(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年3月31日(31.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/065044 A1

(51) 国際特許分類:
G11B 5/31 (2006.01) *G11B 5/64* (2006.01)
G11B 5/584 (2006.01) *G11B 5/70* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/033107

(22) 国際出願日： 2021年9月9日(09.09.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2020-160905 2020年9月25日(25.09.2020) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 金子 徹也 (**KANEKO Tetsuya**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

西村 健人 (**NISHIMURA Kento**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

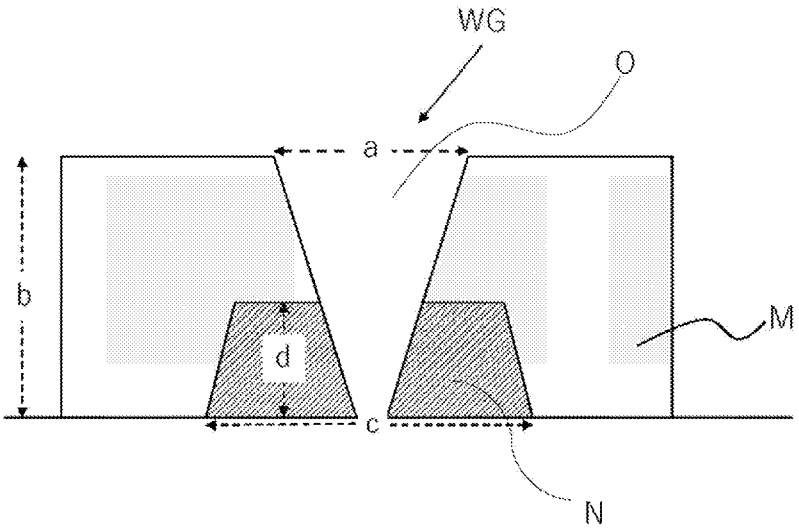
(74) 代理人: 特許業務法人特許事務所サイクス (**SIKS & CO.**); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目８番７号 京橋日殖ビル８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** MAGNETIC RECORDING HEAD AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME, MAGNETIC RECORDING DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称： 磁気記録ヘッドおよびその製造方法、磁気記録装置ならびに磁気記録媒体の製造方法

[図10A]



(57) **Abstract:** Provided is a magnetic recording head including a magnetic film including a write gap. The write gap has: a recording surface-side gap width which is narrower than a back surface-side gap width; and an opening which is formed, by ion beam machining, at a gap end on the recording surface side of the write gap. Also provided are: a magnetic recording device including the magnetic recording head; a method for manufacturing the magnetic recording head; and a method for manufacturing a magnetic recording medium having a servo pattern, the method including forming the servo pattern on a magnetic recording medium by using the magnetic recording head.

WO 2022/065044 A1

[続葉有]

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:ライトギャップを含む磁性膜を有し、上記ライトギャップにおいて記録面側ギャップ幅は裏面側ギャップ幅より狭くかつ上記ライトギャップの記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有する磁気記録ヘッド、上記磁気記録ヘッドを含む磁気記録装置、上記磁気記録ヘッドの製造方法、および磁気記録媒体に上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンを形成することを含むサーボパターンを有する磁気記録媒体の製造方法が提供される。

明　細　書

発明の名称 ：

磁気記録ヘッドおよびその製造方法、磁気記録装置ならびに磁気記録媒体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁気記録ヘッドおよびその製造方法、磁気記録装置ならびに磁気記録媒体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 磁気記録ヘッドによって磁気記録媒体の磁性層に磁化領域を形成することにより、磁気記録媒体に磁気的に情報を記録することができる。そのような情報の一例としては、サーボ信号が挙げられる。サーボ信号を得るために形成される磁化領域は、サーボパターンと呼ばれる。特許文献１には、サーボパターンの形成に使用される磁気記録ヘッドが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第６２６９５３３号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１には、磁気記録媒体に形成すべきサーボパターンの形状に対応した形状のギャップを、集束イオンビームによって形成することが開示されている（特許文献１の請求項１等）。特許文献１の第３欄６２行～６７行には、集束イオンビームによれば極めて繊細な（ｅｘｔｒｅｍｅｌｙ　ｐｒｅｃｉｓｅ）ギャップを形成できること等が記載されている。

[0005] そこで本発明者は、磁気記録ヘッドの製造工程において、イオンビーム加工によってギャップを形成することを検討した。かかる検討の中で、本発明者は、イオンビーム加工によって形成されたギャップを有する磁気記録ヘッ

ドの記録能力を高めることが望ましいと考えた。これは、以下の理由による。保磁力が高い磁気記録媒体は、熱的安定性に優れるため記録された情報の保持性に優れるものの、記録しづらい傾向がある。したがって、保磁力が高い磁気記録媒体への記録のためには、高い記録能力を有する磁気記録ヘッドが求められる。したがって、高保磁力の磁気記録媒体にも良好に記録を行うためには、磁気記録ヘッドの記録能力が高いことは望ましい。

[0006] 本発明の一態様は、イオンビーム加工によって形成されたギャップを有し、かつ高い記録能力を発揮することができる磁気記録ヘッドを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様は、

ライトギャップ（ｗｒｉｔｅ　ｇａｐ）を含む磁性膜を有し、

上記ライトギャップにおいて、記録面側ギャップ幅は裏面側ギャップ幅より狭く、かつ

上記ライトギャップの記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有する磁気記録ヘッド、

に関する。

[0008] 一形態では、上記磁気記録ヘッドは、サーボライト（ｓｅｒｖｏ　ｗｒｉｔｅ）ヘッドであることができる。

[0009] 一形態では、上記ライトギャップの記録面側ギャップ幅は、０．２μｍ以上１．５μｍ以下であることができる。

[0010] 一形態では、上記ライトギャップの裏面側ギャップ幅は、２．０μｍ以上２０．０μｍ以下であることができる。

[0011] 一形態では、上記磁性膜の厚みは、１．０μｍ以上１０．０μｍ以下であることができる。

[0012] 一形態では、上記ライトギャップは、裏面側のギャップ端部に非磁性材料部を含むことができる。

[0013] 一形態では、上記記磁性膜の厚みに対して、上記非磁性材料部の厚みは、

５％以上９０％以下であることができる。

[0014] 一形態では、上記非磁性材料部を構成する非磁性材料は、ケイ素酸化物であることができる。

[0015] 一形態では、上記磁性膜は、窒化鉄系合金膜であることができる。

[0016] 一形態では、上記イオンビーム加工は、集束イオンビーム加工であることができる。

[0017] 本発明の一態様は、上記磁気記録ヘッドを含む磁気記録装置に関する。

[0018] 一形態では、上記磁気記録装置は、サーボライター（ｓｅｒｖｏ　ｗｒｉｔｅｒ）であることができる。

[0019] 本発明の一態様は、

上記磁気記録ヘッドの製造方法であって、

基板上に非磁性材料部を形成すること、

上記基板上に上記非磁性材料部を覆うように磁性膜を形成すること、

上記磁性膜のライトギャップを形成すべき部分にイオンビーム加工によって開口部を形成すること、

を含み、かつ

上記イオンビーム加工される部分は、上記磁性膜と上記基板との間に上記非磁性材料部を有する製造方法、

に関する。

[0020] 一形態では、上記イオンビーム加工は、集束イオンビーム加工であることができる。

[0021] 本発明の一態様は、磁気記録媒体に上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンを形成することを含む、サーボパターンを有する磁気記録媒体の製造方法に関する。

