記ヨーク部分層の前記ギャップ層側の端部は、前記磁極部分層から離れるに従って徐々に前記第 1 の磁性層に近づいていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

10

【請求項 4】

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の端部と前記ヨーク部分層の前記ギャップ層側の端部は、段差なく連続していることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との接続面の少なくとも一部は、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾いていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、前記ヨーク部分層の厚みは前記磁極部分層の厚みよりも大きいことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

20

【請求項 7】

前記ヨーク部分層は、更に、前記磁極部分層の前記ギャップ層とは反対側の面において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】

更に、前記磁極部分層の前記ギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備え、前記ヨーク部分層は、前記非磁性層を介して前記磁極部分層の前記ギャップ層とは反対側の面に隣接し、前記非磁性層を介して前記磁極部分層に磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 7 記載の薄膜磁気ヘッド。

30

【請求項 9】

前記ヨーク部分層は、更に、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】

前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】

更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

40

【請求項 12】

垂直磁気記録方式に用いられることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】

記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1

50

および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、前記第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分層と前記第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の磁性層を形成する工程と、

前記薄膜コイルを形成する工程と、

前記ギャップ層を形成する工程と、

前記第2の磁性層を形成する工程とを備え、

前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面は、前記薄膜コイルの前記第2の磁性層側の面よりも前記第1の磁性層から離れた位置に配置され、

10

前記ヨーク部分層は、前記磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続され、

前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、前記ヨーク部分層の前記ギャップ層側の端部の少なくとも一部は、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の端部よりも前記第1の磁性層に近い位置に配置されることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】

前記第2の磁性層を形成する工程は、

前記ギャップ層の上に、前記磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、

20

前記被エッチング層の上に、前記磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程と、

前記マスクを用いて、ドライエッチングによって、前記被エッチング層を選択的にエッチングして前記磁極部分層の外形を決定すると共に、前記ギャップ層の一部をエッチングして、前記磁極部分層と前記ヨーク部分層との磁氣的な接続部分の近傍における前記ヨーク部分層の下地の形状を決定する工程と、

前記下地の上に前記ヨーク部分層の少なくとも一部を形成する工程と

を含むことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】

前記磁極部分層の外形を決定すると共に前記ヨーク部分層の下地の形状を決定する工程は、前記下地の上面が、前記磁極部分層から離れるに従って徐々に前記第1の磁性層に近づくように、前記下地の形状を決定することを特徴とする請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

30

【請求項16】

前記磁極部分層の外形を決定すると共に前記ヨーク部分層の下地の形状を決定する工程は、前記磁極部分層の前記ヨーク部分層に接続される面の少なくとも一部が、前記磁極部分層の前記ギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾くように、前記磁極部分層の外形を決定することを特徴とする請求項14または15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】

40

本発明は、少なくとも書込み用の誘導型電磁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】

磁気記録再生装置における記録方式には、信号磁化の向きを記録媒体の面内方向（長手方向）とする長手磁気記録方式と、信号磁化の向きを記録媒体の面に対して垂直な方向とする垂直磁気記録方式とがある。垂直磁気記録方式は、長手磁気記録方式に比べて、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくく、高い線記録密度を実現することが可能であると言われている。

【0003】

50

長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドは、一般的に、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面）と、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側においてギャップ部を介して互いに対向する磁極部分を含む第1および第2の磁性層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた構造になっている。

【0004】

一方、垂直磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドには、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドと同様の構造のリングヘッドと、一つの主磁極によって記録媒体の面に対して垂直方向の磁界を印加する単磁極ヘッドとがある。単磁極ヘッドを用いる場合には、記録媒体としては一般的に、基板の上に軟磁性層と磁気記録層とを積層した2層媒体が用いられる。

10

【0005】

ところで、近年の高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドではトラック幅の縮小が望まれている。そのため、上記単磁極ヘッドにおいても主磁極の幅の縮小が望まれている。しかしながら、従来、主磁極の幅の縮小を妨げる以下の2つの問題点があった。

【0006】

第1の問題点は、主磁極の幅を例えば0.5 μm以下とするような主磁極の高精度のパターニングが困難なことである。すなわち、主磁極は、例えば、フォトリソグラフィ技術によって形成されたレジストフレームを用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって形成される。ところが、従来、主磁極は、コイルを覆って盛り上がった絶縁層の上に形成されるため、レジストフレームも凹凸の高低差の大きな絶縁層の上に形成されることになる。この場合、レジストの膜厚を均一にすることは難しいため、レジストフレームを精度よくパターニングすることが難しい。そのため、主磁極の高精度のパターニングが困難になる。

20

【0007】

第2の問題点は、主磁極の幅を縮小すると、磁束が主磁極の先端に到達する前に飽和してしまい、媒体対向面において主磁極の先端より発生される磁界が小さくなることである。

【0008】

従来、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドにおいても同様な問題点があった。この問題点を解決するために、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドでは、一方の磁性層を、媒体対向面に露出する磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、この磁極部分層へ磁束を導くヨーク部分層とに分けた構造が多く採用されている。この構造によれば、磁極部分層の飽和磁束密度をヨーク部分層の飽和磁束密度よりも大きくすることで磁束を効率的に磁極部分の先端まで導くことが可能になり、且つ幅の小さな磁極部分を形成することが可能になる。

30

【0009】

従来、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドでは、一方の磁性層を磁極部分層とヨーク部分層とに分けた構造とする場合、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な結合は、磁極部分層のギャップ部とは反対側の面でのみ行われることが多かった。しかし、この構造では、磁極部分層とヨーク部分層との結合部分の面積が小さいため、結合部分で磁束が飽和しやすく、特に近年の書き込み磁界の増大の要求に応えることができない。そこで、特開平11-102506号公報、特開2000-57522号公報、特開2000-67413号公報等に示されるように、磁極部分層のギャップ部とは反対側の面のみならず、磁極部分層の側面や磁極部分層の媒体対向面とは反対側の面でも、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な結合を行わせる構造の薄膜磁気ヘッドが提案されている。

40

【0010】

一方、垂直記録方式用の薄膜磁気ヘッドに関しては、「日経エレクトロニクス2000年9月25日号（no.779），p.206」における図2に、単磁極ヘッドの構造の一例が示されている。ここで、図50を参照して、この単磁極ヘッドの構成について簡単に説明する。この単磁極ヘッドは、再生ヘッドにおけるシールド層を兼ねた補助磁極108と、この補助磁極108の上において薄膜コイル110を形成すべき位置に形成された絶

50

縁層 109A と、この絶縁層 109A の上に形成された薄膜コイル 110 と、この薄膜コイル 110 を覆う絶縁層 109B とを備えている。絶縁層 109A には、媒体対向面（図 50 における右側の端面）から離れた位置において、コンタクトホール 109a が形成されている。単磁極ヘッドは、更に、コンタクトホール 109a が形成された位置において補助磁極 108 の上に形成された磁性材料よりなる連結部 114 と、絶縁層 109A および絶縁層 109B を覆うように、連結部 114 の周囲に形成された絶縁層 109C と、この絶縁層 109C の上に形成された主磁極 115 と、この主磁極 115 を覆う保護層 117 とを備えている。主磁極 115 は、一端部は媒体対向面（図 50 における右側の端面）に露出し、他端部は連結部 114 に接続されている。

【0011】

なお、図 50 に示したような構成と同等の構成の単磁極ヘッドは、特開平 7 - 161019 号公報にも開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

垂直磁気記録方式用のヘッドでは、記録媒体の面に対して垂直な方向の磁界を大きくすることが重要である。しかしながら、前記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドは、いずれも、構造上、長手記録方式用のヘッドであり、垂直記録方式には適していない。具体的に説明すると、各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、トラック方向についてのギャップ部の長さが短いと共に、ヨーク部分層はコイルを迂回するように配置され、必ず磁極部分層のギャップ部とは反対側の面に対して磁氣的に接続される。そのため、各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界が小さくなるという問題点がある。

【0013】

一方、図 50 に示したような垂直磁気記録方式用の単磁極ヘッドでは、主磁極を構成する磁性層が薄く、単層で形成されている。従って、この構造の単磁極ヘッドでは、主磁極を構成する磁性層の途中で磁束が飽和しやすく、媒体対向面において主磁極より発生される磁界が小さくなるという問題点がある。また、この単磁極ヘッドでは、媒体対向面において主磁極より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくするためには、ギャップ部の長さ、すなわち主磁極と補助磁極との間の距離を大きくする必要がある。そのため、この単磁極ヘッドでは、コイルと主磁極との間の距離が大きくなり、主磁極が、コイルから発生される磁界を効率よく吸収することができず、この点からも、媒体対向面において主磁極より発生される、記録媒体の面に対して垂直な方向の磁界が小さくなるという問題点がある。また、この単磁極ヘッドでは、記録媒体の面に対して垂直な方向の磁界を大きくするためにギャップ部の長さを大きくすると、磁路長が長くなって、高周波特性が悪化するという問題点がある。

【0014】

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、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができるようにした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。

【0015】

【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媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第 1 および第 2 の磁性層の間に、第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、

10

20

30

40

50

第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分層と第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも、第1の磁性層から離れた位置に配置され、ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続され、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されているものである。

【0016】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも第1の磁性層から離れた位置に配置され、ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。また、本発明では、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されているので、ヨーク部分層と薄膜コイルとの間の距離が小さくなり、これにより、薄膜コイルから発生される磁界を効率よく吸収することが可能になる。

【0017】

本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面の少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているもよい。

【0018】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部は、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づいていてもよい。

【0019】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、磁極部分層のギャップ層側の端部とヨーク部分層のギャップ層側の端部は、段差なく連続していてもよい。

【0020】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層とヨーク部分層との接続面の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾いていてもよい。

【0021】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層の厚みは磁極部分層の厚みよりも大きくてもよい。

【0022】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているもよい。この場合、薄膜磁気ヘッドは、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備え、ヨーク部分層は、非磁性層を介して磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に隣接し、非磁性層を介して磁極部分層に磁氣的に接続されているもよい。

【0023】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているもよい。

【0024】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の

10

20

30

40

50

飽和磁束密度以上であってもよい。

【0025】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えていてもよい。

【0026】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いられるものであってもよい。

【0027】

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媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分層と第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有する薄膜磁気ヘッドを製造する方法であって、

第1の磁性層を形成する工程と、

薄膜コイルを形成する工程と、

ギャップ層を形成する工程と、

第2の磁性層を形成する工程とを備え、

磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも第1の磁性層から離れた位置に配置され、

ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続され、

磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されるものである。

【0028】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも第1の磁性層から離れた位置に配置され、ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されるので、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。また、本発明では、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されるので、ヨーク部分層と薄膜コイルとの間の距離が小さくなり、これにより、薄膜コイルから発生される磁界を効率よく吸収することが可能になる。

【0029】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、第2の磁性層を形成する工程は、ギャップ層の上に、磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、被エッチング層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程と、マスクを用いて、ドライエッチングによって、被エッチング層を選択的にエッチングして磁極部分層の外形を決定すると共に、ギャップ層の一部をエッチングして、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層の下地の形状を決定する工程と、下地の上にヨーク部分層の少なくとも一部を形成する工程とを含んでいてもよい。

