

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3632025号  
(P3632025)

(45) 発行日 平成17年3月23日(2005.3.23)

(24) 登録日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

A

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/31

K

G 1 1 B 5/39

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2003-49879 (P2003-49879)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成15年2月26日(2003.2.26)		T D K 株式会社
(65) 公開番号	特開2004-259379 (P2004-259379A)		東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(43) 公開日	平成16年9月16日(2004.9.16)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成15年12月12日(2003.12.12)		弁理士 長谷川 芳樹
早期審査対象出願		(74) 代理人	100092657
			弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100108213
			弁理士 阿部 豊隆
		(72) 発明者	山中 昇
			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
		(72) 発明者	太田 憲和
			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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及び、ハードディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基台上に形成された薄膜磁気ヘッドであって、  
再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、  
始点から折返点までの間を蛇行する上り部、及び、前記折返点から前記始点の近傍にある  
終点まで前記上り部に沿って蛇行する下り部を有し、通電されることで発熱する発熱体と  
、を備え、  
前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、  
前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と  
反対側に設けられた薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】

前記発熱体において、前記上り部と前記下り部との間隔は、前記上り部の一の部分と前記  
上り部の一の部分に隣り合う前記上り部の他の部分との間隔、及び、前記下り部の一の部  
分と前記下り部の一の部分に隣り合う前記下り部の他の部分との間隔よりも狭くされた請  
求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】

基台上に形成された薄膜磁気ヘッドであって、  
再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、  
第一の点から第二の点まで延在する上り部、前記第二の点の近傍にある第三の点から前記  
第一の点の近傍にある第四の点まで前記上り部に沿って延在する下り部、及び、前記第二

10

20

の点と前記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が前記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に前記単位部同士で隣り合う前記第一の点と前記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、  
を備え、

前記発熱体において、前記単位部同士の間距離は前記各単位部における前記上り部と前記下り部との間距離よりも長くされ、

前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、

前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられた薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記発熱体は、さらに、複数の前記接続部に沿って設けられた第一補助部を有する請求項 3 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】

前記発熱体は、さらに、複数の前記折返し部に沿って設けられた第二補助部を有する請求項 3 又は 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記発熱体を複数備える請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】

基台と、前記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、前記基台を固定するジンバルとを備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、

再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、

始点から折返点までの間を蛇行する上り部、及び、前記折返点から前記始点の近傍にある終点まで前記上り部に沿って蛇行する下り部を有し、通電されることで発熱する発熱体と、  
を備え、

前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、

前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられたヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項 8】

基台と、前記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、前記基台を固定するジンバルと、を備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、

再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、

第一の点から第二の点まで延在する上り部、前記第二の点の近傍にある第三の点から前記第一の点の近傍にある第四の点まで前記上り部に沿って延在する下り部、及び、前記第二の点と前記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が前記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に前記単位部同士で隣り合う前記第一の点と前記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、  
を備え、

前記発熱体において、前記単位部同士の間距離は前記各単位部における前記上り部と前記下り部との間距離よりも長くされ、

前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、

前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられたヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項 9】

基台と、前記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、前記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、

再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、

始点から折返点までの間を蛇行する上り部、及び、前記折返点から前記始点の近傍にある

10

20

30

40

50

終点まで前記上り部に沿って蛇行する下り部を有し、通電されることで発熱する発熱体と、を備え、

前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、  
前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられたハードディスク装置。

【請求項10】

基台と、前記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、前記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、

再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、

第一の点から第二の点まで延在する上り部、前記第二の点の近傍にある第三の点から前記第一の点の近傍にある第四の点まで前記上り部に沿って延在する下り部、及び、前記第二の点と前記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が前記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に前記単位部同士で隣り合う前記第一の点と前記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、を備え、

前記発熱体において、前記単位部同士の間隔は前記各単位部における前記上り部と前記下り部との間隔よりも長くされ、

前記磁気抵抗効果素子は、前記電磁変換素子と前記基台との間に位置し、  
前記発熱体は、前記磁気抵抗効果素子及び前記電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と  
反対側に設けられたハードディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子(MR(Magneto Resistive)素子)や電磁変換素子を有する薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

書込用の電磁変換素子や再生用の磁気抵抗効果素子が設けられた薄膜磁気ヘッドは、ハードディスク装置への記録再生時に、記録媒体であるハードディスクから浮上するように構成されている。具体的には、薄膜磁気ヘッドをジンバルに搭載し、該ジンバルを可撓性のサスペンションアームの先端部に取り付けることでヘッドジンバルアセンブリ(HGA)を構成する。そして、ハードディスクの回転に伴う空気流が薄膜磁気ヘッドの下方に流れることでサスペンションアームが撓み、該ヘッドが浮上する。

【0003】

そして、ハードディスクの高密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドとハードディスクとの空隙すなわちヘッド浮上量は、20nmから15nm、更には10nmと極限まで小さくなってきている。

【特許文献1】

特開平5-20635号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

さらなる高密度化のためには、薄膜磁気ヘッドの電磁変換素子や磁気抵抗効果素子と、ハードディスクと、の間隔を従来よりも微少にすることが求められている。

【0005】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、薄膜磁気ヘッドの電磁変換素子や磁気抵抗効果素子と、記録媒体との間隔をより微少にすることが可能な薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置を提供することを目的とする。

【0006】

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、基台上に形成された薄膜磁気ヘッドであって、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、上記ヘッド本体部に設けられ、始点から折返点までの間を蛇行する上り部及び上記折返点から上記始点の近傍にある終点まで上記上り部に沿って蛇行する下り部を有し通電されることで発熱する発熱体と、を備え、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

## 【0007】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドによれば、通電によって発熱体が発熱して薄膜磁気ヘッドが熱膨張するので、磁気抵抗効果素子や電磁変換素子を記録媒体側に突出させることができる。また、発熱体への通電量を制御することにより磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と記録媒体との間の距離を制御できる。さらに、発熱体は、始点から折返部までの上り部が蛇行されると共に、折返部から始点近傍までの下り部が上り部に沿うように蛇行されているので、上り部と下り部とにおいて通電により発生する各磁界が互いにほぼキャンセルされる。このため、発熱体からの磁界が磁気抵抗効果素子や電磁変換素子等に影響を与えにくくなる。これらによって、ハードディスク装置の高密度化が可能となる。