[0022] 一形態では、上記サーボパターンは、タイミングベースサーボパターンであることができる。

[0023] 一形態では、上記磁気記録媒体の垂直方向保磁力は、２８０００ｅ以上であることができる。

発明の効果

[0024] 本発明の一態様によれば、イオンビーム加工によって形成されたギャップを有し、かつ高い記録能力を発揮することができる磁気記録ヘッド、この磁気記録ヘッドを含む磁気記録装置、およびこの磁気記録ヘッドの製造方法を提供することができる。また、本発明の一態様によれば、磁気記録媒体に上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンを形成することを含む磁気記録媒体の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]磁気テープにおけるデータバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。

[図2]ＬＴＯ（Ｌｉｎｅａｒ　Ｔａｐｅ－Ｏｐｅｎ）　Ｕｌｔｒｉｕｍフォーマットテープのサーボパターン配置例を示す。

[図3]アジマス角αの説明図である。

[図4]アジマス角αの説明図である。

[図5]磁気記録ヘッドにおけるライトギャップの配置例を示す。

[図6A]ギャップ幅の測定位置の説明図である。

[図6B]ギャップ幅の測定位置の説明図である。

[図7]上記磁気記録ヘッドの一例を示す斜視図である。

[図8]図７に示す磁気記録ヘッド２０の断面図である。

[図9]図８に示す磁気記録ヘッド２０の断面図の一部拡大図である。

[図10A]磁性膜のライトギャップを有する部分の拡大図（断面図）である。

[図10B]磁性膜のライトギャップを有する部分の拡大図（断面図）である。

[図11]図１０Ａに示すライトギャップの形成方法の説明図を示す。

[図12]サーボライターの構成を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0026] ［磁気記録ヘッド］

本発明の一態様は、ライトギャップを含む磁性膜を有し、上記ライトギャップにおいて、記録面側ギャップ幅は裏面側ギャップ幅より狭く、かつ上記ライトギャップの記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成さ

れた開口部を有する磁気記録ヘッドに関する。

[0027] 本発明および本明細書において、磁気記録ヘッドの磁性膜に含まれる「ライトギャップ」とは、磁気的な間隔であって、記録のための漏れ磁界を発生させる間隔である。かかる磁気的な間隔の幅が、ギャップ幅である。磁気的な間隔には、物理的な間隔、即ち開口部と、物理的には隔たっていないものの非磁性材料が存在することによって磁気的に隔たっている部分と、が包含される。以下に詳述するように、上記磁気記録ヘッドには、イオンビーム加工により形成された開口部を記録面側のギャップ端部に有するライトギャップが含まれる。

[0028] 本発明および本明細書において、「記録面側」とは、記録時に記録対象の磁気記録媒体の磁性層表面と接触状態または非接触状態で対向する磁気記録ヘッド表面側をいうものとし、かかる表面とは反対の表面側を「裏面側」というものとする。「磁性層（の）表面」とは、磁気記録媒体の磁性層側表面と同義である

[0029] 本発明および本明細書において、「記録面側ギャップ幅」とは、ライトギャップの記録面側の末端部におけるギャップ幅をいい、「裏面側ギャップ幅」とは、ライトギャップの裏面側の末端部におけるギャップ幅をいう。磁気記録ヘッドには、通常、複数のライトギャップが設けられている。上記磁気記録ヘッドでは、少なくとも１つのライトギャップが、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭く、かつ記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有するライトギャップであり、好ましくはすべてのライトギャップが、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭く、かつ記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有するライトギャップである。以下において、「記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭く、かつ記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有するライトギャップ」を、「記録面側幅狭ライトギャップ」と呼ぶ。本発明および本明細書において、「記録面側のギャップ端部」とは、ライトギャップの記録面側の末端部を含む末端部側の部分を

いうものとする。「裏面側のギャップ端部」とは、ライトギャップの裏面側の末端部を含む末端部側の部分をいうものとする。各ライトギャップにおいて記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭いことは、以下の測定の測定結果に基づき判定される。記録面側および裏面側において、それぞれ３箇所でギャップ幅を測定する。ギャップ幅の測定の詳細は後述する。記録面側および裏面側について、それぞれ測定された値の算術平均を、そのライトギャップの記録面側ギャップ幅および裏面側ギャップ幅として判定を行う。

[0030] また、測定対象の磁気記録ヘッドにおける「ライトギャップの記録面側ギャップ幅」とは、１つのライトギャップにおいて３箇所で記録面側ギャップ幅を測定することを、その磁気記録ヘッドが有するすべての記録面側幅狭ライトギャップについて行って得られた値の算術平均として求められる。測定対象の磁気記録ヘッドにおける「ライトギャップの裏面側ギャップ幅」とは、１つのライトギャップにおいて３箇所で裏面側ギャップ幅を測定することを、その磁気記録ヘッドが有するすべての記録面側幅狭ライトギャップについて行って得られた値の算術平均として求められる。

[0031] 各ライトギャップにおけるギャップ幅の測定箇所は、そのライトギャップの中央部付近と、一方の末端部の近傍（例えば末端部から１０μｍ程度の箇所）と、他方の末端部の近傍（例えば末端部から１０μｍ程度の箇所）と、の３箇所とする。ギャップ幅の測定は、レーザー顕微鏡、走査電子顕微鏡（ＳＥＭ；Ｓｃａｎｎｉｎｇ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎ　Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）等の測長機能を有する公知の測定装置によって行うことができる。測定は、非破壊検査または破壊検査によって行われる。例えば、記録面側ギャップ幅は、磁気記録ヘッドを記録面側から平面視観察することで非破壊に測定することができる。ただし、記録面側ギャップ幅を破壊検査を行って測定することもできる。一方、裏面側ギャップ幅は、通常、破壊検査を行い測定することができる。例えば、ライトギャップを含む部分の断面試料をギャップ幅の測定箇所において作製し、この断面試料において裏面側ギャップ幅を測定することができる。例えば、後述する方向で断面を露出させることによって、ギ

ャップ幅を測定可能な断面試料を作製することができる。断面試料の作製は、公知の方法によって行うことができる。断面試料の作製方法としては、ミクロトーム等を使用して機械的に断面を形成する方法、ＦＩＢ加工等のイオンビーム加工、レーザー加工等のエネルギーを与えて断面を形成する方法等を挙げることができる。磁気記録ヘッドの材料として通常使用され得る材料の硬度を考慮すると、ＦＩＢ加工等のイオンビーム加工によって断面試料を作製することが好ましい。また、物理的には隔たっていないものの非磁性材料が存在することによって磁気的に隔たっている部分に関して、非磁性材料によって構成されている部分であるか磁性材料によって構成されている部分であるかは、公知の方法によって、例えば、エネルギー分散型Ｘ線分光法、オージェ電子分光法等の元素分析および／または組成分析手法によって、特定できる。