【0030】

磁極部分層の外形を決定すると共にヨーク部分層の下地の形状を決定する工程は、下地の上面が、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づくように、下地の形状を決定してもよい。

【0031】

10

20

30

40

50

また、磁極部分層の外形を決定すると共にヨーク部分層の下地の形状を決定する工程は、磁極部分層のヨーク部分層に接続される面の少なくとも一部が、磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾くように、磁極部分層の外形を決定してもよい。

【0032】

【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。

[第1の実施の形態]

図1は本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図1は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図1において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図2は図1のA-A線断面の一例を示す断面図、図3は図1のA-A線断面の他の例を示す断面図である。図4は図1に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。図5は図1に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

10

【0033】

図1ないし図3に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、アルティック($Al_2O_3 \cdot TiC$)等のセラミック材料よりなる基板1と、この基板1の上に形成されたアルミナ(Al_2O_3)等の絶縁材料よりなる絶縁層2と、この絶縁層2の上に形成された磁性材料よりなる下部シールド層3と、この下部シールド層3の上に、絶縁層4を介して形成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の上に絶縁層4を介して形成された磁性材料よりなる上部シールド層6とを備えている。下部シールド層3および上部シールド層6の厚みは、それぞれ例えば1~2 μm である。

20

【0034】

MR素子5の一端部は、媒体対向面(エアベアリング面)ABS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。

【0035】

薄膜磁気ヘッドは、更に、上部シールド層6の上に形成された非磁性層7と、この非磁性層7の上に形成された磁性材料よりなる第1の磁性層8と、この第1の磁性層8において薄膜コイル10を形成すべき位置に形成された絶縁層9Aと、この絶縁層9Aの上に形成された薄膜コイル10と、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填された絶縁層9Bとを備えている。絶縁層9Aには、媒体対向面ABSから離れた位置において、コンタクトホール9aが形成されている。

30

【0036】

第1の磁性層8の厚みは例えば1~2 μm である。第1の磁性層8を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。また、第1の磁性層8は、2つ以上の層で構成してもよい。

【0037】

絶縁層9Aは、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、その厚みは例えば0.1~1 μm である。

40

【0038】

薄膜コイル10は、銅等の導電性の材料よりなり、その巻線の厚みは例えば0.3~2 μm である。薄膜コイル10の巻数は任意であり、巻線のピッチも任意である。

【0039】

絶縁層9Bは、形成時に流動性を有する非導電性且つ非磁性の材料よりなる。具体的には、絶縁層9Bは、例えば、フォトレジスト(感光性樹脂)のような有機系の非導電性非磁性材料によって形成してもよいし、塗布ガラスよりなるスピノンガラス(SOG)膜で形成してもよい。

【0040】

薄膜磁気ヘッドは、更に、コンタクトホール9aが形成された位置において第1の磁性層

50

8の上に形成された磁性材料よりなる連結部14Cと、薄膜コイル10、絶縁層9Aおよび絶縁層9Bを覆うように形成された絶縁層9Cとを備えている。連結部14Cは、後述する第2の磁性層14の一部となる。薄膜コイル10は、連結部14Cの回りに巻回されている。

【0041】

連結部14Cの形状は、例えば、厚みが2~4 μm 、奥行き(媒体対向面ABSに垂直な方向の長さ)が2~10 μm 、幅が5~20 μm である。連結部14Cを構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0042】

絶縁層9Cは、絶縁層9Bよりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた非導電性且つ非磁性の材料よりなる。このような材料としては、アルミナやシリコン酸化物(SiO_2)等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。媒体対向面ABSにおける絶縁層9Aおよび絶縁層9Cの合計の厚みは、例えば2~4 μm である。

【0043】

絶縁層9A, 9B, 9Cは、第1の磁性層8と後述する第2の磁性層14との間に設けられるギャップ層9を構成する。

【0044】

薄膜磁気ヘッドは、絶縁層9Cの上に形成された磁性材料よりなる第2の磁性層14を備えている。第2の磁性層14は、前述の連結部14Cと、磁極部分を含む磁極部分層14Aと、ヨーク部分となり、連結部14Cを介して磁極部分層14Aと第1の磁性層8とを磁氣的に接続するヨーク部分層14Bとを有している。磁極部分層14Aは、媒体対向面ABSから連結部14Cにかけて、絶縁層9Cの上に形成されている。また、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面は、薄膜コイル10の第2の磁性層14側の面よりも第1の磁性層8から離れた位置に配置されている。連結部14Cの第1の磁性層8とは反対側の端部(以下、上端部と言う。)は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面に磁氣的に接続されている。

【0045】

ヨーク部分層14Bは、媒体対向面ABSから離れた所定の位置から連結部14Cにかけて、絶縁層9Cの上に形成されている。図2または図3に示したように、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aの幅方向の両側面において、磁極部分層14Aに対して磁氣的に接続されている。

【0046】

本実施の形態では、図2または図3に示したように、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面ABSに平行な断面において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部よりも第1の磁性層8に近い位置に配置されている。図2に示した例では、上記断面中の磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部よりも第1の磁性層8に近い位置に配置されている。すなわち、上記断面において、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部との間には段差が生じている。一方、図3に示した例では、上記断面において、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部は、段差なく連続している。

【0047】

薄膜磁気ヘッドは、更に、磁極部分層14Aの上に形成された非磁性層15を備えている。非磁性層15は、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面の全面に接している。薄膜磁気ヘッドは、更に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、第2の磁性層14を覆うように形成された保護層17を備えている。

【0048】

10

20

30

40

50

磁極部分層 14A の厚みは、好ましくは $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ であり、更に好ましくは $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ である。

【0049】

図4に示したように、磁極部分層 14A は、媒体対向面 A B S 側に配置された第1の部分 14A₁ と、この第1の部分 14A₁ よりも媒体対向面 A B S から離れた位置に配置された第2の部分 14A₂ とを含んでいる。第1の部分 14A₁ は、第2の磁性層 14 における磁極部分となる。第1の磁性層 8 における磁極部分は、第1の磁性層 8 のうちギャップ層 9 を介して上記第1の部分 14A₁ に対向する部分を含む。

【0050】

第1の部分 14A₁ は、トラック幅と等しい幅を有している。すなわち、第1の部分 14A₁ の媒体対向面 A B S における幅がトラック幅を規定している。第2の部分 14A₂ の幅は、第1の部分 14A₁ との境界位置では第1の部分 14A₁ の幅と等しく、その位置から媒体対向面 A B S より遠ざかる程、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。ヨーク部分層 14B は、第2の部分 14A₂ のうちの幅が一定の部分の両側面に接するように配置されている。

【0051】

第1の部分 14A₁ の媒体対向面 A B S における幅、すなわちトラック幅は、好ましくは $0.5 \mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $0.3 \mu\text{m}$ 以下である。ヨーク部分層 14B が接する部分における第2の部分 14A₂ の幅は、第1の部分 14A₁ の媒体対向面 A B S における幅よりも大きく、例えば $2 \mu\text{m}$ 以上である。

【0052】

ヨーク部分層 14B の厚みは、例えば $1 \sim 2 \mu\text{m}$ である。ヨーク部分層 14B は、図2または図3に示したように、磁極部分層 14A の幅方向の両側面に磁氣的に接続されている。また、ヨーク部分層 14B の媒体対向面 A B S 側の端部は、媒体対向面 A B S から例えば $1.5 \mu\text{m}$ 以上離れた位置に配置されている。

【0053】

磁極部分層 14A の飽和磁束密度は、ヨーク部分層 14B の飽和磁束密度以上となっている。磁極部分層 14A を構成する磁性材料としては、飽和磁束密度が 1.4T 以上の高飽和磁束密度材を用いるのが好ましい。高飽和磁束密度材としては、鉄および窒素原子を含む材料、鉄、ジルコニアおよび酸素原子を含む材料、鉄およびニッケル元素を含む材料等を用いることができる。具体的には、高飽和磁束密度材としては、例えば、NiFe (Ni : 45重量%, Fe : 55重量%)、FeN やその化合物、Co系アモルファス合金、Fe-Co、Fe-M (必要に応じてO (酸素原子) も含む。)、Fe-Co-M (必要に応じてO (酸素原子) も含む。) のうちの少なくとも1種類を用いることができる。ここで、M は、Ni, N, C, B, Si, Al, Ti, Zr, Hf, Mo, Ta, Nb, Cu (いずれも化学記号) の中から選択された少なくとも1種類である。

【0054】

ヨーク部分層 14B を構成する磁性材料としては、例えば、飽和磁束密度が 1.0T 程度となる鉄およびニッケル元素を含む材料を用いることができる。このような材料は、耐食性に優れ、且つ磁極部分層 14A を構成する材料よりも高抵抗である。また、このような材料を用いることにより、ヨーク部分層 14B の形成が容易になる。

【0055】

また、ヨーク部分層 14B を構成する磁性材料としては、磁極部分層 14A を構成する磁性材料と同じ組成系のものを用いることもできる。この場合には、ヨーク部分層 14B の飽和磁束密度を、磁極部分層 14A の飽和磁束密度よりも小さくするために、ヨーク部分層 14B を構成する磁性材料としては、磁極部分層 14A を構成する磁性材料に比べて、鉄原子の組成比の小さい材料を用いるのが好ましい。

【0056】

非磁性層 15 の平面的な形状は、磁極部分層 14A と同様である。また、非磁性層 15 は、媒体対向面 A B S に露出している。非磁性層 15 の厚みは、好ましくは $0.5 \mu\text{m}$ 以下

である。また、非磁性層 15 は、省くことも可能である。

【0057】

非磁性層 15 を構成する材料としては、例えば、チタンまたはタンタルを含む材料（合金および酸化物を含む。）や、アルミナやシリコン酸化物（ SiO_2 ）等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。また、磁極部分層 14A をドライエッチングによって形成する場合には、非磁性層 15 を構成する材料として、磁極部分層 14A を構成する材料、およびギャップ層 9 のうちの磁極部分層 14A に接する絶縁層 9C を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料を用いるのが好ましい。このような材料としては、例えばチタンまたはタンタルを含む材料（合金および酸化物を含む。）を用いることができる。

10

【0058】

図 5 に示したように、媒体対向面 A B S に露出する磁極部分層 14A の面の形状は、記録媒体の進行方向 T の後側（スライダにおける空気流入端側）に配置される下辺が上辺よりも小さい台形であることが好ましい。また、磁極部分層 14A のギャップ層 9 側の面と、媒体対向面 A B S に露出する磁極部分層 14A の面における側辺とのなす角度は $92 \sim 110^\circ$ が好ましい。

【0059】

以上説明したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面 A B S と再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えている。再生ヘッドは、再生素子としての MR 素子 5 と、媒体対向面 A B S 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 6 を備えている。

20

【0060】

記録ヘッドは、媒体対向面 A B S 側において記録媒体の進行方向 T の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面 A B S から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 14 と、非磁性材料よりなり、第 1 の磁性層 8 と第 2 の磁性層 14 との間に設けられたギャップ層 9 と、少なくとも一部が第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 14 の間に、これらの磁性層 8, 14 に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル 10 とを備えている。