10

また、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、上記薄膜磁気ヘッドは基台上に形成され、上記磁気抵抗効果素子は、上記電磁変換素子と上記基台との間に位置し、上記発熱体は、上記磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けている。これにより、発熱体を電磁変換素子及び磁気抵抗効果素子から各々離すことができ、電磁変換素子及び磁気抵抗効果素子が発熱による悪影響を受けることを抑制できる。

20

## 【0008】

ここで、上記他の薄膜磁気ヘッドにおいて、上記発熱体において、上記上り部と上記下り部との間隔は、上記上り部の一の部分と上記上り部の一の部分に隣り合う上記上り部の他の部分との間隔、及び、上記下り部の一の部分と上記下り部の一の部分に隣り合う上記下り部の他の部分との間隔よりも狭くされることが好ましい。

## 【0009】

これによれば、互いに近接するように設けられた上り部と下り部とが、この上り部と下り部とから遠く離れた他の上り部と下り部とから磁界の影響を受けにくくされ、互いに近接するように設けられた上り部と下り部毎に通電により発生する磁界がより好適にキャンセルされる。

30

## 【0010】

また、本発明に係る他の薄膜磁気ヘッドは、基台上に形成された薄膜磁気ヘッドであって、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、第一の点から第二の点まで延在する上り部、上記第二の点の近傍にある第三の点から上記第一の点の近傍にある第四の点まで上記上り部に沿って延在する下り部、及び、上記第二の点と上記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が上記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に上記単位部同士で隣り合う上記第一の点と上記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、を備え、上記発熱体において、上記単位部間の距離は上記各々の単位部の上記上り部と上記下り部との間の距離よりも長くされ、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

40

## 【0011】

本発明に係る他の薄膜磁気ヘッドによれば、通電によって発熱体が発熱して薄膜磁気ヘッドが熱膨張するので、磁気抵抗効果素子や電磁変換素子を記録媒体側に突出させることができる。また、発熱体への通電量を制御することにより磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と記録媒体との間の距離を制御できる。さらに、発熱体の各単位部において、上り部と下り部とが互いに沿うように設けられると共に、単位部同士の間隔が各単位部における上り部と下り部との間隔よりも広くされているので、各単位部の上り部と下り部とにおいて通電により発生する各磁界が各単位部毎にほぼキャンセルされる。このため、発熱層からの

50

磁界が磁気抵抗効果素子や電磁変換素子等に影響を及ぼしにくくなる。これらによって、ハードディスクの高密度化が可能となる。

また、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、上記薄膜磁気ヘッドは基台上に形成され、上記磁気抵抗効果素子は、上記電磁変換素子と上記基台との間に位置し、上記発熱体は、上記磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けている。これにより、発熱体を電磁変換素子及び磁気抵抗効果素子から各々離すことができ、電磁変換素子及び磁気抵抗効果素子が発熱による悪影響を受けることを抑制できる。

【0012】

ここで、上記発熱体は、さらに、複数の上記接続部に沿って設けられた第一補助部を有することが好ましい。

【0013】

これによれば、各接続部により発生する磁界が、第一補助部によって発生する磁界によってほぼキャンセルされる。

【0014】

また、上記発熱体は、さらに、複数の上記折返し部に沿って設けられた第二補助部を有することが好ましい。

【0015】

これによれば、各折返し部で発生する磁界が、第二補助部によって発生する磁界によってほぼキャンセルされる。

【0016】

また、上述の何れかの薄膜磁気ヘッドにおいて、上記発熱体を複数備えていてもよい。この場合は、発熱体の配置の自由度が増す。

【0024】

本発明のヘッドジンバルアセンブリは、基台と、前記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、前記基台を固定するジンバルとを備え、前記薄膜磁気ヘッドは、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、始点から折返点までの間を蛇行する上り部、及び、前記折返点から前記始点の近傍にある終点まで前記上り部に沿って蛇行する下り部を有し、通電されることで発熱する発熱体と、を備え、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

【0025】

また、本発明に係る他のヘッドジンバルアセンブリは、基台と、上記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、上記基台を固定するジンバルと、を備え、上記薄膜磁気ヘッドは、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、第一の点から第二の点まで延在する上り部、上記第二の点の近傍にある第三の点から上記第一の点の近傍にある第四の点まで上記上り部に沿って延在する下り部、及び、上記第二の点と上記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が上記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に上記単位部同士で隣り合う上記第一の点と上記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、を備え、上記発熱体において、上記単位部同士の間の距離は上記各単位部における上記上り部と上記下り部との間の距離よりも長くされ、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

【0026】

また、本発明にかかるハードディスク装置は、基台と、上記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、上記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、上記薄膜磁気ヘッドは、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、始点から折返点までの間を蛇行する上り部、及び、上記折返点から上記始点の近傍にある終点まで上記上り部に沿って蛇行する下り部を有し、通電されることで発熱する発熱体と、を備え、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

10

20

30

40

50

## 【0027】

また、本発明にかかる他のハードディスク装置は、基台と、上記基台上に形成される薄膜磁気ヘッドと、上記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、上記薄膜磁気ヘッドは、再生用の磁気抵抗効果素子及び書込用の電磁変換素子と、第一の点から第二の点まで延在する上り部、上記第二の点の近傍にある第三の点から上記第一の点の近傍にある第四の点まで上記上り部に沿って延在する下り部、及び、上記第二の点と上記第三の点とを接続する折返し部を有する単位部が上記上り部の延在方向に交差する方向に複数並設されると共に上記単位部同士で隣り合う上記第一の点と上記第四の点とを各々接続する接続部を有し、通電されることにより発熱する発熱体と、を備え、上記発熱体において、上記単位部同士の間の距離は上記各単位部における上記上り部と上記下り部との間の距離よりも長くされ、磁気抵抗効果素子は、電磁変換素子と基台との間に位置し、発熱体は、磁気抵抗効果素子及び電磁変換素子を挟んで記録媒体対向面と反対側に設けられている。

10

## 【0028】

本発明のヘッドジンバルアセンブリ及びハードディスク装置では、前述の薄膜磁気ヘッドを備えていることにより、上述と同様の作用効果を得ることができる。

## 【0029】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明に係る薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置の好適な実施形態について詳細に説明する。尚、同一要素には同一符号を用いるものとし、重複する説明は省略する。