[0032] 以下に、磁気記録ヘッドによって磁気記録媒体（具体的には磁気テープ）の磁性層に形成される磁化領域の一例であるサーボパターンを形成するための磁気記録ヘッドの一形態について説明する

[0033] サーボ信号を利用するヘッドトラッキングを行うシステム（以下、「サーボシステム」と記載する。）としては、近年、タイミングベースサーボ方式のサーボシステムが広く用いられている。タイミングベースサーボ方式のサーボシステム（以下、「タイミングベースサーボシステム」と記載する。）では、２種以上の異なる形状の複数のサーボパターンを磁性層に形成し、サーボ信号読取素子が、異なる形状の２つのサーボパターンを再生した（読み取った）時間間隔と、同種の形状の２つのサーボパターンを再生した時間間隔と、によりサーボ信号読取素子の位置を認識する。本発明および本明細書における「タイミングベースサーボパターン」とは、タイミングベースサーボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンをいう。タイミングベースサーボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンは、サーボパターンを形成するためのヘッドであるサーボライトヘッド（ｓｅｒｖｏ　ｗｒｉｔｅ　ｈｅａｄ）により、磁性層に２種以上の異

なる形状の複数のサーボパターンとして形成される。一例では、２種以上の異なる形状の複数のサーボパターンが、同種の形状の複数のサーボパターンごとに連続して一定の間隔をもって配置される。他の一例では、異なる種類のサーボパターンが交互に配置される。サーボパターンが同種の形状であることに関しては、サーボパターンの形成において通常生じ得る程度の形状の違いは不問とする。タイミングベースサーボシステムにおけるヘッドトラッキングが可能なサーボパターンの形状およびサーボバンド上での配置は公知であり、具体的形態は後述する。

[0034] 例えば、現在広く用いられているリニア記録方式では、一般に、タイミングベースサーボシステムが採用されている。かかるシステムに適用される磁気テープには、通常、磁性層に、サーボパターンが形成された領域（「サーボバンド」と呼ばれる）が磁気テープの長手方向に沿って複数存在する。２本のサーボバンドに挟まれた領域は、データバンドと呼ばれる。データ（磁気信号）の記録はデータバンド上で行われ、各データバンドには複数のデータトラックが長手方向に沿って形成される。図１に、データバンドおよびサーボバンドの配置例を示す。図１中、磁気テープ１の磁性層には、複数のサーボバンド１０が、ガードバンド（Ｇｕａｒｄ　Ｂａｎｄ）１２に挟まれて配置されている。２本のサーボバンドに挟まれた複数の領域１１が、データバンドである。サーボパターンは、磁化領域であって、サーボライトヘッドにより磁性層の特定の領域を磁化することによって形成される。サーボライトヘッドにより磁化する領域（サーボパターンを形成する位置）は規格により定められている。例えば業界標準規格であるＬＴＯ（Ｌｉｎｅａｒ　Ｔａｐｅ－Ｏｐｅｎ）Ｕｌｔｒｉｕｍフォーマットテープには、磁気テープ製造時に、図２に示すようにテープ幅方向に対して傾斜した複数のサーボパターンが、サーボバンド上に形成される。詳しくは、図２中、サーボバンド１０上のサーボフレームＳＦは、サーボサブフレーム１（ＳＳＦ１）およびサーボサブフレーム２（ＳＳＦ２）から構成される。サーボサブフレーム１は、Ａバースト（図２中、符号Ａ）およびＢバースト（図２中、符号Ｂ）から構

成される。ＡバーストはサーボパターンＡ１～Ａ５から構成され、ＢバーストはサーボパターンＢ１～Ｂ５から構成される。一方、サーボサブフレーム２は、Ｃバースト（図２中、符号Ｃ）およびＤバースト（図２中、符号Ｄ）から構成される。ＣバーストはサーボパターンＣ１～Ｃ４から構成され、ＤバーストはサーボパターンＤ１～Ｄ４から構成される。このような１８本のサーボパターンが５本と４本のセットで、５、５、４、４、の配列で並べられたサーボサブフレームに配置され、サーボフレームを識別するために用いられる。図２には、１つのサーボフレームを示した。ただし、各サーボバンドには、複数のサーボフレームが走行方向に配置される。図２中、矢印は磁気テープの走行方向を示している。矢印の進行方向側が上流側であり、反対側が下流側である。

[0035] 図３および図４は、アジマス角αの説明図である。図２に示すサーボパターンにおいて、サーボパターンＡ１～Ａ５、Ｃ１～Ｃ４のように走行方向の上流側に向けて傾斜しているサーボパターンについては、下流側のエッジ$Ｅ_{Ｌ}$の端部２箇所を結ぶ線分（図３中、破線Ｌ１）とテープ幅方向（図３中、破線Ｌ２）とのなす角度が、アジマス角αである。一方、サーボパターンＢ１～Ｂ５、Ｄ１～Ｄ４のように走行方向の下流側に向けて傾斜しているサーボパターンについては、下流側のエッジ$Ｅ_{Ｌ}$の端部２箇所を結ぶ線分（図４中、破線Ｌ１）とテープ幅方向（図４中、破線Ｌ２）とのなす角度がアジマス角αである。

[0036] 磁気記録媒体の磁性層にサーボパターンを形成する磁気記録ヘッドが、サーボライトヘッドである。上記のようなサーボパターンを形成するための磁気記録ヘッド（サーボライトヘッド）におけるライトギャップの配置例を図５に示す。図５は、磁気記録ヘッドの記録面側から磁性膜を観察した概略平面図であり、「／＼」の一対のライトギャップが、長手方向Ｌに５対設けられている。したがって、磁気記録ヘッドの磁性膜Ｍには、合計１０本のライトギャップＷＧ（図中の白抜き部）が設けられている。各ライトギャップは、長手方向に対して、磁気記録媒体の磁性層に形成すべきサーボパターンと

同じアジマス角αで傾斜している。記録時、記録対象の磁気記録媒体の磁性層表面と接触状態または非接触状態で対向する磁気記録ヘッドにパルス電流を印加して所定のサーボパターンを形成すべき位置でライトギャップ間に漏れ磁界を生じさせることによって、５本のサーボバンド上にそれぞれ、図２に示す配置でサーボパターンを形成することができる。例えば、パルス電流の印加によって、「／ ＼」の一対のライトギャップにより、一対のサーボパターン（サーボパターンＡ１とサーボパターンＢ１）を形成することができ、順次、サーボパターンＡ２とサーボパターンＢ２、サーボパターンＡ３とサーボパターンＢ３、サーボパターンＡ４とサーボパターンＢ４、サーボパターンＡ５とサーボパターンＢ５、サーボパターンＣ１とサーボパターンＤ１、サーボパターンＣ２とサーボパターンＤ２、サーボパターンＣ３とサーボパターンＤ３、サーボパターンＣ４とサーボパターンＤ４、を形成することができる。こうしてサーボパターン対の形成を繰り返すことによって、複数のサーボフレームＳＦを順次、磁気記録媒体の磁性層のサーボバンドの長手方向に形成することができる。