【0061】

第 2 の磁性層 14 は、磁極部分を含み、媒体対向面 A B S における幅がトラック幅を規定する磁極部分層 14A と、ヨーク部分となり、連結部 14C を介して磁極部分層 14A と第 1 の磁性層 8 とを磁氣的に接続するヨーク部分層 14B と、連結部 14C とを有している。ヨーク部分層 14B は、磁極部分層 14A の幅方向の両側面に磁氣的に接続されている。また、磁極部分層 14A の飽和磁束密度は、ヨーク部分層 14B の飽和磁束密度以上となっている。

30

【0062】

本実施の形態によれば、第 2 の磁性層 14 が磁極部分層 14A とヨーク部分層 14B とを有するようにしたので、記録媒体に印加される磁界の強度を低下させることなくトラック幅を縮小することが可能になる。

40

【0063】

また、本実施の形態では、ヨーク部分層 14B は、磁極部分層 14A よりも比電気抵抗率の大きな材料で形成されている。これにより、本実施の形態に係るヘッドは、第 2 の磁性層 14 において発生する渦電流を減少させることができ、高周波特性の優れたヘッドとなる。

【0064】

また、本実施の形態では、磁極部分層 14A のギャップ層 9 側の面は、薄膜コイル 10 の第 2 の磁性層 14 側の面よりも第 1 の磁性層 8 から離れた位置に配置されている。従って、本実施の形態によれば、ギャップ層 9 の長さが大きくなり、媒体対向面 A B S において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒

50

体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。

【0065】

また、本実施の形態によれば、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aの幅方向の両側面に磁氣的に接続されているので、媒体対向面ABSにおいて磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。

【0066】

また、本実施の形態では、図2または図3に示したように、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面ABSに平行な断面において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部よりも第1の磁性層8に近い位置に配置されている。これにより、本実施の形態によれば、ヨーク部分層14Bと薄膜コイル10との間の距離が小さくなり、ヨーク部分層14Bによって、薄膜コイル10から発生される磁界を効率よく吸収することが可能になる。

10

【0067】

これらのことから、本実施の形態によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができる。本実施の形態において、磁極部分層14Aに高飽和磁束密度材を用いた場合には、特に、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができ、保磁力の大きな記録媒体への記録も可能となる。

【0068】

ところで、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面ABSに平行な断面において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部の少なくとも一部を、途中で段差が生じるように第1の磁性層8に近づけると、ヨーク部分層14Bにおいて段差の部分で磁束の漏れが生じるおそれがある。これに対し、本実施の形態では、図2または図3に示したように、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に第1の磁性層8に近づいている。従って、本実施の形態によれば、ヨーク部分層14Bにおける磁束の漏れを防止して、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができる。

20

【0069】

また、図2に示した例では、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面ABSに平行な断面において、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部との間に段差が生じている。この場合、ヨーク部分層14Bと磁極部分層14Aとの間の段差の部分で磁束の漏れが生じるおそれがある。これに対し、図3に示した例では、上記断面において、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部とヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部は段差なく連続している。図3に示した例によれば、ヨーク部分層14Bと磁極部分層14Aとの間の段差の部分で磁束の漏れを防止して、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができる。従って、図2に示した例よりも図3に示した例の方が好ましい。

30

【0070】

また、本実施の形態では、図2または図3に示したように、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの接続面の少なくとも一部は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面に垂直な方向に対して傾いている。従って、本実施の形態によれば、上記接続面が磁極部分層14Aのギャップ層9側の面に垂直な場合に比べて接続面の面積が大きくなり、接続面を介してヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへ効率よく磁束を導くことが可能になる。

40

【0071】

本実施の形態において、上記接続面は、この接続面と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とのなす角度が90°を超えるように傾いているのが好ましい。また、本実施の形態において、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aの面の形状は、記録媒体の進

50

行方向Tの後側(スライダにおける空気流入端側)に配置される下辺が上辺よりも小さい台形形状とするのが好ましい。すなわち、媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面における磁極部分層14Aの幅方向の各辺が、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面となす角度は90°を超えているのが好ましい。これにより、薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いた場合には、スキュー角が生じたときの記録トラック幅の変化を抑えることができる。磁極部分層14Aの両側面、および媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面における磁極部分層14Aの幅方向の各辺が、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面となす角度は、全て92°~110°であることが好ましい。

【0072】

ここで、図2および図3に示したように、図1におけるA-A線断面と、ヨーク部分層14Bと磁極部分層14Aとの接続面を含む断面とが交差してできる直線上において、ヨーク部分層14Bのギャップ層9とは反対側の端部の位置を点a、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部の位置を点b、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部の位置を点c、ヨーク部分層14Bのギャップ層9側の端部の位置を点dとする。

【0073】

本実施の形態では、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁気的な接続部分と交わり、媒体対向面ABSに平行な断面において、ヨーク部分層14Bの厚みは磁極部分層14Aの厚みよりも大きくなっている。すなわち、図2または図3に示した断面において、線分adの長さは線分bcの長さよりも大きい。このような構成により、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの接続部分の近傍において、ヨーク部分層14B側での磁束の飽和を防止することができる。これにより、ヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへ効率よく磁束を導くことが可能になり、その結果、磁極部分層14Aの媒体対向面側の端部より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることが可能になる。

【0074】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いるのに適している。この薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合、第2の磁性層14の磁極部分層14Aにおける第1の部分14A₁が主磁極となり、第1の磁性層8の磁極部分が補助磁極となる。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合には、記録媒体としては2層媒体と単層媒体のいずれをも使用することが可能である。

【0075】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、記録媒体の面に垂直な方向の磁界は長手方向の磁界よりも大きく、ヘッドが発生する磁気エネルギーを効率よく、記録媒体に伝達することができる。従って、この薄膜磁気ヘッドによれば、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができる。

【0076】

図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、第1の磁性層8を記録媒体の進行方向Tの後側(薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流入端側)に配置し、第2の磁性層14を記録媒体の進行方向Tの前側(薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流出端側)に配置するのが好ましい。しかし、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合には、第1の磁性層8と第2の磁性層14の配置は、上記の配置とは逆でもよい。

【0077】

また、図4に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから離れた位置に配置されている。これにより、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端部より発生される磁界によって記録媒体に情報の書き込みが生じることを防止することができる。

【0078】

また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面の全面に接する非磁性層15を備えている。非磁性層15がない場合には、磁極部分層14Aをドライエッチングによって形成する際や、ヨーク部

10

20

30

40

50

分層 1 4 B を電気めっき法によって形成する際に、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面がダメージを受け、この面に例えば 0 . 1 ~ 0 . 3 μ m 程度の凹凸が生じる。本実施の形態では、非磁性層 1 5 を設けていることから、磁極部分層 1 4 A をドライエッチングによって形成する際や、ヨーク部分層 1 4 B を電気めっき法によって形成する際に、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面がダメージを受けることを防止でき、その面を平坦にすることができる。

【 0 0 7 9 】

また、本実施の形態では、非磁性層 1 5 が媒体対向面 A B S に露出しているため、媒体対向面 A B S において、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の端部を平坦に保つことができる。これにより、媒体対向面 A B S において磁極部分層 1 4 A より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができる。その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

10

【 0 0 8 0 】

また、非磁性層 1 5 を、磁極部分層 1 4 A を構成する材料、およびギャップ層 9 のうちの磁極部分層 1 4 A と接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料で構成した場合には、磁極部分層 1 4 A をドライエッチングによって形成する際に、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面がダメージを受けることを防止することができる。

【 0 0 8 1 】

また、図 1 に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイル 1 0 のうち第 1 の磁性層 8 と第 2 の磁性層 1 4 の間に配置された部分は、第 1 の磁性層 8 と第 2 の磁性層 1 4 の中間の位置よりも第 1 の磁性層 8 に近い位置に配置されている。これにより、第 2 の磁性層 1 4 よりも体積の大きな第 1 の磁性層 8 によって、薄膜コイル 1 0 から発生する磁界を効率よく吸収でき、薄膜コイル 1 0 が第 2 の磁性層 1 4 に近い場合に比べて、第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 1 4 における磁界の吸収率を高めることができる。

20

【 0 0 8 2 】

また、図 1 に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 9 は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイル 1 0 の巻線間に充填された第 1 の部分（絶縁層 9 B）と、この第 1 の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、薄膜コイル 1 0 および第 1 の部分を覆い、第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 1 4 に接する第 2 の部分（絶縁層 9 A , 9 C）とを有している。ギャップ層 9 の第 2 の部分は、媒体対向面 A B S に露出している。薄膜コイル 1 0 の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填することは、スパッタリング法では困難であるが、有機系の材料のように流動性を有する非磁性材料を用いた場合には容易である。しかし、有機系の材料は、ドライエッチングに対する耐性、耐食性、耐熱性、剛性等の点で信頼性に乏しい。本実施の形態では、上述のように、形成時に流動性を有する材料によって薄膜コイル 1 0 の巻線間に充填された第 1 の部分（絶縁層 9 B）を形成し、この第 1 の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料によって、薄膜コイル 1 0 および第 1 の部分を覆い、第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 1 4 に接する第 2 の部分（絶縁層 9 A , 9 C）を形成するようにしたので、薄膜コイル 1 0 の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填でき、且つギャップ層 9 の信頼性を高めることができる。

30

40

【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、再生素子としての M R 素子 5 を備えている。これにより、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができる。また、M R 素子 5 は、シールド層 3 , 6 によってシールドされているので、再生時の分解能を向上させることができる。

【 0 0 8 4 】

次に、図 6 ないし図 2 3 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、図 6、図 8、図 1 0、図 1 2、図 1 4、図 1 6、図 1 8、図 2 0 お

50

よび図 2 2 は、媒体対向面および基板の面に垂直な断面を表している。また、図 7、図 9、図 1 1、図 1 3、図 1 5、図 1 7、図 1 9、図 2 1 および図 2 3 は、図 1 における A - A 線断面に対応する断面を表している。

【 0 0 8 5 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、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 の上に、絶縁層 4 の一部となる絶縁膜を形成し、この絶縁膜の上に M R 素子 5 と、この M R 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、M R 素子 5 およびリードを、絶縁層 4 の他の一部となる新たな絶縁膜で覆い、M R 素子 5 およびリードを絶縁層 4 内に埋設する。

10

【 0 0 8 6 】

次に、絶縁層 4 の上に上部シールド層 6 を形成し、その上に非磁性層 7 を形成する。次に、この非磁性層 7 の上に、第 1 の磁性層 8 を所定の形状に形成する。次に、図示しないが、非磁性層 7 および第 1 の磁性層 8 をアルミナ等の非磁性材料で覆い、第 1 の磁性層 8 が露出するまで非磁性材料を研磨して、第 1 の磁性層 8 の上面を平坦化する。なお、図 6 ないし図 2 3 では、基板 1 ないし非磁性層 7 を省略している。