20

## 【0030】

## (第一実施形態)

図1は、本実施形態の薄膜磁気ヘッドを備えたハードディスク装置を示す図である。ハードディスク装置1は、ヘッドジンバルアセンブリ(HGA: Head Gimbals Assembly)15を作動させて、高速回転するハードディスク(記録媒体)2の記録面(図1の上面)に、薄膜磁気ヘッド10によって磁気情報を記録及び再生するものである。ヘッドジンバルアセンブリ15は、薄膜磁気ヘッド10が形成されたヘッドスライダ11を搭載したジンバル12と、これが接続されたサスペンションアーム13とを備え、支軸14周りに例えばボイスコイルモータによって回転可能となっている。ヘッドジンバルアセンブリ15を回転させると、ヘッドスライダ11は、ハードディスク2の半径方向、すなわちトラックラインを横切る方向に移動する。

30

## 【0031】

図2は、ヘッドスライダ11の拡大斜視図である。ヘッドスライダ11は、略直方体形状をなし、アルティック( $Al_2O_3 \cdot TiC$ )を主とする基台11a上に、薄膜磁気ヘッド10が形成されている。同図における手前側の面は、ハードディスク2の記録面に対向する記録媒体対向面であり、エアベアリング面(ABS: Air Bearing Surface)Sと称される。ハードディスク2が回転する際、この回転に伴う空気流によってヘッドスライダ11が浮上し、エアベアリング面Sはハードディスク2の記録面から離隔する。薄膜磁気ヘッド10には、薄膜磁気ヘッド10を保護するために、図中破線で示したオーバーコート層21(詳しくは後述)が設けられている。オーバーコート層21上には、記録用パッド18a, 18b、再生用パッド19a, 19b、及び、後述するヒータ用パッド86a, 86bが取り付けられており、図1に示したサスペンションアーム13には、各パッドに接続される、電気信号の入出力用の配線(図示省略)が取り付けられている。尚、エアベアリング面Sに、DLC(Diamond Like Carbon)等のコーティングを施してもよい。なお、図2においては、上述の各パッドは、再生用パッド19a, 19b, ヒータ用パッド86a, 86b、記録用パッド18a, 18b, の順で並んでいるが、並び方は任意である。

40

## 【0032】

図3は、薄膜磁気ヘッド10におけるエアベアリング面Sに対して垂直な方向の断面図である。薄膜磁気ヘッド10は、基台11a上に形成されており、基台11a側から順に、

50

磁気抵抗効果素子としてGMR ( Giant Magneto Resistive ) 素子40を有する再生ヘッド部30と、誘導型の電磁変換素子としての記録ヘッド部60と、記録ヘッド部60上に設けられたオーバーコート層21と、を主として有する複合型薄膜磁気ヘッドとなっている。

【0033】

基台11aは、アルティック(  $Al_2O_3 \cdot TiC$  )等からなるウエハ状の基板であり、この基台11a上には、アルミナ等の絶縁材料からなるアンダーコート層113が厚さ約 $1\mu m$ ~約 $10\mu m$ で形成されている。

【0034】

再生ヘッド部30は、アンダーコート層113上に設けられており、アンダーコート層113側から順に、下部シールド層32、GMR素子40を含みこのGMR素子40を上下から挟む絶縁層36、及び、上部シールド層38、が積層されることにより構成されている。GMR素子40は、磁気抵抗変化率が高い巨大磁気抵抗効果を利用したものであり、多層構造(図示は省略)を有してABS面側に露出している。下部シールド層32及び上部シールド層38は、不要な外部磁界をGMR素子40が感知するのを防止する機能を有し、磁性材料を含む。下部シールド層32の厚みは厚さ約 $1\mu m$ ~約 $3\mu m$ であり、上部シールド層38の厚みは約 $1\mu m$ ~約 $4\mu m$ である。また、絶縁層36の厚みは $0.05\mu m$ ~ $1.0\mu m$ である。尚、本明細書において、シールド層のように「上部」及び「下部」という語を用いる場合があるが、「下部」とは基台11aに近い側であることを意味し、「上部」とは基台11aから遠い側であることを意味する。

【0035】

記録ヘッド部60は、再生ヘッド部30上に絶縁層39を介して形成されており、長手記録方式の誘導型磁気変換素子となっている。尚、絶縁層39としては厚さ約 $0.1\mu m$ ~約 $2.0\mu m$ のアルミナ等を利用できるが、必ずしも設ける必要はない。そして、記録ヘッド部60は、絶縁層39側から順に、軟磁性材料からなる下部磁極61、非磁性の絶縁材料からなるギャップ層63を有している。また、ギャップ層63上には、ABS面側に磁極部分層64aが、ABS面から離れた側に上下2段の薄膜コイル70を含む絶縁層72が積層されている。さらに、磁極部分層64a上及び絶縁層72上には、薄膜コイル70の一部を下部磁極61との間に挟むと共に、エアベアリング面Sから離れた側で下部磁極61と磁氣的に連結するヨーク部分層64bを有している。そして、下部磁極61、ギャップ層63、薄膜コイル70、絶縁層72、上部磁極64が記録ヘッド部60を構成している。

【0036】

下部磁極61は、パーマロイ(  $NiFe$  )等の磁性材料であり、例えば、厚さ約 $1\mu m$ ~約 $3\mu m$ 程度で形成される。

【0037】

ギャップ層63は、アルミナ(  $Al_2O_3$  )やレジスト等の非磁性絶縁体、あるいは、非磁性導電体と非磁性絶縁体との組合せであり、例えば、厚さ約 $0.05\mu m$ ~約 $0.5\mu m$ 程度に形成される。

【0038】

磁極部分層64aは、ヨーク部分層64bとともに上部磁極64を構成するものであり、例えばパーマロイ(  $NiFe$  )の他、(1)鉄及び窒素原子を含む材料、(2)鉄、ジルコニア、及び酸素原子を含む材料、並びに、(3)鉄及びニッケル元素を含む材料等で形成することができる。磁極部分層64aの厚みは、例えば約 $0.5\mu m$ ~約 $3.5\mu m$ 程度であり、好ましくは $1.0\mu m$ ~ $2.0\mu m$ である。