[0037] 図６Ａおよび図６Ｂは、ギャップ幅の測定位置の説明図である。アジマス角αで傾斜しているライトギャップについて、ギャップ幅の測定方向は、アジマス角方向に直交する方向とする。図６Ａおよび図６Ｂ中、点線矢印はアジマス角方向を示し、実線矢印はギャップ幅の測定方向を示す。記録面側ギャップ幅の測定箇所は、１つのライトギャップについて、先に記載したように３箇所である。裏面側ギャップ幅の測定箇所も、１つのライトギャップについて、先に記載したように３箇所である。図６Ａには、ＡバーストおよびＣバーストのサーボパターンを形成するためのライトギャップが示されている。図６Ｂには、ＢバーストおよびＤバーストのサーボパターンを形成するためのライトギャップが示されている。

[0038] 上記では、タイミングベースサーボシステムに適用可能な磁気記録媒体の磁性層にサーボパターンを形成するための磁気記録ヘッド（サーボライトヘッド）を例に説明した。ただし、上記磁気記録ヘッドは、タイミングベース

サーボパターンを形成するためのものに限定されず、例えば振幅ベースサーボ方式でのヘッドトラッキングを可能とするサーボパターンを形成するためのものであってもよい。 タイミングベースサーボ方式のヘッドトラッキングの詳細については、例えば、米国特許第５６８９３８４号、米国特許第６５４２３２５号および米国特許第７８７６５２１号の各明細書に記載の技術をはじめとする公知技術を参照できる。また、振幅ベースサーボ方式のヘッドトラッキングの詳細については、例えば、米国特許第５４２６５４３号および米国特許第５８９８５３３号の各明細書をはじめとする公知技術を参照できる。また、一形態では、上記磁気記録ヘッドは、データ記録のための磁気記録ヘッドとして使用することもできる。例えば、磁気記録媒体の既にサーボパターンが形成されている磁性層に各種情報（データ）を記録するための磁気記録ヘッドとして、上記磁気記録ヘッドを使用することもできる。

[0039] 本発明および本明細書において、「イオンビーム加工」とは、イオンビームを照射することによって開口部を形成する処理をいう。こうして形成される開口部には、磁性膜の記録面側の表面から裏面側の表面に貫通している貫通穴である形態と、磁性膜の記録面側の表面側の部分で開口し裏面側の表面には貫通していない形態と、が包含される。開口部が「イオンビーム加工によって形成された開口部」であることの特定に関して、磁性膜にイオンビームを照射してイオンビーム加工することによって形成された開口部は、物理的に開口した部分、即ち磁性材料も非磁性材料も存在しない部分であって、磁性膜の記録面側の表面から厚み方向に向かって開口幅が狭くなる特徴を有する。また、通常、記録面側の磁性膜表面において、開口部近傍にイオン照射によって変質した部分（所謂焼け跡）を確認できる。これは、通常、イオンビーム加工の加工対象領域を走査イオン顕微鏡（ＳＩＭ；Ｓｃａｎｎｉｎｇ Ｉｏｎ Ｍｉｃｒｏｓｃｐｏｐｅ）像によって指定するからである。

[0040] 上記の通り、イオンビーム加工によって磁性膜に形成される開口部は、磁性膜の記録面側の表面から厚み方向に向かって開口幅が狭くなる特徴を有する。したがって、単に磁性膜をイオンビーム加工することのみで作製された

ライトギャップは、記録面側ギャップ幅が、裏面側ギャップ幅より広くなる。ギャップ幅が広い記録面側では、磁気的抵抗が大きくなるため磁束が集束しづらくなってしまう。このことが、磁気記録ヘッドとしての記録能力を低下させる原因になると考えられる。

これに対し、本発明者は鋭意検討を重ねた結果、例えば後述するような製造方法を採用することによって、記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有しつつ、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭い磁気記録ヘッドの提供が可能になることを新たに見出した。かかる磁気記録ヘッドでは、裏面側で発生する磁場が高強度になりやすく、相対的に記録面側に磁束が集束しやすいと考えられる。このことが、記録能力向上に寄与すると推察される。ただし、本発明は、本明細書に記載の推察に限定されるものではない。

[0041] 本発明および本明細書において、「磁性」とは強磁性（ｆｅｒｒｏｍａｇｎｅｔｉｃ　ｐｒｏｐｅｒｔｙ）を意味し、「非磁性」とは強磁性ではないことを意味する。磁性としては、軟磁性が好ましく、非磁性については、比透磁率が一般的な高透磁率材料に比べて十分に１．０に近いことが好ましい。

[0042] 以下、上記磁気記録ヘッドについて、更に詳細に説明する。

[0043] ＜記録面側ギャップ幅、裏面側ギャップ幅＞

上記磁気記録ヘッドでは、少なくとも１つのライトギャップが、好ましくはすべてのライトギャップが、記録面側幅狭ライトギャップであり、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭い。

先に記載したように磁気記録ヘッドに含まれるすべての記録面側幅狭ライトギャップでの測定値の算術平均として算出されるライトギャップの記録面側ギャップ幅は、例えば０．１μｍ以上であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは、０．２μｍ以上であることが好ましく、０．５μｍ以上であることがより好ましい。また、かかるライトギャップの記録面側ギャップ幅は、例えば２．０μｍ以下であることができ、記録能力の更なる向上

の観点からは、１．５μｍ以下であることが好ましく、１．３μｍ以下であることがより好ましい。また、上記磁気記録ヘッドに含まれる各記録面側幅狭ライトギャップについて、先に記載したように３箇所での測定値の算術平均として求められる記録面側ギャップ幅も、上記範囲であることができ、上記範囲であることが好ましい。

一方、上記磁気記録ヘッドにおいて、先に記載したように磁気記録ヘッドに含まれるすべての記録面側幅狭ライトギャップでの測定値の算術平均として算出されるライトギャップの裏面側ギャップ幅は、例えば１．０μｍ以上であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは、２．０μｍ以上であることが好ましく、５．０μｍ以上であることがより好ましい。また、かかるライトギャップの裏面側ギャップ幅は、例えば２５．０μｍ以下であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは、２０．０μｍ以下であることが好ましく、１５．０μｍ以下であることがより好ましい。また、上記磁気記録ヘッドに含まれる各記録面側幅狭ライトギャップについて、先に記載したように３箇所での測定値の算術平均として求められる裏面側ギャップ幅も、上記範囲であることができ、上記範囲であることが好ましい。