【 0 0 8 7 】

次に、図 6 および図 7 に示したように、第 1 の磁性層 8 の上に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料をスパッタして、絶縁層 9 A を形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術とを用いて、連結部 1 4 C を形成すべき位置において、絶縁層 9 A にコンタクトホール 9 a を形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、絶縁層 9 A の上に薄膜コイル 1 0 を形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術を用いて、少なくとも薄膜コイル 1 0 の巻線間に充填される絶縁層 9 B を形成する。

20

【 0 0 8 8 】

次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、コンタクトホール 9 a が形成された位置において第 1 の磁性層 8 の上に連結部 1 4 C を形成する。連結部 1 4 C の厚みは、例えば 2 ~ 4 μm とする。次に、スパッタ法を用いて、薄膜コイル 1 0、絶縁層 9 A、絶縁層 9 B および連結部 1 4 C を覆うように絶縁層 9 C を形成する。この時点における絶縁層 9 C の厚みは、連結部 1 4 C を十分に覆うことができる厚みであればよく、例えば 5 μm とする。

30

【 0 0 8 9 】

次に、図 8 および図 9 に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、絶縁層 9 C および連結部 1 4 C の上面を平坦化する。この時点で、第 1 の磁性層 8 の上面から絶縁層 9 C および連結部 1 4 C の上面までの距離は、例えば 2 ~ 4 μm とする。また、媒体対向面における絶縁層 9 A および絶縁層 9 C の厚みの総和は、記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）のギャップ長となる。

【 0 0 9 0 】

次に、図 1 0 および図 1 1 に示したように、絶縁層 9 C および連結部 1 4 C の上に、磁極部分層 1 4 A を構成する材料よりなる被エッチング層 1 4 A e を形成する。被エッチング層 1 4 A e の厚みは、好ましくは 0 . 1 ~ 0 . 8 μm とし、更に好ましくは 0 . 3 ~ 0 . 8 μm とする。被エッチング層 1 4 A e の形成方法は、電気めっき法でもよいし、スパッタ法でもよい。被エッチング層 1 4 A e の表面の粗さが大きい場合（例えば、算術平均粗さ R a が 1 2 オングストローム以上の場合）の場合は、化学機械研磨等によって被エッチング層 1 4 A e の表面を研磨して平坦化することが好ましい。

40

【 0 0 9 1 】

次に、被エッチング層 1 4 A e の上に、非磁性層 1 5 e を形成する。非磁性層 1 5 e の厚みは、好ましくは 0 . 5 μm 以下とする。

【 0 0 9 2 】

次に、図示しないが、非磁性層 1 5 e の上に、スパッタ法により、電気めっき法のための

50

電極層を形成する。この電極層の厚みは $0.1\ \mu\text{m}$ 以下とし、材料は例えば鉄 - ニッケル合金とする。

【0093】

次に、図12および図13に示したように、上記電極層の上に、磁極部分層14Aおよび非磁性層15の形状を決定するためのマスク32を形成する。このマスク32の厚みは $0.3\sim 4\ \mu\text{m}$ とし、材料は例えば鉄 - ニッケル合金とする。マスク32の材料は、後で行われるドライエッチングに対する耐性に優れた材料であることが好ましい。マスク32の材料が鉄 - ニッケル合金の場合には、マスク32の形成方法としては、例えばフレームめっき法が用いられる。また、マスク32はフォトリソグラフィによって形成してもよい。この場合には、マスク32はフォトリソグラフィ技術を用いて形成される。

10

【0094】

次に、図14および図15に示したように、マスク32を用いて、イオンミリング等のドライエッチング技術によって、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14Aの外形を決定すると共に、絶縁層9Cの一部をエッチングして、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁気的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層14Bの下地の形状を決定する。また、このエッチングにより、媒体対向面における磁極部分層14Aの幅を、トラック幅の規格に一致するように規定してもよい。

【0095】

本実施の形態では、上記のエッチングの際に、磁極部分層14Aの媒体対向面ABSとは反対側の端面（以下、後端面と言う。）および両側面の少なくとも一部に傾斜を付ける。このとき、媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面の形状も決定する。上記各面に傾斜を付ける方法としては、例えば、エッチング方法としてイオンミリングを用いる場合には、イオンの照射方向を基板の面（非磁性層15および磁極部分層14Aの面）に垂直な方向に対して傾いた方向から照射する方法が挙げられる。磁極部分層14Aの後端面と両側面、および媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面における磁極部分層14Aの幅方向の各辺が、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面となす角度は、全て $92\sim 110^\circ$ であることが好ましい。この場合には、一度のエッチングで同時に、磁極部分層14Aの後端面と両側面、および媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面の形状を決定することができる。

20

30

【0096】

エッチングは、図15に示した絶縁層9Cの斜面上端が、磁極部分層14Aの両側面と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とが交わる位置と一致したところで終了するとよい。このとき、マスク32は、残っていてもよいし、不要ならば除去してもよい。また、このエッチングによって、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁気的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層14Bの下地の上面が、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に第1の磁性層8に近づくように、下地の形状が決定される。

【0097】

次に、図示しないが、非磁性層15および絶縁層9Cの上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。この電極層の厚みは $0.1\ \mu\text{m}$ 以下とし、材料は例えば鉄 - ニッケル合金とし、下地にTi（チタン）を成膜してもよい。

40

【0098】

次に、図16および図17に示したように、上記電極層の上に、フォトリソグラフィによって、ヨーク部分層14Bの形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム35を形成する。

【0099】

次に、図18および図19に示したように、レジストフレーム35を用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって、電極層の上にヨーク部分層14Bを形成する。次に、レジストフレーム35を除去する。なお、ヨーク部分層14Bは、リフトオフ法を用いて形成することも可能であるが、ヨーク部分層14Bの形状を下地の形状に追従させるため

50

には電気めっき法を用いるのが最も好ましい。

【0100】

次に、図示しないが、電極層のうち、ヨーク部分層14Bの下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する。

【0101】

次に、図20および図21に示したように、非磁性層15およびヨーク部分層14Bを覆うように保護層17Aを形成する。保護層17Aの厚みは、積層面における凹凸の高低差の1.5~2倍程度が好ましい。

【0102】

次に、図22および図23に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、非磁性層15が露出するまで保護層17Aを研磨して、ヨーク部分層14Bのギャップ層9とは反対側の面のうち、少なくとも磁極部分層14Aに対して磁氣的に接続される部分の近傍を、非磁性層15のギャップ層9とは反対側の面および保護層17Aの上面と共に平坦化する。

10

【0103】

次に、図1に示したように、積層面の全体を覆うように保護層17Bを形成する。次に、保護層17Bの上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0104】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドと同様の作用、効果の他に、以下のような作用、効果が得られる。

20

【0105】

本実施の形態において、被エッチング層14Aeを形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層14Aeの上面を平坦化した場合には、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部を完全に平坦化することができる。これにより、媒体対向面ABSにおいて磁極部分層14Aより発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

【0106】

また、本実施の形態では、被エッチング層14Aeを形成する工程の前に、研磨により、被エッチング層14Aeの下地となる絶縁層9Cおよび連結部14Cの上面を平坦化している。これにより、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部を平坦化することができる。また、被エッチング層14Aeをスパッタ法によって形成する場合には、被エッチング層14Aeの成膜時の膜厚均一性がよいため、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部も平坦化することができる。これらのことから、媒体対向面ABSにおいて磁極部分層14Aより発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

30

【0107】

また、本実施の形態において、磁極部分層14Aを形成する工程は、被エッチング層14Aeを形成し、被エッチング層14Aeの上に非磁性層15eを形成し、非磁性層15eの上に、磁極部分層14Aの形状に対応したマスク32を形成し、このマスク32を用いて、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、磁極部分層14Aの外形を決定している。従って、本実施の形態によれば、被エッチング層14Aeの上面を非磁性層15eで保護した状態で磁極部分層14Aの外形を決定できるので、媒体対向面において磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部の平坦性を維持することができる。

40

【0108】

また、本実施の形態では、マスク32を用いて、ドライエッチングによって、被エッチング層14Aeを選択的にエッチングして磁極部分層14Aの外形を決定すると共に、絶縁層9Cの一部をエッチングして、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接

50

続部分の近傍におけるヨーク部分層 1 4 B の下地の形状を決定している。従って、本実施の形態によれば、簡単に、磁極部分層 1 4 A の外形と、磁極部分層 1 4 A とヨーク部分層 1 4 B との磁気的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層 1 4 B の下地の形状とを決定することができる。

【 0 1 0 9 】

また、本実施の形態において、ドライエッチングに対する耐性に優れたマスク 3 2 を用いた場合には、磁極部分層 1 4 A を構成する材料がドライエッチングに対する耐性に優れている場合でも、マスク 3 2 を用いたドライエッチングによって磁極部分層 1 4 A の外形を決定することが可能になる。

【 0 1 1 0 】

また、本実施の形態において、ヨーク部分層 1 4 B を形成する工程は、電気めっき法によってヨーク部分層 1 4 B を形成してもよい。この場合には、ヨーク部分層 1 4 B を容易に形成できると共に、ヨーク部分層 1 4 B を、その下地の形状によく追従した形状に形成することが可能になる。

【 0 1 1 1 】

なお、本実施の形態では、非磁性層 1 5 を設けずに、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面を保護層 1 7 A の上面と共に平坦化してもよい。この場合、磁極部分層 1 4 A の形成方法は、実施の形態において説明した方法に限定されず、例えば、フレームめっき法等によって形成してもよい。また、磁極部分層 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面の平坦化工程において、磁極部分層 1 4 A の厚みが実施の形態において挙げた磁極部分層 1 4 A の範囲内に入るようにするとよい。

【 0 1 1 2 】

[第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。まず、図 2 4 ないし図 2 6 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図 2 4 は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図 2 4 は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図 2 4 において記号 T で示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図 2 5 は図 2 4 の B - B 線断面図である。図 2 6 は図 2 4 に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【 0 1 1 3 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層 1 4 A は、媒体対向面 A B S から、媒体対向面 A B S と連結部 1 4 C との間の所定の位置にかけて、絶縁層 9 C の上に形成されている。本実施の形態において、ヨーク部分層 1 4 B は、連結部 1 4 C の上端部と磁極部分層 1 4 A の後端面とを磁気的に接続する。ヨーク部分層 1 4 B のギャップ層 9 とは反対側の面のうち、磁極部分層 1 4 A の後端面および幅方向の両側面において磁極部分層 1 4 A に対して磁気的に接続される部分の近傍は、非磁性層 1 5 のギャップ層 9 とは反対側の面および保護層 1 7 A の上面と共に平坦化されている。

【 0 1 1 4 】

次に、図 2 7 ないし図 3 2 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。図 2 7 ないし図 3 2 は、媒体対向面および基板の面に垂直な断面を表している。なお、図 2 7 ないし図 3 2 では、基板 1 ないし非磁性層 7 を省略している。

【 0 1 1 5 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図 1 0 および図 1 1 に示したように、非磁性層 1 5 e を形成し、この非磁性層 1 5 e の上に電気めっき法のための図示しない電極層を形成する工程までは、第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 1 1 6 】

本実施の形態では、次に、図 2 7 に示したように、上記電極層の上に、本実施の形態における磁極部分層 1 4 A および非磁性層 1 5 の形状を決定するためのマスク 3 2 を形成する。この状態における図 2 4 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 1 3 と同様である。