【0039】

ヨーク部分層64bの材質は磁極部分層64aと同様であり、例えば、厚さ約 $1\mu m$ ~約 $5\mu m$ 程度である。

【0040】

また、薄膜コイル70は、Cu等の導体で、例えば、各厚みは約 $1\mu m$ ~約 $3\mu m$ 程度で

10

20

30

40

50

ある。

【0041】

また、絶縁層72は、アルミナ等の絶縁体で、例えば、厚さ約0.1 $\mu$ m~約3.0 $\mu$ m程度である。

【0042】

そして、薄膜コイル70に記録電流を流すと、磁極部分層64aと下部磁極61との間に磁束が発生し、ハードディスク2等の記録媒体に情報を記録することができる。

【0043】

オーバーコート層21は、薄膜磁気ヘッド10の記録ヘッド部60を保護するための厚さ約5 $\mu$ m~約30 $\mu$ mのアルミナ等の絶縁材料からなる層であり、記録ヘッド部60上に設けられている。また、オーバーコート層21において、ABS面と、基台11aから一番遠い上面と、によって形成される稜部には、切欠部100が形成されている。

10

【0044】

そして、このオーバーコート層21中には、Cu, NiFe, Ta, Ti, CoNiFe合金, FeAlSi合金等で形成された発熱層(発熱体)80が設けられている。この発熱層80は、ABS面Sから所定距離離間されて、オーバーコート層21内に上部シールド層38等と平行に形成されている。

【0045】

発熱層80には図中上方に伸びたCu等の導電材料からなる導電部84a, 84bが電氣的に接続されており、該導電部84a, 84bの上端にはそれぞれヒータ用パッド86a, 86bが取り付けられている。なお、同様にして、記録ヘッド部60は記録用パッド18a, 18b(図2参照)と、再生ヘッド部30の磁気抵抗効果素子40は再生用パッド19a, 19bと、各々接続されているが、図3においては簡単のため図示を省略している。

20

【0046】

図4は、発熱層80の一例を示す平面図である。図4の発熱層80のIII-III断面が図3の発熱層の断面に対応する。また、エアベアリング(ABS)面Sは、図4中の水平方向かつ図4の紙面に垂直な方向に延びて、発熱層80よりも図4中下方に位置している。このように、発熱層80は、一本のラインを層内で蛇行させた構造となっており、ラインの両端にはそれぞれ引出電極85a, 85bを有している。引出電極85a, 85bは、それぞれ図3に示した導電部84a, 84bに接続されている。

30

【0047】

より具体的には、所定の始点180から折返点181まで矩形波状に蛇行するように形成された上り部186と、折返点181から始点180の近傍の終点182まで上り部186に沿って蛇行しながら戻るように形成された下り部187を有しており、互いに沿うように形成された上り部186と下り部187との間隔190は、互いに面する上り部186同士の間隔192や、互いに面する下り部187同士の間隔193よりも狭くされている。

【0048】

具体的には、発熱層80の寸法として、例えば、間隔190を2 $\mu$ mとし、間隔192, 193を6 $\mu$ mとし、上り部186や下り部187のライン幅を2 $\mu$ mとすることができるがこれに限定されない。

40

また、発熱層80において、ABS面Sに対して略垂直な方向に延在する部分の長さの総和は、ABS面Sに対して略平行な方向に延在する部分の長さの総和よりも大きくなるようにされている。

【0049】

次に、このような構成の薄膜磁気ヘッド10、ヘッドジンバルアセンブリ15、及びハードディスク装置1の作用を説明する。図5に示すように、ハードディスク2が図中矢印方向に回転すると、空気流によって薄膜磁気ヘッド10は浮上し、記録ヘッド部60の上部磁極64側がハードディスク2に近づくようにうつむく姿勢(前傾姿勢)となる。この際

50

、発熱層 80 に通電すると、当該発熱層 80 から発生する熱によって薄膜磁気ヘッド 10 における発熱層 80 の周囲が熱膨張し、薄膜磁気ヘッド 10 及び基台 11a の ABS 面 S が、記録媒体 2 側に向かって二点鎖線で示すように突出する。これにより、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 とハードディスク 2 との間隔が低減され、高い再生出力が得られると共に、より高密度の書込等を行うことができる。ここで、発熱層 80 への通電量を制御することにより、突出量を調節でき、記録ヘッド部 60 や GMR 素子 40 と記録媒体 2 との間の距離を制御できる。

#### 【0050】

また、発熱層 80 においては、図 4 に示すように、上り部 186 と下り部 187 とが互いに寄り添うようにして蛇行しているため、アンペールの右ねじの法則から分かるように、始点 180 及び終点 182 と、折返点 181 との間において上り部 186 と下り部 187 とから発生する磁界が、互いに打ち消し合う。このため、磁界の漏洩が少なくなって記録ヘッド部 60 や磁気抵抗効果素子 40 に悪影響を及ぼしにくくなる。また、間隔 190 が間隔 193 や間隔 192 よりも狭くされているので、互いに近接するように設けられた上り部 186 と下り部 187 とが、この上り部 186 と下り部 186 とから遠く離れた他の上り部 186 と下り部 187 とから磁界の影響を受けにくくされ、通電により発生する磁界が互いに近接する上り部 186 の一部と下り部 186 の一部毎により好適にキャンセルされる。このため、特に、発熱層 80 の最外側の下り部 186A や上り部 187A からの磁界の漏洩が少なくされる。

#### 【0051】

また、発熱層 80 が、オーバーコート層 21 中に設けられているので、GMR 素子 40 と発熱層 80 との間隔は、記録ヘッド部 60 と発熱層 80 との間隔よりも広がっている。このため、特に発熱による影響を比較的受けやすい GMR 素子 40 が高温による悪影響を受けにくくされ、信頼性を向上できる。

また、発熱層 80 において、ABS 面 S に対して略垂直な方向に延在する部分の長さの総和が、ABS 面 S に対して略平行な方向に延在する部分の長さの総和よりも大きくなるようにされている。このため、発熱層 80 自体の膨張により薄膜磁気ヘッドが ABS 面 S に対して垂直な方向に膨張しやすくなり、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 を効率よく記録媒体 2 に向かって突出させられる。

#### 【0052】

また、薄膜磁気ヘッド 10 のオーバーコート層 21 には切欠部 100 が形成されているので、薄膜磁気ヘッド 10 の ABS 面 S が熱膨張によりハードディスク 2 に突出しても、記録媒体 2 と接触しにくくなっている。なお、この切欠部 100 の形状は、本実施形態のような 1 段の切欠に限られず、多段の切欠としてもよいし傾斜面を有する切欠等としてもよい。

#### 【0053】

以上説明したように、本実施形態によれば、ハードディスク 2 との間隔を低減でき、さらなる高密度化が可能な薄膜磁気ヘッド 10、ヘッドジンバルアセンブリ 15 及びハードディスク装置 1 が提供される。