また、先に記載したようにすべての記録面側幅狭ライトギャップでの測定値の算術平均として算出されるライトギャップの裏面側ギャップ幅とすべての記録面側幅狭ライトギャップでの測定値の算術平均として算出されるライトギャップの記録面側ギャップ幅との比（裏面側ギャップ幅／記録面側ギャップ幅）は、１．０超であることができ、１．５以上であることが好ましく、２．０以上であることがより好ましく、５．０以上であることが更に好ましい。また、上記の比は、例えば６０．０以下であることができ、５０．０以下であることが好ましく、４０．０以下であることがより好ましく、３０．０以下であることが更に好ましく、２０．０以下であることが一層好ましい。また、上記磁気記録ヘッドに含まれる各記録面側幅狭ライトギャップについて、先に記載したように３箇所での測定値の算術平均として求められる裏面側ギャップ幅と記録面側ギャップ幅との比（裏面側ギャップ幅／記録面

側ギャップ幅）も、上記範囲であることができ、上記範囲であることが好ましい。

[0044] ＜記録面側のギャップ端部＞

上記磁気記録ヘッドでは、少なくとも１つのライトギャップが、好ましくはすべてのライトギャップが、記録面側幅狭ライトギャップであって、記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有する。イオンビーム加工によれば、例えば米国特許第６２６９５３３号明細書（特許文献１）に記載されているように繊細なギャップ形成が可能であるものの、単にイオンビーム加工するのみでは、先に記載したように、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より広くなるため記録能力は低下してしまうと考えられる。これに対し、上記磁気記録ヘッドは、記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有するものの記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭いライトギャップを含むことによって、高い記録能力を発揮することができる。そのようなライトギャップを形成するための方法について、詳細は後述する。

[0045] 以下、上記磁気記録ヘッドについて、更に詳細に説明する。

[0046] ＜磁気記録ヘッドの構成例＞

以下、上記磁気記録ヘッドの構成例を図面を参照して説明する。ただし、図面に示す形態は例示であって、かかる形態に本発明は限定されない。

[0047] 上記磁気記録ヘッドは、リング型磁気記録ヘッドであることができ、インダクティブヘッドであることができる。インダクティブヘッドは、一般に電磁誘導型ヘッドまたは磁気誘導型ヘッドとも呼ばれる。インダクティブヘッドは、コイルに電流を流してヘッドコアのライトギャップから漏れ磁界を発生させ、この漏れ磁界によって、磁気記録媒体の磁性層に磁化領域を形成することができる。

[0048] 図７は、上記磁気記録ヘッドの一例を示す斜視図である。図７は、磁気記録ヘッドを記録面側から観察した状態の斜視図である。図７に示す磁気記録ヘッド２０は、ヘッドブロック２１と、シールドケース２２と、コイル２５

（図８参照）と、を有する。

[0049] シールドケース２２は、磁気記録ヘッド２０が有するコイル２５（図８参照）から発生する磁界をシールドし、および／または、外部の他の部品からの磁界をシールドするためのケースである。シールドケース２２は、磁界をシールド可能な公知の材料から形成された、内部が中空の直方体形状のケースであることができる。

[0050] シールドケース２２の上部には、ヘッドブロック２１をシールドケース２２から露出させるための開口２４が設けられている。また、シールドケース２２の下部には、コイル２５と繋がる導線２３をシールドケース２２の外部に引き出すための開口が設けられている。

[0051] 図８は、図７に示す磁気記録ヘッド２０の断面図である。図８に示す断面図は、磁気記録ヘッド２０の長手方向Ｌと直交する方向である幅方向Ｗにおける断面図である。

[0052] ヘッドブロック２１は、コア部２０１と、その上に磁性膜Ｍを有する基板２０２と、を有する。コイル２５によってコア部２０１が励磁されると、磁性膜のライトギャップが、磁性膜を通過しようとする磁束を妨げる。これにより、ライトギャップの位置で漏れ磁界が発生する。この漏れ磁界によって、磁気記録媒体の磁性層に磁化領域を形成すること、即ち記録を行うことができる。

[0053] コア部２０１を構成する材料としては、リング型磁気記録ヘッドのコア部に通常使用される磁性材料を用いることができる。磁性材料としては、例えば、単結晶フェライト、多結晶フェライト等のフェライトが挙げられ、フェライトとしてはマンガン亜鉛系フェライトを例示できる。コア部２０１の上部における幅方向の中央近傍には、長手方向に沿って上下方向に貫通する開口２０３が形成されている。基板２０２は、この開口２０３を埋めるように、この開口２０３内に配置されている。

[0054] 基板２０２の材料としては、非磁性材料（例えば各種ガラス材料、各種セラミック材料）が挙げられる。

[0055] 図９は、図８に示す磁気記録ヘッド２０の断面図の一部拡大図である。基板２０２上に設けられた磁性膜Ｍには、ライトギャップＷＧが設けられている。

[0056] 磁性膜Ｍは、金属膜であることができる。ここで「金属膜」には、合金膜が包含される。金属膜は、１種以上の純金属および１種以上の合金からなる群から選択される１種以上の金属材料が堆積した堆積膜であることができ、１種以上の添加剤を含むことができ、および／または、不可避的に混入する１種以上の不純物を含み得る。磁性膜Ｍは、鉄系合金膜であることができる。ここで「系」とは、「含む」を意味する。鉄系合金膜は、好ましくは窒化鉄系合金膜であることができる。窒化鉄系合金としては、構成元素として、ＦｅとＮとともにＡｌ、Ｔａ等からなる群から選ばれる１種または２種以上を含むものが挙げられる。磁性膜は、スパッタ、真空蒸着等の物理気相成長（ＰＶＤ；Ｐｈｙｓｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）、化学気相成長（ＣＶＤ；Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）等の公知の成膜方法によって基板上に金属材料を堆積させた堆積膜であることができる。

[0057] 磁性膜Ｍの厚みは、例えば０．５μｍ以上であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは１．０μｍ以上であることが好ましく、３．０μｍ以上であることがより好ましい。また、磁性層Ｍの厚みは、例えば１２．０μｍ以下であることができ、均質な膜質の磁性膜の形成容易性の観点からは、１０．０μｍ以下であることが好ましく、８．０μｍ以下であることがより好ましい。

[0058] 磁性膜の厚みは、磁気記録ヘッドの磁性膜のライトギャップを有さない部分の無作為に選択した１箇所における厚みとする。かかる厚みは、磁性膜を含む部分の断面試料を作製し、この断面試料において測定することができる。断面試料の作製方法の具体例等については、先の記載を参照できる。測定は、ＳＥＭ等の測長機能を有する公知の測定装置によって行うことができる。

[0059] 図１０Ａおよび図１０Ｂは、磁性膜のライトギャップを有する部分の拡大図（断面図）である。以下において、図１０Ａと図１０Ｂとをまとめて、「図１０」と記載する。