【 0 1 1 7 】

10

20

30

40

50

次に、図 28 に示したように、マスク 32 を用いて、イオンミリング等のドライエッチング技術によって、非磁性層 15 e および被エッチング層 14 A e をエッチングして、非磁性層 15 および磁極部分層 14 A の外形を決定する。この状態における図 24 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 15 と同様である。

【 0 1 1 8 】

次に、図示しないが、非磁性層 15 および絶縁層 9 C の上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。

【 0 1 1 9 】

次に、図 29 に示したように、上記電極層の上に、フォトリソストによって、ヨーク部分層 14 B の形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム 35 を形成する。この状態における図 24 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 17 と同様である。 10

【 0 1 2 0 】

次に、図 30 に示したように、レジストフレーム 35 を用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって、電極層の上にヨーク部分層 14 B を形成する。次に、レジストフレーム 35 を除去する。なお、ヨーク部分層 14 B は、リフトオフ法を用いて形成することも可能であるが、ヨーク部分層 14 B の形状を下地の形状に追従させるためには電気めっき法を用いるのが最も好ましい。この状態における図 24 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 19 と同様である。

【 0 1 2 1 】

次に、図示しないが、電極層のうち、ヨーク部分層 14 B の下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する。 20

【 0 1 2 2 】

次に、図 31 に示したように、非磁性層 15 およびヨーク部分層 14 B を覆うように保護層 17 A を形成する。この状態における図 24 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 21 と同様である。

【 0 1 2 3 】

次に、図 32 に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、非磁性層 15 が露出するまで保護層 17 A を研磨して、ヨーク部分層 14 B のギャップ層 9 とは反対側の面のうち、少なくとも磁極部分層 14 A に対して磁氣的に接続される部分の近傍を、非磁性層 15 のギャップ層 9 とは反対側の面および保護層 17 A の上面と共に平坦化する。この状態における図 24 の B - B 線断面に対応する断面図は、図 23 と同様である。 30

【 0 1 2 4 】

次に、図 24 に示したように、積層面の全体を覆うように保護層 17 B を形成する。次に、保護層 17 B の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面 A B S の研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【 0 1 2 5 】

本実施の形態では、ヨーク部分層 14 B は、磁極部分層 14 A の幅方向の両側面のみならず、磁極部分層 14 A の後端面においても、磁極部分層 14 A に対して磁氣的に接続されている。そのため、本実施の形態によれば、ヨーク部分層 14 B と磁極部分層 14 A との接続部分の面積を大きくすることができ、磁束を効率よくヨーク部分層 14 B から磁極部分層 14 A へ導くことができる。従って、本実施の形態によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができる。 40

【 0 1 2 6 】

また、本実施の形態では、被エッチング層 14 A e をドライエッチングすることによって、磁極部分層 14 A の後端面から連結部 14 C の上端部にかけて緩やかな傾斜を持つように、ヨーク部分層 14 B の下地の形状が決定される。従って、この下地の上にヨーク部分層 14 B を形成することにより、連結部 14 C と磁極部分層 14 A との間を最短距離で結ぶ磁気経路を形成することが可能になる。これにより、本実施の形態によれば、磁路長を短縮でき、高周波特性を向上させることが可能になる。

【 0 1 2 7 】

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。

【0128】

[第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。まず、図33ないし図35を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図33は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図33は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図33において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図34は図33のC-C線断面図である。図35は図33に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

10

【0129】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面において磁極部分層14Aに磁氣的に接続されていると共に、その媒体対向面ABS側の一部は非磁性層15を介して磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面に隣接し、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから例えば1.5μm以上離れた位置に配置されている。

【0130】

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図30に示したように、ヨーク部分層14Bを形成し、レジストフレーム35を除去し、電極層のうち、ヨーク部分層14Bの下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する工程までは、第2の実施の形態と同様である。本実施の形態では、次に、図33および図34に示したように、非磁性層15およびヨーク部分層14Bを覆うように、第1および第2の実施の形態における保護層17Bと同様の保護層17を形成する。次に、保護層17の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

20

【0131】

本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の一部が、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。従って、本実施の形態によれば、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bが磁氣的に接続する部分の面積が大きくなり、ヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへより効率よく磁束を導くことが可能になる。

30

【0132】

また、本実施の形態において、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの接続面は、この接続面と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とのなす角度が90°を超えるように傾いているのが好ましい。この場合には、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面において磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bが磁氣的に接続する部分の面積が大きくなり、ヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへより効率よく磁束を導くことが可能になる。

【0133】

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

40

【0134】

[第4の実施の形態]

次に、本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。まず、図36ないし図38を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図36は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図36は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図36において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図37は図36のD-D線断面図である。図38は図36に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

50

【0135】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aの幅方向の両側面において磁極部分層14Aに磁氣的に接続されていると共に、非磁性層15を介して磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面に隣接し、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから例えば1.5μm以上離れた位置に配置されている。

【0136】

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図18および図19に示したように、ヨーク部分層14Bを形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、次に、図36および図37に示したように、非磁性層15およびヨーク部分層14Bを覆うように、第1および第2の実施の形態における保護層17Bと同様の保護層17を形成する。次に、保護層17の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0137】

本実施の形態では、ヨーク部分層14Bが、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。従って、本実施の形態によれば、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bが磁氣的に接続する部分の面積が大きくなり、ヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへより効率よく磁束を導くことが可能になる。

【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】

[第5の実施の形態]

次に、本発明の第5の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。まず、図39ないし図41を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。図39は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図39は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図39において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図40は図39のE-E線断面図である。図41は図39に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【0140】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bは、第1の磁性層8と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第1層14B₁と、この第1層14B₁と磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層14B₂とを含んでいる。

【0141】

ヨーク部分層14Bの第1層14B₁は、コンタクトホール9aが形成された位置から媒体対向面ABSに向けて、絶縁層9Cの媒体対向面ABSとは反対側の端面の位置まで、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上に形成されている。コンタクトホール9aの位置における第1層14B₁の厚みは、絶縁層9Aと絶縁層9Bの合計の厚みより大きく、例えば3μm以上である。第1層14B₁の媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから例えば1.5μm以上離れた位置であって、磁極部分層14Aの後端面よりは媒体対向面ABSに近い位置に配置されている。第1層14B₁を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、高飽和磁束密度材でもよい。

【0142】

ヨーク部分層14Bの第1層14B₁における媒体対向面ABS側の一部および絶縁層9Cの上面は平坦化されている。磁極部分層14Aは、この平坦化された第1層14B₁および絶縁層9Cの上面の上に形成されている。従って、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面の一部に接し、これに対し磁氣的に接続されている。

10

20

30

40

50

【0143】

ヨーク部分層14Bの第2層14B₂は、第1層14B₁および非磁性層15の上に配置されている。第2層14B₂は、第1層14B₁と磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続されている。また、第2層14B₂の媒体対向面ABS側の一部は、非磁性層15を介して磁極部分層14Aの上面に隣接し、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の厚みは、例えば0.5~2μmである。第2層14B₂を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、高飽和磁束密度材でもよい。

【0144】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドのその他の構成は、第3の実施の形態と同様である。

10

【0145】

次に、図42ないし図49を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。図42ないし図49は、媒体対向面および基板の面に垂直な断面を表している。なお、図42ないし図49では、基板1ないし非磁性層7を省略している。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、絶縁層9Bを形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。

【0146】

本実施の形態では、次に、図42に示したように、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術(例えば電気めっき法)を用いて、コンタクトホール9aが形成された位置から媒体対向面ABSに向けて所定の位置まで、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上にヨーク部分層14Bの第1層14B₁を形成する。この時点で、第1層14B₁の形状は、例えば、厚みが3μm以上、奥行き(媒体対向面ABSに垂直な方向の長さ)が2~10μm、幅が5~20μmである。

20

【0147】

次に、図43に示したように、スパッタ法を用いて、絶縁層9A、絶縁層9Bおよびヨーク部分層14Bの第1層14B₁を覆うように絶縁層9Cを形成する。この時点で、絶縁層9Cの厚みは、第1層14B₁の厚み以上とする。

【0148】

次に、図44に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁が露出するまで絶縁層9Cの表面を研磨して、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上面を平坦化する。この時点で、第1の磁性層8の上面から絶縁層9Cの上面までの距離は、例えば3~6μmとする。

30

【0149】

次に、図45に示したように、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上に、第1の実施の形態と同様の被エッチング層14Aeおよび非磁性層15eを順に形成する。

【0150】

次に、図示しないが、非磁性層15eの上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。この電極層の厚みは0.1μm以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とする。

40

【0151】

次に、図46に示したように、上記電極層の上に、磁極部分層14Aおよび非磁性層15の形状を決定するためのマスク32を形成する。

【0152】

次に、図47に示したように、マスク32を用いて、イオンミリング等のドライエッチング技術によって、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14Aの外形を決定する。第1の実施の形態と同様に、上記のエッチングの際には、磁極部分層14Aの後端面および両側面の少なくとも一部に傾斜を付けてもよい。このとき、媒体対向面に露出する磁極部分層14Aの面の形状も決定する。マスク32は、残っていてもよいし、不要ならば除去してもよい。

50

【0153】

次に、図示しないが、非磁性層15、絶縁層9Cおよびヨーク部分層14Bの第1層14B₁の上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。この電極層の厚みは0.1μm以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とし、下地にTi(チタン)を成膜してもよい。

【0154】

次に、図48に示したように、上記電極層の上に、フォトリソストによって、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム35を形成する。

【0155】

次に、図49に示したように、レジストフレーム35を用いて、電気めっき法(フレームめっき法)によって、電極層の上にヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成する。次に、レジストフレーム35を除去する。

【0156】

次に、図示しないが、電極層のうち、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する。

【0157】

次に、図39に示したように、第2の磁性層14を覆うように保護層17を形成する。次に、保護層17の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0158】

本実施の形態では、ヨーク部分層14Bは、第3の実施の形態と同様に、磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面において磁極部分層14Aに磁氣的に接続され、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面において非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bは、更に、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面でも磁極部分層14Aに対して磁氣的に接続されている。従って、本実施の形態によれば、磁極部分層14Aとヨーク部分層14Bとの磁氣的な接続部分の面積を大きくすることができ、その結果、磁束を効率よくヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへ導くことができる。

【0159】

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。

【0160】

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。

【0161】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし12のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも第1の磁性層から離れた位置に配置され、ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。また、本発明では、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されているので、ヨーク部分層と薄膜コイルとの間の距離が小さくなり、これにより、薄膜コイルから発生される磁界を効率よく吸収することが可能になる。これらのことから、本発明によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができるという効果を奏する。

【0162】

また、請求項2記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒

10

20

30

40

50

体対向面とは反対側の端面の少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができるという効果を奏する。

【0163】

また、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部は、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づいているので、ヨーク部分層における磁束の漏れを防止して、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができるという効果を奏する。

【0164】

また、請求項4記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、磁極部分層のギャップ層側の端部とヨーク部分層のギャップ層側の端部は、段差なく連続しているため、ヨーク部分層と磁極部分層との間における磁束の漏れを防止して、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができるという効果を奏する。