#### 【0054】

次に、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を説明する。尚、公知の製造過程については、説明を簡略化する。

#### 【0055】

まず、図 6 に示すように、アルティック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) 等からなる基板である基台 11a 上に、スパッタリング法によって、例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) 等の絶縁材料からなるアンダーコート層 113 を形成する。

#### 【0056】

次に、アンダーコート層 113 の上に、例えばめっき法によって、パーマロイ等の磁性材料からなる下部シールド層 32 を形成する。さらに、下部シールド層 32 上に、公知の手法によって GMR 素子 40 と、これを上下左右から挟む  $Al_2O_3$  等の絶縁層 36 を形成

10

20

30

40

50

する。GMR素子40は、実際は複数の膜から構成されるが、図においては単層で示している。また、このGMR素子40は、ABS面側に形成される。続いて、絶縁層36上に、例えばめっき法によって上部シールド層38を形成する。以上により、再生ヘッド部30が得られる。

【0057】

次に、上部シールド層38上に、例えばスパッタリング法によって、 $Al_2O_3$ 等の絶縁材料からなる絶縁層39を形成する。

【0058】

次いで、絶縁層39上に、パーマロイからなる下部磁極61を例えばスパッタリング法で形成する。次に、下部磁極61上に例えばスパッタリング法で非磁性材料からなるギャップ層63を形成する。さらに、ギャップ層63上に、フォトリソグラフィやドライエッチング等を用いた公知の方法で、2段の薄膜コイル70を有する絶縁層72と、上部磁極64の磁極部分層64aと、上部磁極64のヨーク部分層64bと、を形成する。ここで、薄膜コイル70の一部が、下部磁極61と上部磁極64との間に挟まれるようにこれらを形成する。本実施形態では2段の薄膜コイル70を形成するが、段数はこれに限られず、また、ヘリカルコイルのようなものを形成してもよい。これにより、記録ヘッド部60が完成する。

【0059】

次に、記録ヘッド部60を覆うように、非磁性のオーバーコート下層21aを形成する。そして、オーバーコート下層21a上に、スパッタリングによって導電性材料による発熱層80を形成する。

【0060】

ここで、発熱層80をスパッタリングで形成すると、発熱層80の膜厚のバラツキを低減でき、薄膜磁気ヘッド毎の発熱層80の抵抗値のバラツキを低減できる。具体的には、例えば、NiFeの発熱層80をメッキ法で2447個形成した場合、発熱層の抵抗値の標準偏差は11.6であったのに対し、NiFeの発熱層80をスパッタ法を用いて7931個形成した場合は発熱層の抵抗値の標準偏差は4.66となった。なお、発熱層80をメッキ法で作成することもできる。

【0061】

次に、発熱層80の引出電極85a, 85b上に、例えばめっき法によって導電部84a, 84bを形成し、その後、スパッタ法によって、 $Al_2O_3$ 等の絶縁材料を上層として積層し、例えば、ポリッシング法によってこの絶縁材料を所望の高さとし、オーバーコート上層21bとする。その後、導電部84a, 84bの上端部にヒーター用パッド86a, 86bを配設する。ここで、オーバーコート下層21a及びオーバーコート上層21bがオーバーコート層21に対応する。なお、図示は省略するが、このとき、図示しない記録用パッドや再生用パッドも形成する。さらに、オーバーコート層21の稜部を切削して、切欠部100を形成する。

【0062】

以上により、本実施形態の薄膜磁気ヘッド10が完成する。

【0063】

このように、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド10は、比較的複雑な再生ヘッド部30及び記録ヘッド部60の形成工程の後に行われる、比較的簡単なオーバーコート層21を形成する工程において発熱層80を形成すればよいので、低コストでの製造が可能となる。

【0064】

続いて、イオンミリング等によって基台11aにスライダレールを形成することにより、図2に示したヘッドスライダ11が得られ、このヘッドスライダ11をジンバル12に搭載した後、サスペンションアーム13に接続することにより図1に示したヘッドジンバルアセンブリ15が完成する。また、ヘッドジンバルアセンブリ15を作製した後、ヘッドスライダ11がハードディスク2上を移動可能で、且つ、磁気信号の記録及び再生が可能となるように組み立てることにより、図1に示したハードディスク装置1が完成する。

10

20

30

40

50

## 【0065】

次に、本実施形態に係る変形例の構成を説明する。本実施形態においては、発熱層80の位置はオーバーコート層21内に限定されない。例えば、図7に示すように、発熱層80が、アンダーコート層113内に設けられていてもよい。この構成では、特に、記録ヘッド部60に比して発熱層80に近いGMR素子40を記録媒体2側に突出させることができる。

## 【0066】

また、図8に示すように、発熱層80が、記録ヘッド部60やGMR素子40を挟んでABS面と反対側に設けられていてもよい。この構成では、発熱層80が、記録ヘッド部60及びGMR素子40から各々離れているので、特に、記録ヘッド部60やGMR素子40が発熱による悪影響を受けにくくされる。

## 【0067】

さらに、例えば、図9に示すように、2つの発熱層80, 80を有していても良い。この変形例では、発熱層80, 80は、基台11aの表面に平行かつエアベアリング面Sに平行な方向に互いに離間されている。この構成では、特に、発熱層80の配置の自由度が高まる。なお、この場合の発熱層80の基台11aからの高さは、記録ヘッド部60や再生ヘッド部30と同じ高さでもよく、アンダーコート層113内となる高さでも良く、オーバーコート層21内となる高さでも良い。また、発熱層80, 80のABS面S側からの距離や離間される距離も限定されない。また、3つ以上の発熱層を有していても良い。

## 【0068】

また、本実施形態においては、例えば、図8に2点鎖線で示すように、発熱層80を取り囲むNiFe, FeAlSi合金等々の磁性材料からなるシールド層185が形成されていてもよい。この場合、発熱層80への通電時に、上述の構成によってもキャンセルされなかった微少な磁界が発生したとしても、このようなシールド層185に残存磁界が吸収されることで、再生時にGMR素子40が不要な磁界を感知したり、記録ヘッド部60における記録媒体2への書込に影響を及ぼしたりすることを防止できる。