[0060] 図１０中、磁性膜Ｍはライトギャップ ＷＧを有し、「ａ」は記録面側ギャップ幅、「ｂ」は磁性膜厚み、「ｃ」は裏面側ギャップ幅を示す。ライトギャップＷＧは、記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工によって形成された開口部Ｏを有する。イオンビーム加工によって形成された開口部は、上記磁気記録ヘッドが有する記録面側幅狭ライトギャップにおいて、少なくとも記録面側で物理的に開口し、磁性膜を貫通していることが好ましい。図１０には、開口部Ｏが裏面側に貫通している例が示されている。ただし、イオンビーム加工によって形成された開口部は、上記磁気記録ヘッドが有する記録面側幅狭ライトギャップにおいて裏面側に貫通していなくてもよい。後述するように、非磁性材料部によって磁気的な間隔をもたらすことができるからである。

[0061] 図１０Ａに示すライトギャップＷＧは、裏面側のギャップ端部に非磁性材料部Ｎを有する。図１０Ａでは、非磁性材料部が１層設けられている。図１０Ｂに示すライトギャップＷＧには、非磁性材料部が２層（非磁性材料部Ｎ１およびＮ２）設けられている。図１０に示す例では、非磁性材料部の断面形状は台形である。ただし、非磁性材料部の断面形状は、これに限定されるものではなく、円弧、正方形、長方形、多段構造等の任意の形状であることができる。

[0062] 非磁性材料部を構成する非磁性材料としては、ケイ素酸化物（例えばＳｉＯ$_2$）、チタン酸化合物（例えばＣａＴｉＯ$_3$、ＢａＴｉＯ$_3$）等の非磁性酸化物、アルミニウム、銅等を挙げることができる。非磁性材料部を構成する非磁性材料としては、コア部を構成する材料と熱膨張率が近いものが好ましい。先に記載したように、コア部を構成する材料としてはフェライトを挙げることができ、フェライトに熱膨張率が近いという観点から、非磁性材料部を構成する非磁性材料としては非磁性酸化物が好ましく、ケイ素酸化物がより

好ましい。

[0063] 非磁性材料部は、スパッタ、真空蒸着等の物理気相成長（ＰＶＤ）、化学気相成長（ＣＶＤ）等の公知の成膜方法によって基板上に非磁性材料を堆積させた堆積膜であることができる。１つのライトギャップに非磁性材料部が２層以上含まれている場合、それら非磁性材料部を構成する非磁性材料は同じであってもよく異なるものでもよい。

[0064] 非磁性材料部の厚み（図１０中、符号「ｄ」）は、磁性膜の厚み（図１０中、符号ｂ）に対して、即ち磁性膜の厚みを１００％として、例えば３％以上であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは、５％以上であることが好ましく、１０％以上であることがより好ましく、２０％以上であることが更に好ましい。非磁性材料部の厚みは、磁性膜の厚みに対して、例えば９５％以下であることができ、記録能力の更なる向上の観点からは、９０％以下であることが好ましく、８０％以下であることがより好ましく、７０％以下であることが更に好ましい。非磁性材料部の厚みは、非磁性材料部の層数が２層以上の場合には、それら２層以上の非磁性材料部の合計厚みとする。また、非磁性材料部の厚みは、例えば０．１μｍ以上であることができ、０．３μｍ以上であることが好ましく、０．５μｍ以上であることがより好ましく、また、１０．０μｍ以下であることができ、９．０μｍ以下であることが好ましく、８．０μｍ以下であることがより好ましい。

[0065] 上記磁気記録ヘッドでは、少なくとも１つのライトギャップが、好ましくはすべてのライトギャップが、記録面側幅狭ライトギャップである。磁気記録ヘッドについて記載する記録面側幅狭ライトギャップの非磁性材料部の厚みとは、その磁気記録ヘッドに含まれる非磁性材料部を有するすべての記録面側幅狭ライトギャップの非磁性材料部の厚みの算術平均とする。かかる算術平均は、上記範囲であることができ、上記範囲であることが好ましい。非磁性材料部を有する各記録面側幅狭ライトギャップにおける算術平均を求めるための非磁性材料部の厚みの測定は、非磁性材料部の無作為に選択した１箇所において行うものとする。非磁性材料部の厚みは、非磁性材料部を含む

部分の断面試料を作製し、この断面試料において測定することができる。測定は、ＳＥＭ等の測長機能を有する公知の測定装置によって行うことができる。また、非磁性材料部を有する各記録面側幅狭ライトギャップの非磁性材料部の厚みも、上記範囲であることができ、上記範囲であることが好ましい。

[0066] 図１０に示す例では、イオンビーム加工によって形成された開口部が非磁性材料部を貫通している。したがって、裏面側のギャップ端部にも、イオンビーム加工によって形成された開口部が存在する。ただし、ギャップ幅は磁気的な間隔の幅を意味するため、裏面側ギャップ幅は、非磁性材料部の幅（図１０中、符号「ｃ」）である。また、上記磁気記録ヘッドは、イオンビーム加工によって形成された開口部が非磁性材料部を貫通している形態に限定されず、裏面側のギャップ端部を含む少なくとも一部の部分に存在する非磁性材料部が、物理的な開口部を有さない中実部を含んでもよい。

[0067] 上記のような非磁性材料部を含む記録面側幅狭ライトギャップを有する磁気記録ヘッドは、例えば、以下に説明する製造方法によって製造することができる。

[0068] ［磁気記録ヘッドの製造方法］

上記磁気記録ヘッドは、基板上に非磁性材料部を形成すること、上記基板上に上記非磁性材料部を覆うように磁性膜を形成すること、上記磁性膜のライトギャップを形成すべき部分にイオンビーム加工によって開口部を形成すること、を含む製造方法によって製造することができる。上記イオンビーム加工される部分は、上記磁性膜と上記基板との間に上記非磁性材料部を有する。かかる製造方法によれば、記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有するとともに裏面側のギャップ端部に非磁性材料部を有するライトギャップを有する磁気記録ヘッドを製造することができる。

[0069] 図１１に、図１０Ａに示すライトギャップの形成方法の説明図を示す。以下、図１１を参照して上記製造方法の一例について説明する。ただし、上記

製造方法は、図１１に示す形態に限定されるものではない。

[0070] まず、コア部２０１の開口２０３内に配置された基板２０２上に、非磁性材料部Ｎを形成する（図１１（ａ））。基板２０２上に非磁性材料部Ｎを形成する方法としては、基板２０２上に非磁性材料の連続層を形成した後、リソグラフィプロセス等の公知のパターニング方法によって、非磁性材料のパターンとして非磁性材料部Ｎを形成する方法を挙げることができる。非磁性材料部を構成する非磁性材料および厚みについては、先に記載した通りである。非磁性材料の連続層の成膜方法については、ライトギャップの非磁性材料部に関する先の記載を参照できる。非磁性材料部Ｎ（パターン）の幅が、形成されるライトギャップの裏面側ギャップ幅となるため、パターンのサイズを調整することによって、裏面側ギャップ幅を制御することができる。