【0165】

また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドによれば、部分層とヨーク部分層との接続面の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾いているので、接続面が磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な場合に比べて接続面の面積が大きくなり、接続面を介してヨーク部分層から磁極部分層へ効率よく磁束を導くことが可能になるとい

【0166】

また、請求項6記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層の厚みは磁極部分層の厚みよりも大きいので、磁極部分層とヨーク部分層との接続部分の近傍において、ヨーク部分層側での磁束の飽和を防止することができ、これにより、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができるという効果を奏する。

【0167】

また、請求項7または8記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、磁極部分層とヨーク部分層が磁氣的に接続する部分の面積が大きくなり、ヨーク部分層から磁極部分層へより効率よく磁束を導くことが可能になるとい

【0168】

また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドによれば、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面の全面に接する非磁性層を備え、ヨーク部分層は、非磁性層を介して磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に隣接し、非磁性層を介して磁極部分層に磁氣的に接続されているので、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面が、薄膜磁気ヘッドの製造工程においてダメージを受けることを防止でき、その面を平坦に保つことができる。そのため、本発明によれば、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部を平坦に保ち、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向につ

【0169】

また、請求項9記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、磁極部分層とヨーク部分層が磁氣的に接続する部分の面積が大きくなり、ヨーク部分層から磁極部分層へより効率よく磁束を導くことが可能になるとい

【0170】

また、請求項10記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であるので、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止す

10

20

30

40

50

ることができるという効果を奏する。

【0171】

また、請求項1記載の薄膜磁気ヘッドによれば、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたので、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0172】

また、請求項1記載の薄膜磁気ヘッドによれば、この薄膜磁気ヘッドが垂直磁気記録方式に用いられるようにしたので、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【0173】

また、請求項13ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁極部分層のギャップ層側の面は、薄膜コイルの第2の磁性層側の面よりも第1の磁性層から離れた位置に配置され、ヨーク部分層は、磁極部分層の幅方向の両側面のうちの少なくとも一部において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されるので、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界のうち、記録媒体の面に対して垂直な方向の成分を、記録媒体の面に対して水平な方向の成分に比べて相対的に大きくすることが可能になる。また、本発明では、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分と交わり、媒体対向面に平行な断面において、ヨーク部分層のギャップ層側の端部の少なくとも一部は、磁極部分層のギャップ層側の端部よりも第1の磁性層に近い位置に配置されるので、ヨーク部分層と薄膜コイルとの間の距離が小さくなり、これにより、薄膜コイルから発生される磁界を効率よく吸収することが可能になる。これらのことから、本発明によれば、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができるという効果を奏する。

【0174】

また、請求項14ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、簡単に、磁極部分層の外形と、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層の下地の形状とを決定することができるという効果を奏する。

【0175】

また、請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極部分層とヨーク部分層との磁氣的な接続部分の近傍におけるヨーク部分層の下地の上面が、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づくように、下地の形状が決定されるので、ヨーク部分層における磁束の漏れを防止して、記録媒体の面に垂直な方向の磁界をより大きくすることができるという効果を奏する。

【0176】

また、請求項16記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極部分層のヨーク部分層に接続される面の少なくとも一部が、磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な方向に対して傾くように、磁極部分層の外形が決定されるので、磁極部分層のヨーク部分層に接続される面が、磁極部分層のギャップ層側の面に垂直な場合に比べて、磁極部分層とヨーク部分層との接続面の面積が大きくなり、接続面を介してヨーク部分層から磁極部分層へ効率よく磁束を導く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】

【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構成を示す断面図である。

【図2】図1のA-A線断面の一例を示す断面図である。

【図3】図1のA-A線断面の他の例を示す断面図である。

【図4】図1に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図5】図1に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図6】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示す断面図である。

【図7】図6に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。

【図8】図6に続く工程を示す断面図である。

【図9】図8に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。

10

20

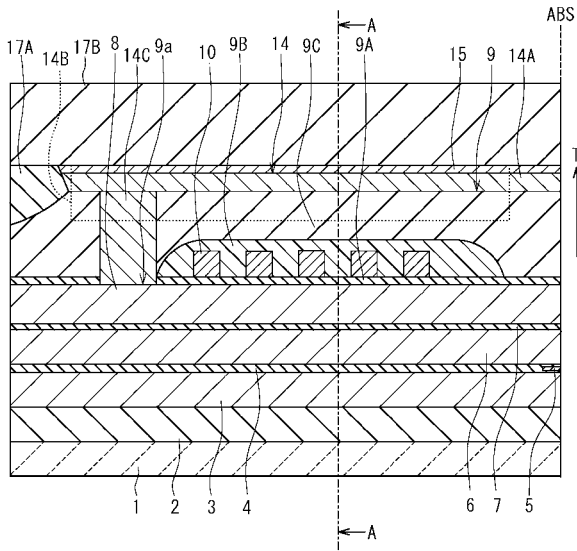
30

40

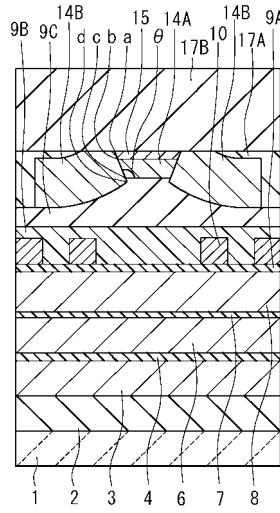
50

- 【図10】図8に続く工程を示す断面図である。
- 【図11】図10に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図12】図10に続く工程を示す断面図である。
- 【図13】図12に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図14】図12に続く工程を示す断面図である。
- 【図15】図14に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図16】図15に続く工程を示す断面図である。
- 【図17】図16に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図18】図16に続く工程を示す断面図である。
- 【図19】図18に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。 10
- 【図20】図18に続く工程を示す断面図である。
- 【図21】図20に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図22】図20に続く工程を示す断面図である。
- 【図23】図22に示した状態における図1のA-A線断面に対応する断面図である。
- 【図24】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。
- 【図25】図24のB-B線断面図である。
- 【図26】図24に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。
- 【図27】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示す断面図である。
- 【図28】図27に続く工程を示す断面図である。 20
- 【図29】図28に続く工程を示す断面図である。
- 【図30】図29に続く工程を示す断面図である。
- 【図31】図30に続く工程を示す断面図である。
- 【図32】図31に続く工程を示す断面図である。
- 【図33】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。
- 【図34】図33のC-C線断面図である。
- 【図35】図33に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。
- 【図36】本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。
- 【図37】図36のD-D線断面図である。
- 【図38】図36に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。 30
- 【図39】本発明の第5の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。
- 【図40】図39のE-E線断面図である。
- 【図41】図39に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。
- 【図42】本発明の第5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示す断面図である。
- 【図43】図42に続く工程を示す断面図である。
- 【図44】図43に続く工程を示す断面図である。
- 【図45】図44に続く工程を示す断面図である。
- 【図46】図45に続く工程を示す断面図である。
- 【図47】図46に続く工程を示す断面図である。 40
- 【図48】図47に続く工程を示す断面図である。
- 【図49】図48に続く工程を示す断面図である。
- 【図50】単磁極ヘッドの構成の一例を示す断面図である。
- 【符号の説明】
- 3...下部シールド層、4...絶縁層、5...MR素子、6...上部シールド層、7...非磁性層、
 8...第1の磁性層、9...ギャップ層、9A, 9B, 9C...絶縁層、10...薄膜コイル、1
 4...第2の磁性層、14A...磁極部分層、14B...ヨーク部分層、14C...連結部、15
 ...非磁性層。