## 【0069】

ここで、シールド層185は、例えば、発熱層80における底面の少なくとも一部を覆う第1層185aと、上面の少なくとも一部を覆う第2層185bと、発熱層80のエアベアリング面S側に位置すると共に第1層185aと第2層185bとを接続する第3層185cとから構成されている。このように第3層185cで発熱層80のエアベアリング面S側を覆うと共に第1層185aと第2層185bによってそれぞれ下側と上側を覆うことで、GMR素子40等に磁界による悪影響を及ぼすことを効果的に防止できる。また、発熱層80からの磁界の遮蔽率を向上させるために、第1層185a、第2層185b、及び第3層185cのエアベアリング面Sから見た幅を、発熱層80の幅よりも広くすることが好ましい。更に、第1層185a及び第2層185bは、発熱層80の一部でなく全面を覆うような寸法にしてもよい。

## 【0070】

(第二実施形態)

次に、図10を参照して、第二実施形態に係る薄膜磁気ヘッドを説明する。本実施形態が第一実施形態と異なる点は、発熱層80の形態のみであるので、以下発熱層のみについて述べる。

## 【0071】

この発熱層80は、ヘヤピン形状の単位部288を複数有すると共に、この単位部288同士を接続する接続部287を複数有し、層内を蛇行している。

## 【0072】

単位部288は、第一の点281と第二の点282との間をほぼ直線状に結びエアベアリング面Sに対してほぼ垂直に延在する上り部288aと、第二の点282の近傍の第三の点283から第一の点281の近傍の第四の点284までほぼ上り部288aに沿って直線状に延在する下り部288bと、第二の点282と第三の点283とを接続する折返し

10

20

30

40

50

部 288c と、を有し、略 U 字形状を成している。

【0073】

そして、この単位部 288 は、図 10 の左右方向、すなわち、上り部 288a の延在方向に交差する方向に複数設けられている。

【0074】

また、これらの単位部 288 同士は、各々接続部 287 によって各々直列に接続されており、全体で一つの抵抗体を構成している。具体的には、隣り合う単位部 288 の第一の点 281 と第四の点 284 とが接続部 287 によって各々接続されている。また、最外側の単位部 288Z, 288Y の端部は、それぞれ、引出電極 85a、85b と接続されている。

10

【0075】

そして、単位部 288 における上り部 288a と下り部 288b との間隔 89a は、単位部 288 同士の間隔 89b よりも小さくされている。

【0076】

具体的には、発熱層 80 の寸法として、例えば、間隔 89a を  $2\mu\text{m}$  とし、間隔 89b を  $6\mu\text{m}$  とし、単位部 288 や接続部 287 の幅を  $2\mu\text{m}$  とすることができるがこれに限定されない。

また、発熱層 80 において、ABS 面 S に対して略垂直な方向に延在する部分（上り部 288a、下り部 288b）の長さの総和は、ABS 面 S に対して略平行な方向に延在する部分（接続部 287、折返し部 288c）の長さの総和よりも大きくなるようにされている。

20

【0077】

そして、ヒータ用パッド 86a, 86b 間に電圧を印加して発熱層 80 に通電することで（例えば  $20\text{mA}$  程度の電流を流す）、発熱層 80 が発熱するようになっている。なお、この発熱層 80 の設置場所は、第一実施形態において示されたように、何れの場所でもよい。

【0078】

本実施形態によれば、第一実施形態と同様に、発熱層 80 の熱によって薄膜磁気ヘッド 10 が熱膨張し、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 とハードディスク 2 との間隔が低減され、高い再生出力を得ることができると共に、より高密度の書込等を行うことができる。また、発熱層 80 への通電量を制御することにより記録ヘッド部 60 の上部磁極 64 や下部磁極 61 あるいは GMR 素子 40 と記録媒体 2 との間の距離を制御できる。

30

【0079】

さらに、発熱層 80 においては、図 10 に示すように、各単位部 288 における上り部 288a と下り部 288b とが互いに沿うように設けられているので、アンペールの右ねじの法則から分かるように、各単位部 288 の上り部 288a と下り部 288b とにおいて通電により発生する各磁界が互いにキャンセルされる。また、このような単位部 288 同士の間隔 89b が各単位部 288 における上り部 288a と下り部 288b との間隔 89a よりも広くされているので、各単位部 288 が隣接する単位部 288 からの磁界の影響を受けにくくなり、各単位部 288 毎に磁界がキャンセルされる。このため、特に、並設された単位部 288 の内の最外側の単位部 288Z、288Y からの磁界の漏洩が少なくされる。

40

また、発熱層 80 において、ABS 面 S に対して略垂直な方向に延在する部分の長さの総和が、ABS 面 S に対して略平行な方向に延在する部分の長さの総和よりも大きくなるようにされているので、ヒーター自体が ABS 面 S に対して垂直な方向に膨張しやすくされており、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 を効率よく記録媒体 2 に向かって突出させられる。

【0080】

（第三実施形態）

次に、図 11 を参照して、第三実施形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。本実施

50

形態が第二実施形態と異なる点は、発熱層 80 の形態のみであるので、以下発熱層のみについて述べる。本実施形態の発熱層 80 が、第二実施形態に係る発熱層 80 と異なる点は、さらに、各接続部 287 に沿って配設された第一補助部 101 を備える点と、各折返し部 288c に沿って配設された第二補助部 102 を備える点である。

【0081】

第二補助部 102 の一端は、並設された複数の単位部 288 の内の最外側の一方の単位部 288Y の一端に、単位部 288Y と平行に設けられた第二接続部 103 を介して接続されている。第二接続部 103 と単位部 288Y との距離は、単位部 288 同士との距離と同程度とされている。そして、この第二補助部 102 の他端は、引出電極 85b と接続されている。

10

【0082】

また、第一補助部 101 の一端は、並設された複数の単位部 288 の内の最外側の他方の単位部 288Z の一端と接続され、第一補助部 101 の他端は、第三接続部 104 を介して引出電極 85a と接続されている。ここで、第三接続部 104 は、第二接続部 103 に沿って設けられている。第三接続部 104 と第二接続部 103 との間の距離は、単位部 288 における上り部と下り部との間の距離と同程度とされている。

【0083】

このような構成の発熱層 80 とした場合、第二実施形態の同様の作用効果が得られるのに加えて、次のような作用効果が得られる。すなわち、各単位部 288 における折返し部 288c で発生する磁界が、これら各折返し部 288c に沿う第二補助部 102 によって発生する磁界により低減される。また、各接続部 287 で発生する磁界が、第一補助部 101 によって発生する磁界により低減される。さらに、第二接続部 103 によって発生する磁界は、第三接続部 104 によって発生する磁界によってキャンセルされる。このため、第二実施形態に係る発熱層 80 よりも、漏れ磁界をより低減させることが可能となり、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 に与える影響がより低くなる。