[0071] 図１０Ｂに示す例のように２層以上の非磁性材料部を設ける場合、例えば、１層目の非磁性材料の連続層のパターニングを行った後、形成された非磁性材料のパターンの上に２層目の非磁性材料の層をパターン状に形成する方法を採用できる。または、２層の非磁性材料の連続層を積層形成した後、パターニングを行ってもよい。

[0072] 次に、基板２０２上に上記非磁性材料部Ｎを覆うように磁性膜Ｍを形成する（図１１（ｂ））。磁性膜の厚みおよび成膜方法については先に記載した通りである。ここでは、基板２０２上に加えて、コア部２０１の表面にも磁性膜が形成される。これにより、図９に示すように、コア部２０１の記録面側に磁性膜Ｍを設けることができる。

[0073] その後、磁性膜の記録面側の表面に向かって、イオンビームＩＢ（Ｉｏｎ Ｂｅａｍ）を照射してイオンビーム加工を行う（図１１（ｃ））。こうして開口部を形成することができる。このように形成される開口部は、イオンビーム加工の特徴から、深さ方向に向かって幅狭になる。ただし、上記のように非磁性材料部を設けているため、非磁性材料部Ｎのパターンの幅を、イオンビーム加工によって記録面側に形成される開口部の開口幅より大きくすることによって、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭いライトギ

ャップを形成することができる。

[0074] イオンビーム加工は、加工対象にイオンビームを照射することによって開口部を形成可能な公知のイオンビーム加工によって行うことができる。イオンビーム加工は、一般にイオンミリング（Ｉｏｎ　Ｍｉｌｌｉｎｇ）と呼ばれる加工によって行うことができ、加工精度等の観点からは集束イオンビーム（ＦＩＢ；Ｆｏｃｕｓｅｄ　Ｉｏｎ　Ｂｅａｍ）加工であることが好ましい。イオンビームとは、イオンを電界で加速させたビームであって、集束イオンビームとは、イオンビームをレンズ等で集束させたイオンビームである。集束イオンビーム加工は、一般にＦＩＢ加工とも呼ばれる。集束イオンビーム加工は、市販のまたは公知の構成の集束イオンビーム装置を用いて行うことができる。加工条件は、加工対象の材料の種類、膜厚等に応じて設定すればよい。

[0075] 上記製造方法のその他の詳細については、磁気記録ヘッドの製造に関する公知技術を採用できる。

[0076] ［磁気記録装置］

本発明の一態様は、上記磁気記録ヘッドを含む磁気記録装置に関する。

[0077] サーボライトヘッドを有し、磁気記録媒体の磁性層へサーボライトヘッドによってサーボパターンを形成する磁気記録装置がサーボライターである。上記磁気記録装置は、一形態ではサーボライターであることができる。

[0078] 図１２は、サーボライターの構成を示す概略図である。図１２に示すサーボライター３０は、サーボパターン形成前の磁気テープ１を送り出すリール３１と、サーボパターンが形成された磁気テープ１を巻き取るリール３２と、を有する。図１２中の矢印は、磁気テープ１の搬送方向を示す。磁気テープ１の搬送路には、複数のガイド３３と、搬送される磁気テープ１の張力を調整する張力調整装置Ｔが配置されている。搬送される磁気テープ１の磁性層に、磁気記録ヘッド（サーボライトヘッド）２０がサーボパターンを形成する。書込信号発生回路３４は、磁気記録ヘッド（サーボライトヘッド）２０にサーボパターン形成のためのパルス信号を送信する。これにより、磁気

記録ヘッド（サーボライトヘッド）２０のライトギャップＷＧから漏れ磁界が発生し、この漏れ磁界によって、磁気記録媒体の磁性層に磁化領域(サーボパターン)を形成することができる。

[0079] ［サーボパターンが形成された磁気記録媒体の製造方法］

本発明の一態様は、磁気記録媒体に上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンを形成することを含む、サーボパターンを有する磁気記録媒体の製造方法に関する。

[0080] ＜サーボパターンの形成＞

サーボパターンの形成のためには、例えば図１２に示すサーボライターを用いることができる。ただし、これに限定されない。

[0081] 形成されるサーボパターンは、一形態では、タイミングベースサーボパターンであることができる。ＥＣＭＡ（Ｅｕｒｏｐｅａｎ Ｃｏｍｐｕｔｅｒ Ｍａｎｕｆａｃｔｕｒｅｒｓ Ａｓｓｏｃｉａｔｉｏｎ）－３１９（Ｊｕｎｅ ２００１）に示される通り、ＬＴＯ（Ｌｉｎｅａｒ Ｔａｐｅ－Ｏｐｅｎ）規格に準拠した磁気テープ（一般に「ＬＴＯテープ」と呼ばれる。）では、タイミングベースサーボ方式が採用されている。このタイミングベースサーボ方式において、サーボパターンは、互いに非平行な一対の磁気ストライプ（「サーボストライプ」とも呼ばれる。）が、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置されることによって構成されている。上記のように、サーボパターンが互いに非平行な一対の磁気ストライプにより構成される理由は、サーボパターン上を通過するサーボ信号読み取り素子に、その通過位置を教えるためである。具体的には、上記の一対の磁気ストライプは、その間隔が磁気テープの幅方向に沿って連続的に変化するように形成されており、サーボ信号読み取り素子がその間隔を読み取ることによって、サーボパターンとサーボ信号読み取り素子との相対位置を知ることができる。この相対位置の情報が、データトラックのトラッキングを可能にする。そのために、サーボパターン上には、通常、磁気テープの幅方向に沿って、複数のサーボトラックが設定されている。

[0082] サーボバンドは、磁気テープの長手方向に連続するサーボパターンにより構成される。このサーボバンドは、通常、磁気テープに複数本設けられる。例えば、ＬＴＯテープにおいて、その数は５本である。隣接する２本のサーボバンドに挟まれた領域が、データバンドである。データバンドは、複数のデータトラックで構成されており、各データトラックは、各サーボトラックに対応している。

[0083] また、一形態では、特開２００４－３１８９８３号公報に示されているように、各サーボバンドには、サーボバンドの番号を示す情報（「サーボバンドＩＤ（ｉｄｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ）」または「ＵＤＩＭ（Ｕｎｉｑｕｅ ＤａｔａＢａｎｄ Ｉｄｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ Ｍｅｔｈｏｄ）情報」とも呼ばれる。）が埋め込まれている。このサーボバンドＩＤは、サーボバンド中に複数ある一対のサーボストライプのうちの特定のものを、その位置が磁気テープの長手方向に相対的に変位するように、ずらすことによって記録されている。具体的には、複数ある一対のサーボストライプのうちの特定のもののずらし方を、サーボバンド毎に変えている。これにより、記録されたサーボバンドＩＤはサーボバンド毎にユニークなものとなるため、一つのサーボバンドをサーボ信号読み取り素子で読み取るだけで、そのサーボバンドを一意に（ｕｎｉｑｕｅｌｙ）特定することができる。