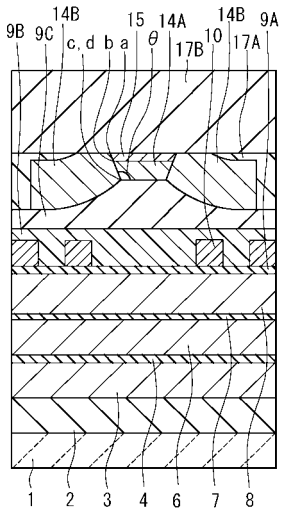
【 図 1 】



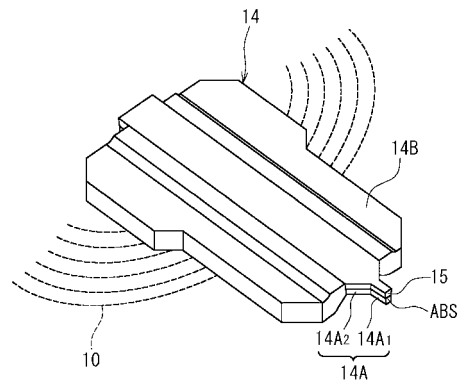
【 図 2 】



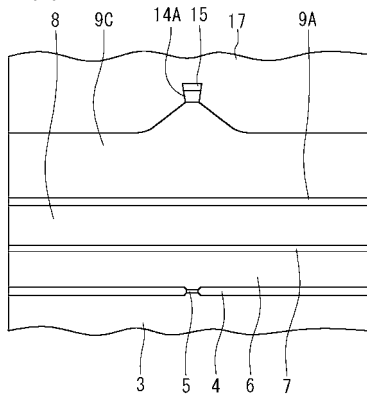
【 図 3 】



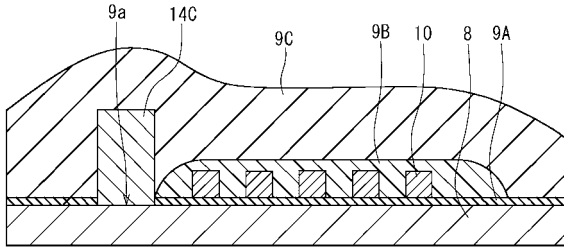
【 図 4 】



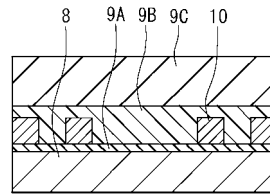
【 図 5 】



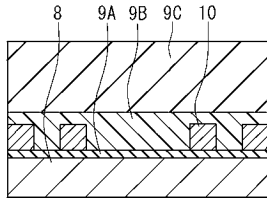
【 図 6 】



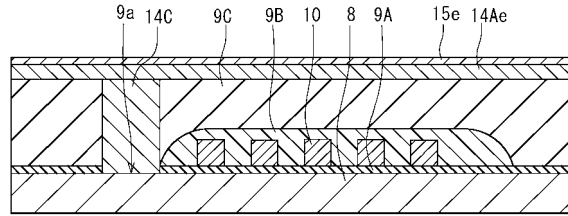
【 図 9 】



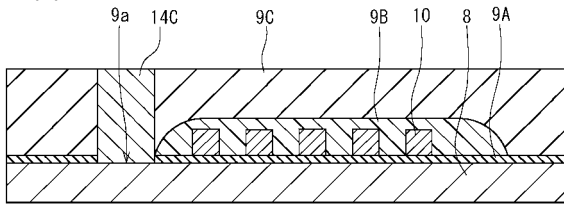
【 図 7 】



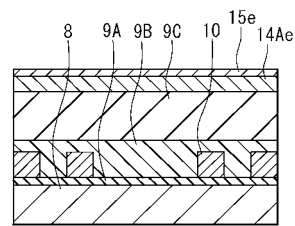
【 図 10 】



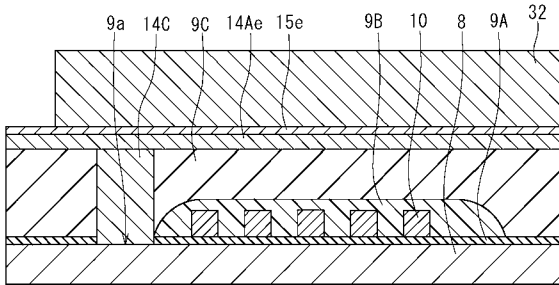
【 図 8 】



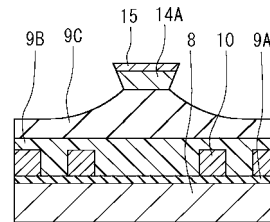
【 図 11 】



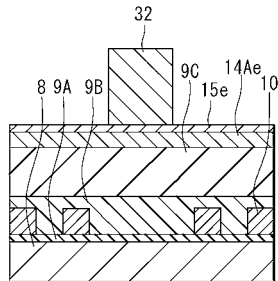
【 図 12 】



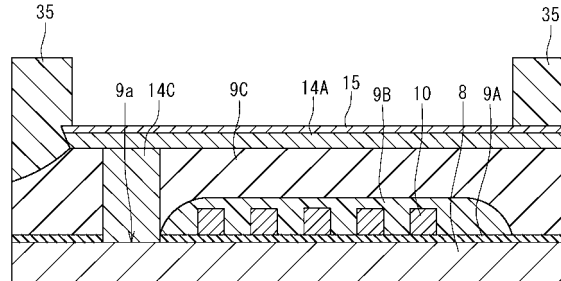
【 図 15 】



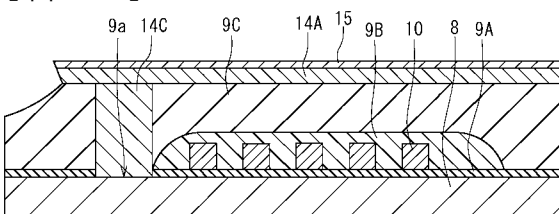
【 図 13 】



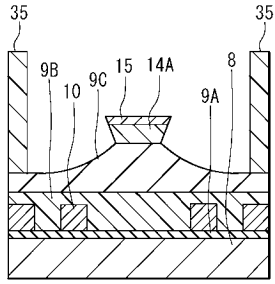
【 図 16 】



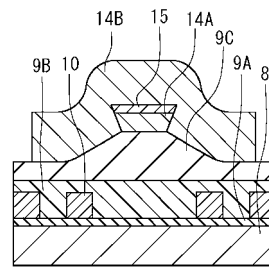
【 図 14 】



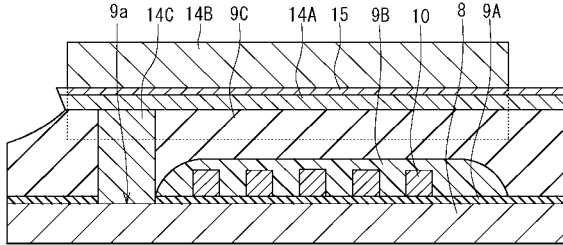
【 図 17 】



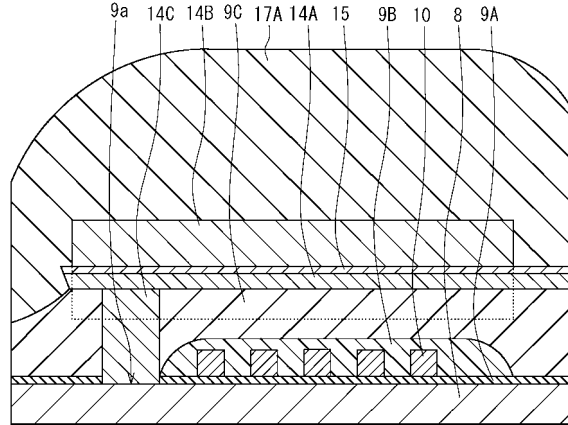
【 図 19 】



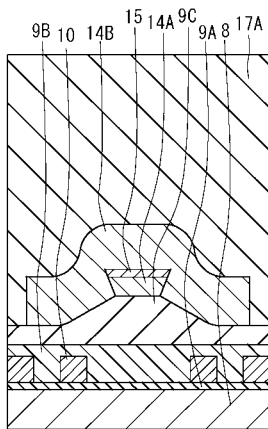
【 図 18 】



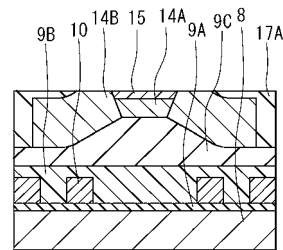
【 図 20 】



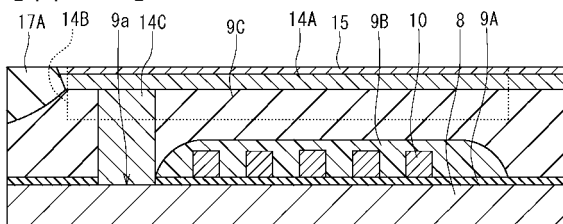
【 図 21 】



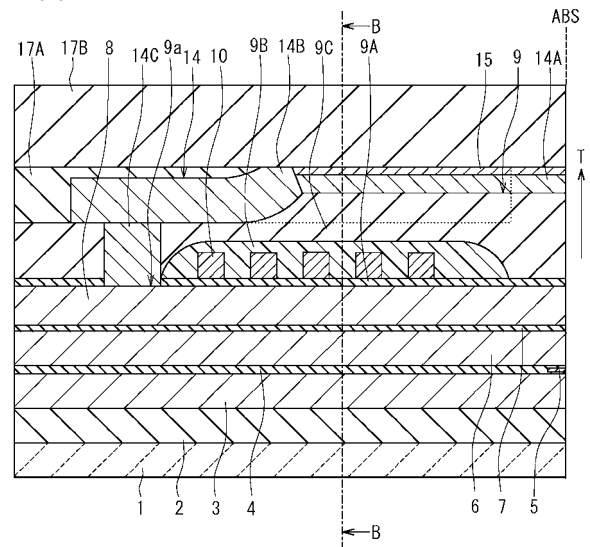
【 図 23 】



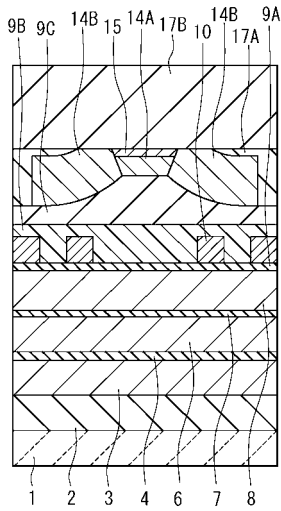
【 図 22 】



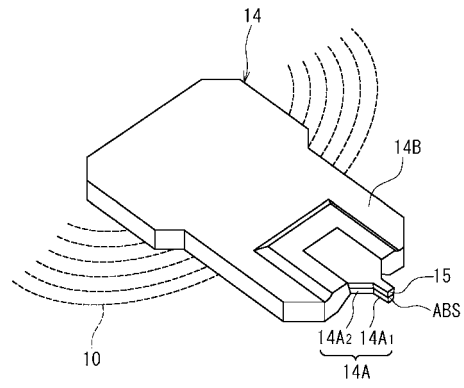
【 図 24 】



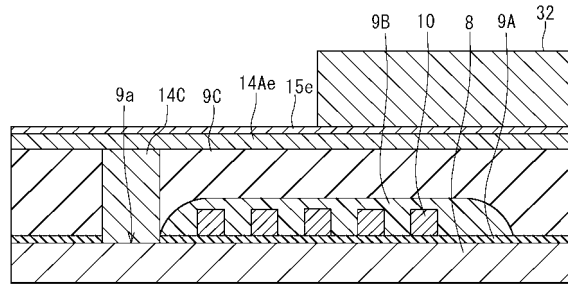
【 図 2 5 】



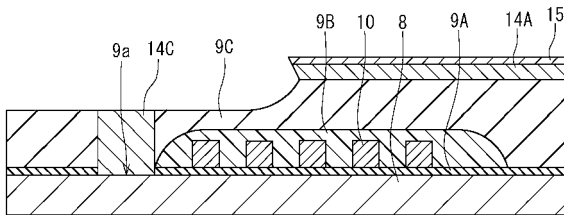
【 図 2 6 】