20

【0084】

以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0085】

例えば、上記実施形態においては、薄膜磁気ヘッドは GMR 素子 40 と記録ヘッド部 60 とを共に有しているが、何れか一方を有する薄膜磁気ヘッドとしても良い。

30

【0086】

また、発熱層 80 は、第一実施形態に示された場所に限らず、薄膜磁気ヘッド 10 の何れの場所に設けてもよい。また、2つ以上の発熱層 80 を有していても良い。また、発熱層 80 の ABS 面側からの距離も限定されない。また、上記実施形態において、ABS 面 S に対して略垂直な方向に延在する部分の長さの総和が、ABS 面 S に対して略平行な方向に延在する部分の長さの総和よりも大きくなるように発熱層 80 が形成されているが、この条件を満たさない構成、例えば、ABS 面 S が、図 4 中の垂直方向かつ図 4 の紙面に対して垂直な方向に延びて、発熱層 80 よりも図 4 中左方に位置する構成としても動作は可能である。さらに、発熱層 80 の形態も限定されない。

40

【0087】

また、薄膜磁気ヘッドを面内記録方式ではなく、垂直記録方式としてもよい。

【0088】

更に、再生ヘッド部 30 において、上述の GMR 素子 40 の代わりに、CPP (Current Perpendicular to Plane) - GMR 素子、異方性磁気抵抗効果を利用する AMR (Anisotropy Magneto Resistive) 素子、トンネル接合で生じる磁気抵抗効果を利用する TMR (Tunnel-type Magneto Resistive) 素子等の他の MR 素子を利用してもよい。

【0089】

また、図 2 においては、記録ヘッド部 60 や GMR 素子 40 を含む薄膜磁気ヘッド 10 が

50

、スライダ 11 の先端部の内、トラックラインと直交するトラック幅方向の一方側の端部に設けられているが、他方側の端部でも、トラック幅方向の中央部に設けられていてもよく、要は、薄膜磁気ヘッド 10 が、スライダ 11 で A B S 面 S に臨む位置に設けられていれば良い。

【 0 0 9 0 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子や磁気抵抗効果素子と、記録媒体と、の間隔をより微少することが可能な薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るハードディスク装置の一実施形態を示す斜視図である。

【図 2】ヘッドスライダを示す斜視図である。

【図 3】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの一例を示す断面図である。

【図 4】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの発熱層を示す平面図である。

【図 5】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドのヘッド本体部が熱膨張している様子を示す模式図である。

【図 6】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図 7】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの変形例を示す断面図である。

【図 8】第一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの他の変形例を示す断面図である。

【図 9】第二実施形態に係る薄膜磁気ヘッドにおけるさらに他の変形例を示すものであり、エアベアリング面に垂直に破断した斜視図である。

【図 10】第二実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの発熱層を示す平面図である。

【図 11】第三実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの発熱層を示す平面図である。

【符号の説明】

1・・・ハードディスク装置、2・・・ハードディスク（記録媒体）、10・・・薄膜磁気ヘッド、11・・・ヘッドスライダ、11a...基台、12・・・ジンバル、13・・・サスペンションアーム、15・・・ヘッドジンバルアセンブリ、113・・・アンダーコート層、21・・・オーバーコート層、30・・・再生ヘッド部、32・・・下部シールド層、38・・・上部シールド層、40・・・GMR素子（磁気抵抗効果素子）、60・・・記録ヘッド部（電磁変換素子）、70・・・薄膜コイル、80・・・発熱層（発熱体）、101...第一補助部、102...第二補助部、180...始点、181・・・折返点、182...終点、185・・・シールド層、186...上り部、187...下り部、281...第一の点、282...第二の点、283...第三の点、284...第四の点、287...接続部、288...単位部、288a...上り部、288b...下り部、288c...折返し部、S・・・エアベアリング面（記録媒体対向面）。