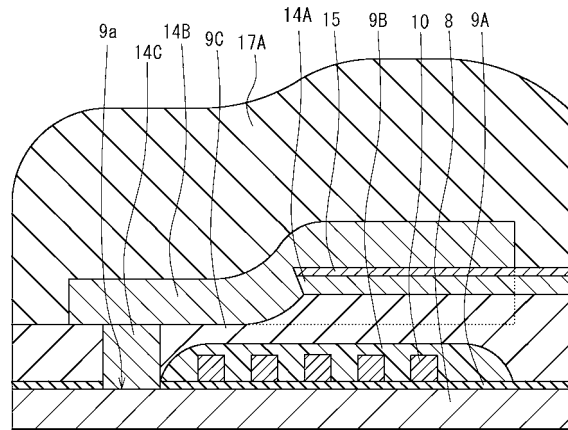
【 図 2 7 】



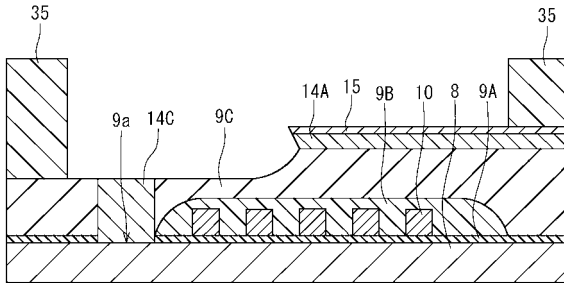
【 図 2 8 】



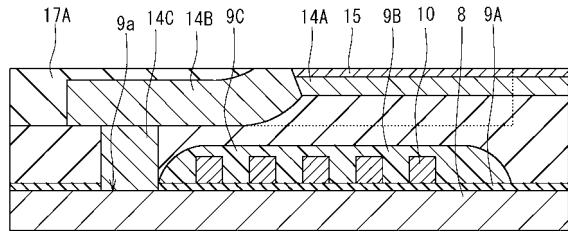
【 図 3 1 】



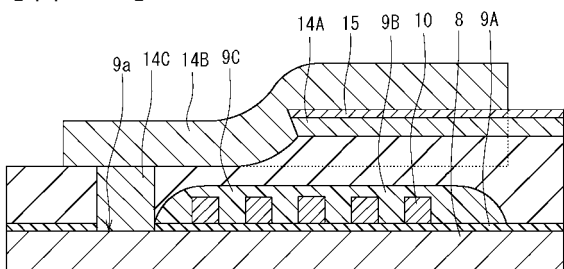
【 図 2 9 】



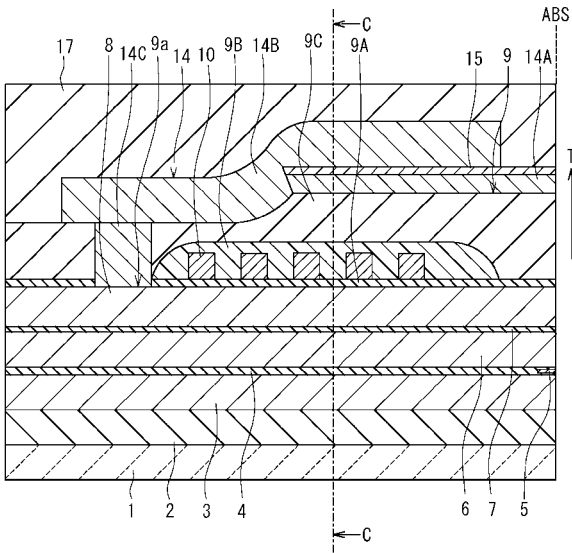
【 図 3 2 】



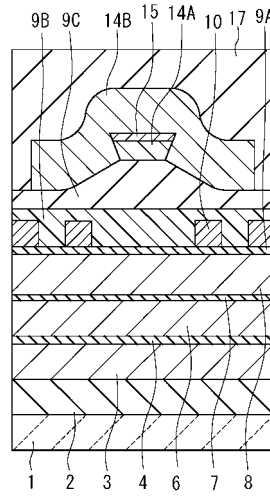
【 図 3 0 】



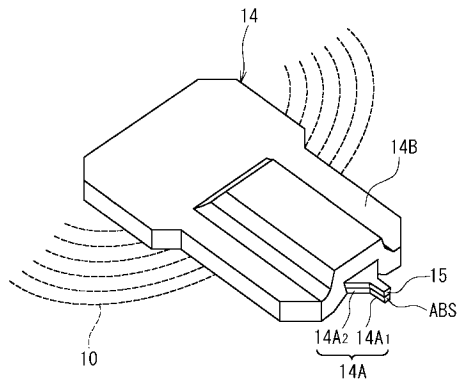
【 図 3 3 】



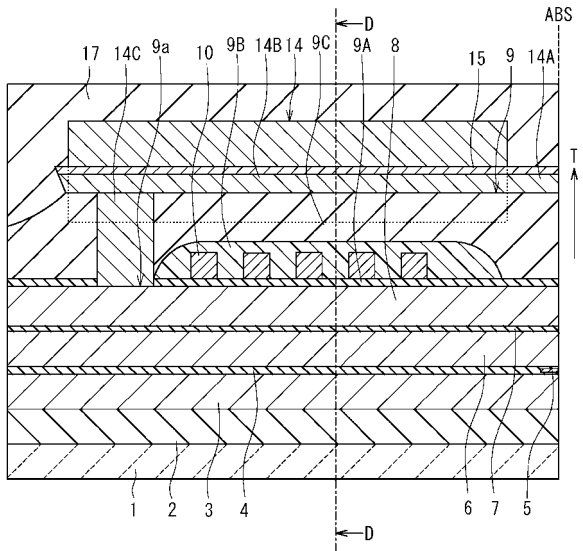
【 図 3 4 】



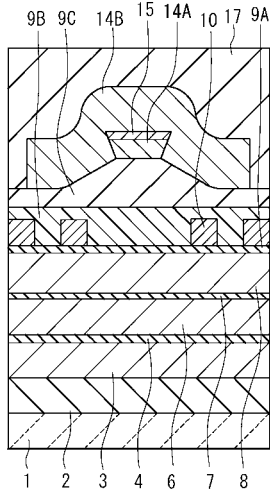
【 図 3 5 】



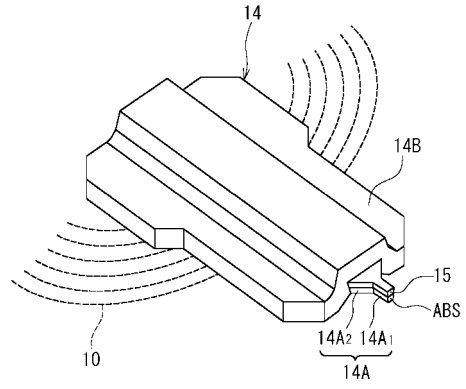
【 図 3 6 】



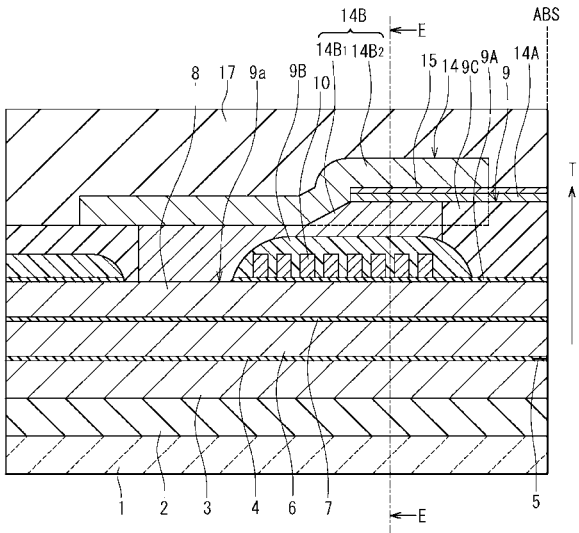
【 図 3 7 】



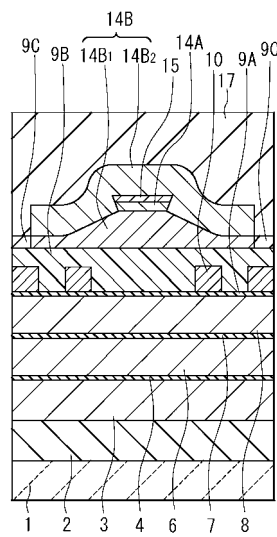
【 図 3 8 】



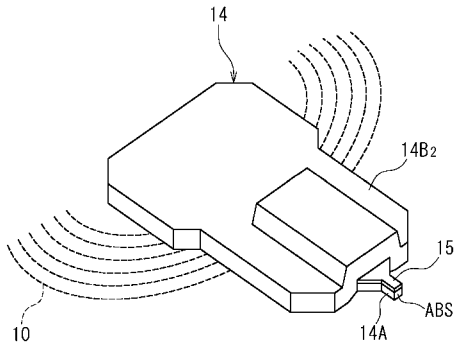
【 図 3 9 】



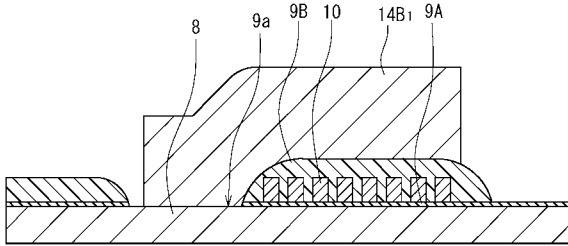
【 図 4 0 】



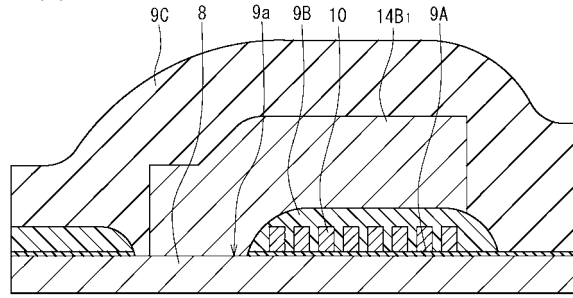
【 図 4 1 】



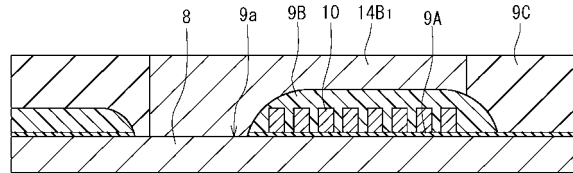
【 図 4 2 】



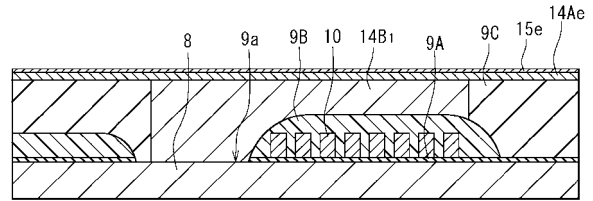
【 図 4 3 】



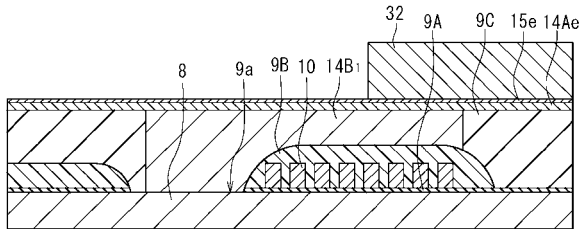
【 図 4 4 】



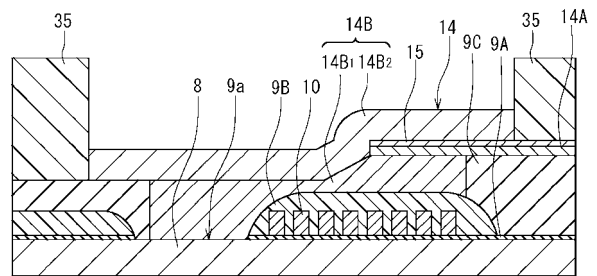
【 図 4 5 】



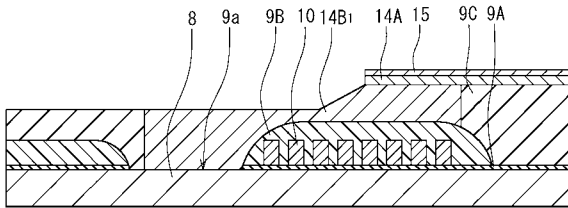
【 図 4 6 】



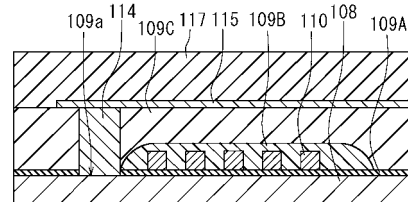
【 図 4 9 】



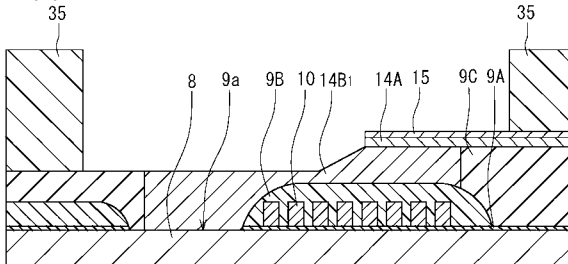
【 図 4 7 】



【 図 5 0 】



【 図 4 8 】



フロントページの続き

審査官 中村 豊

- (56)参考文献 特開平03 - 147507 (JP, A)
特開昭63 - 292405 (JP, A)
特開平11 - 102506 (JP, A)
特開昭60 - 133516 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G11B 5/31