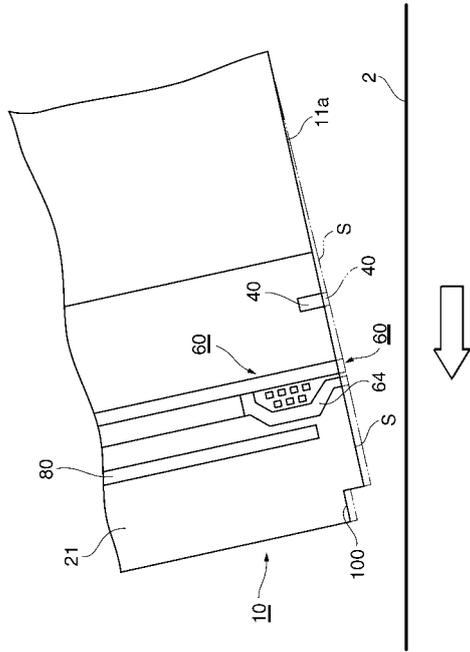
10

20

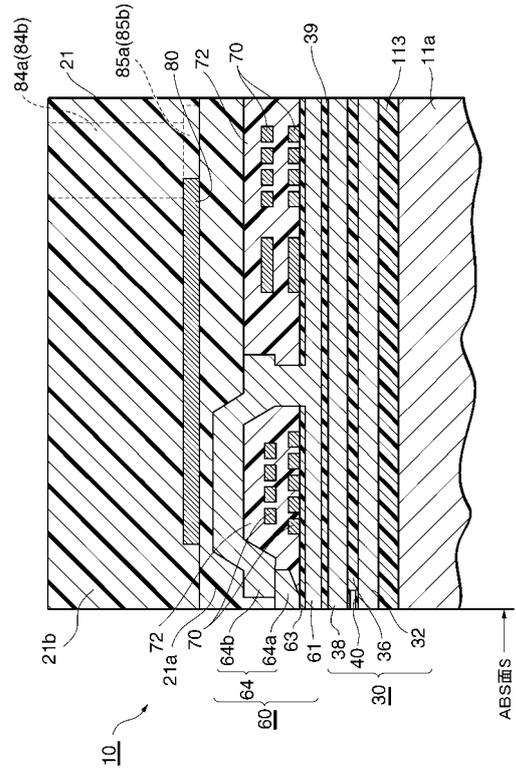
30



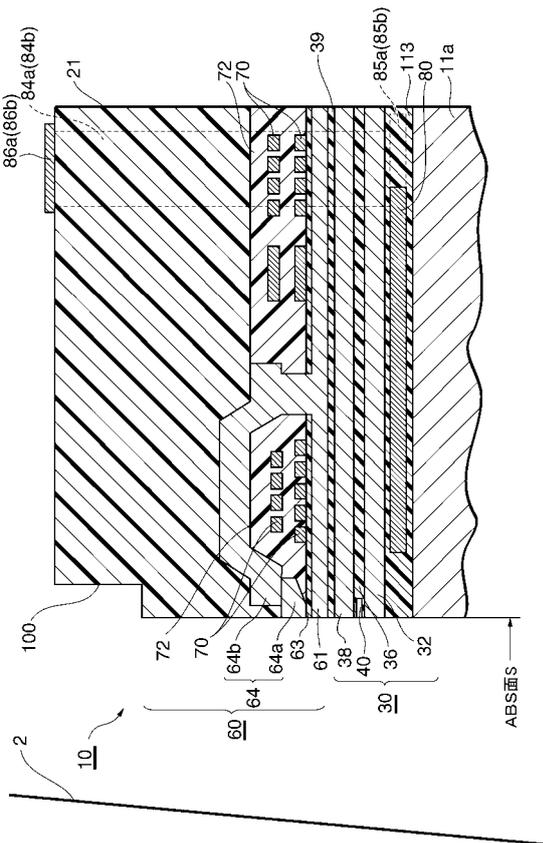
【 図 5 】



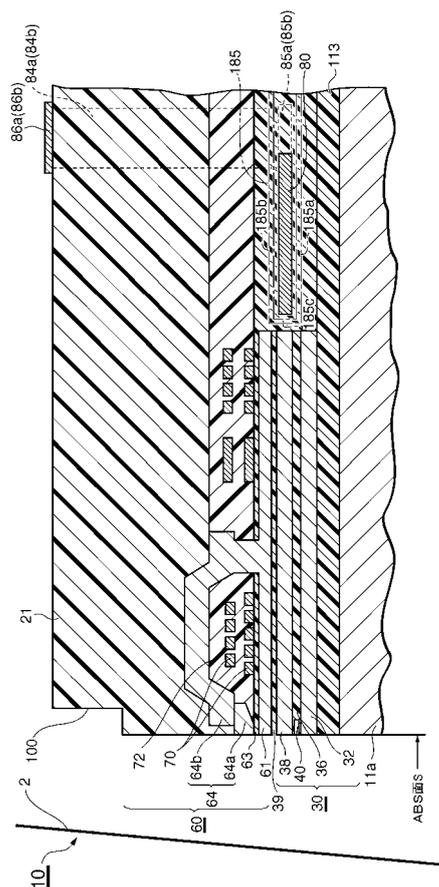
【 図 6 】



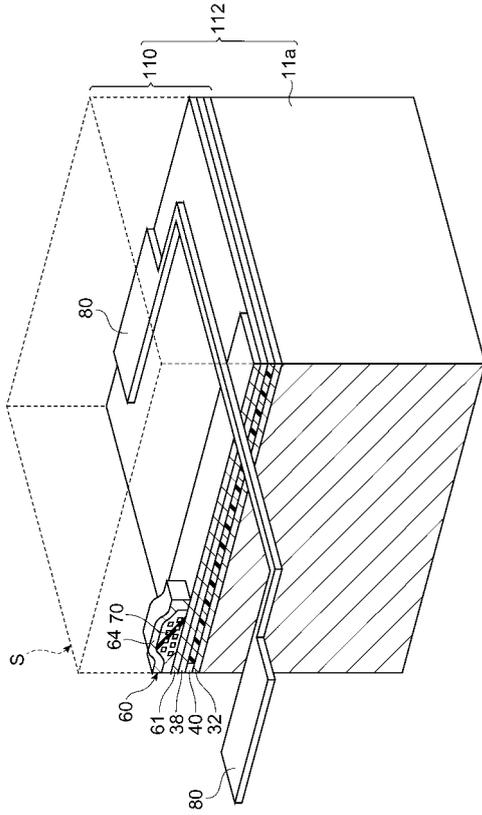
【 図 7 】



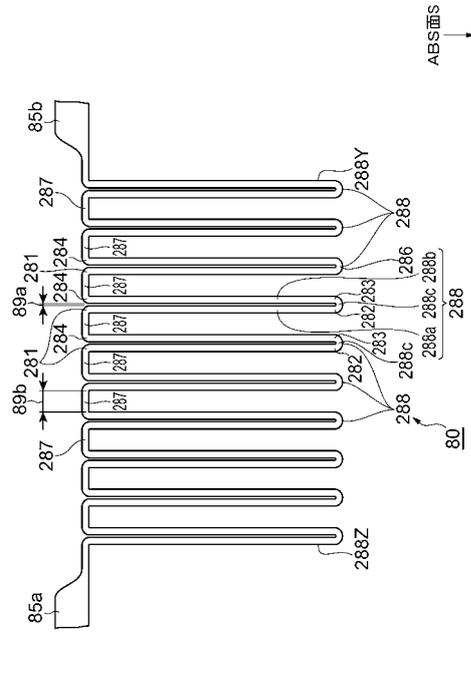
【 図 8 】



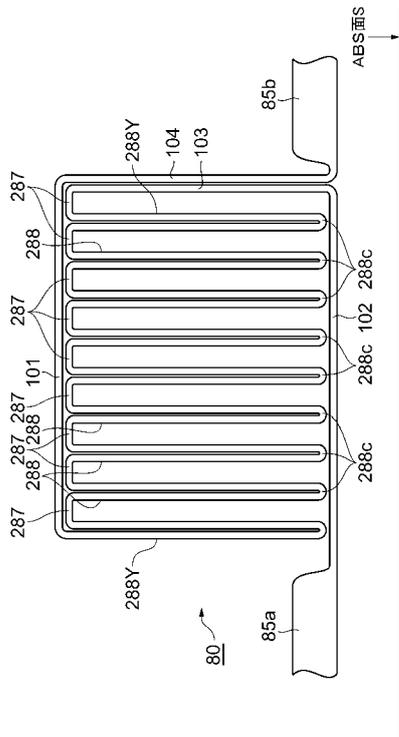
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



---

フロントページの続き

審査官 中村 豊

- (56)参考文献 特開平05 - 020635 (JP, A)  
特開平05 - 026467 (JP, A)  
国際公開第02 / 37480 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
G11B 5/31  
G11B 5/39