[0084] 尚、サーボバンドを一意に特定する方法には、ＥＣＭＡ－３１９（Ｊｕｎｅ ２００１）に示されているようなスタッガード方式を用いたものもある。このスタッガード方式では、磁気テープの長手方向に連続的に複数配置された、互いに非平行な一対の磁気ストライプ（サーボストライプ）の群を、サーボバンド毎に磁気テープの長手方向にずらすように記録する。隣接するサーボバンド間における、このずらし方の組み合わせは、磁気テープ全体においてユニークなものとされているため、２つのサーボ信号読み取り素子によりサーボパターンを読み取る際に、サーボバンドを一意に特定することも可能となっている。

[0085] また、各サーボバンドには、ＥＣＭＡ－３１９（Ｊｕｎｅ ２００１）に

示されている通り、通常、磁気テープの長手方向の位置を示す情報（「ＬＰＯＳ（Ｌｏｎｇｉｔｕｄｉｎａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎ）情報」とも呼ばれる。）も埋め込まれている。このＬＰＯＳ情報も、ＵＤＩＭ情報と同様に、一対のサーボストライプの位置を、磁気テープの長手方向にずらすことによって記録されている。ただし、ＵＤＩＭ情報とは異なり、このＬＰＯＳ情報では、各サーボバンドに同じ信号が記録されている。

[0086] 上記のＵＤＩＭ情報およびＬＰＯＳ情報とは異なる他の情報を、サーボバンドに埋め込むことも可能である。この場合、埋め込まれる情報は、ＵＤＩＭ情報のようにサーボバンド毎に異なるものであってもよいし、ＬＰＯＳ情報のようにすべてのサーボバンドに共通のものであってもよい。

また、サーボバンドに情報を埋め込む方法としては、上記以外の方法を採用することも可能である。例えば、一対のサーボストライプの群の中から、所定の対を間引くことによって、所定のコードを記録するようにしてもよい。

[0087] 磁気テープにサーボパターンを形成する前には、磁気テープに対して、通常、消磁（イレース）処理が施される。このイレース処理は、直流磁石または交流磁石を用いて、磁気テープに一様な磁界を加えることによって行うことができる。イレース処理には、ＤＣ（Ｄｉｒｅｃｔ　Ｃｕｒｒｅｎｔ）イレースとＡＣ（Ａｌｔｅｒｎａｔｉｎｇ　Ｃｕｒｒｅｎｔ）イレースとがある。ＡＣイレースは、磁気テープに印加する磁界の方向を反転させながら、その磁界の強度を徐々に下げることによって行われる。一方、ＤＣイレースは、磁気テープに一方向の磁界を加えることによって行われる。ＤＣイレースには、更に２つの方法がある。第一の方法は、磁気テープの長手方向に沿って一方向の磁界を加える、水平ＤＣイレースである。第二の方法は、磁気テープの厚み方向に沿って一方向の磁界を加える、垂直ＤＣイレースである。イレース処理は、磁気テープ全体に対して行ってもよいし、磁気テープのサーボバンド毎に行ってもよい。

[0088] 形成されるサーボパターンの磁界の向きは、イレースの向きに応じて決ま

る。例えば、磁気テープに水平ＤＣイレースが施されている場合、サーボパターンの形成は、磁界の向きがイレースの向きと反対になるように行われる。これにより、サーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号の出力を、大きくすることができる。尚、特開２０１２－５３９４０号公報に示されている通り、垂直ＤＣイレースされた磁気テープに、上記ギャップを用いた磁気パターンの転写を行った場合、形成されたサーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号は、単極パルス形状となる。一方、水平ＤＣイレースされた磁気テープに、上記ギャップを用いた磁気パターンの転写を行った場合、形成されたサーボパターンが読み取られて得られるサーボ信号は、双極パルス形状となる。

[0089] ＜サーボパターンが形成される磁気記録媒体＞

磁気記録媒体には、テープ状の磁気記録媒体（即ち磁気テープ）とディスク状の磁気テープ（即ち磁気ディスク）とがある。また、磁気記録媒体は、一般に塗布型と金属薄膜型とに大別される。上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンが形成される磁気記録媒体は、磁気テープまたは磁気ディスクであることができ、磁気テープであることが好ましい。また、上記磁気記録媒体は、塗布型磁気記録媒体であってもよく、金属薄膜型磁気記録媒体であってもよい。磁気記録媒体は、通常、非磁性支持体と強磁性粉末を含む磁性層とを有し、非磁性支持体と磁性層との間に非磁性粉末を含む非磁性層を有することができ、非磁性支持体の磁性層を有する表面側とは反対の表面側に非磁性粉末を含むバックコート層を有することもできる。塗布型磁気記録媒体において、磁性層、非磁性層およびバックコート層は、結合剤を含み、１種以上の添加剤を任意に含むことができる。金属薄膜型磁気記録媒体は、例えば、スパッタ法によって形成された磁性層を有することができる。

[0090] 上記磁気記録ヘッドは、イオンビーム加工によって形成された開口部を含むライトギャップを有し、かつ高い記録能力を発揮することができるため、高保磁力の磁気記録媒体の磁性層に記録を行うための磁気記録ヘッドとして好適である。磁気記録媒体の保磁力について、上記磁気記録ヘッドは、例え

ば、垂直方向保磁力が２８０００ｅ以上の磁気記録媒体の磁性層に記録を行うための磁気記録ヘッドとして好適である。上記磁気記録ヘッドは、垂直方向保磁力が３００００ｅ以上の磁気記録媒体の磁性層への記録にも適することがより好ましく、垂直方向保磁力が３５０００ｅ以上の磁気記録媒体の磁性層への記録にも適することが更に好ましい。磁気記録媒体の垂直方向保磁力は、例えば５００００ｅ以下であることができる。ただし、これを上回ってもよい。上記磁気記録ヘッドは、保磁力が低い磁気記録媒体の磁性層への記録にも、もちろん適用可能である。尚、単位に関して、１０ｅ（１エルステッド）＝７９．６Ａ／ｍである。

[0091] 本発明および本明細書において、磁気記録媒体の「垂直方向保磁力」とは、磁気記録媒体の垂直方向において測定される保磁力である。保磁力に関して記載する「垂直方向」とは、磁性層表面と直交する方向であり、厚み方向ということもできる。本発明および本明細書において、磁気記録媒体の垂直方向保磁力は、振動試料型磁力計を用いて、以下の方法によって求められる値である。

測定対象の磁気記録媒体から振動試料型磁力計に導入可能なサイズのサンプル片を切り出す。振動試料型磁力計を用いて、最大印加磁界３９７９ｋＡ／ｍ、測定温度２９６Ｋ、磁界掃引速度８．３ｋＡ／ｍ／秒にて、サンプル片の垂直方向（磁性層表面と直交する方向）に磁界を印加し、印加した磁界に対するサンプル片の磁化強度を測定する。測定値は、振動試料型磁力計のサンプルプローブの磁化をバックグラウンドノイズとして差し引いた値として得るものとする。磁化強度がゼロになる印加磁界より保磁力（垂直方向保磁力）を求める。測定温度はサンプル片の温度である。サンプル片の周囲の雰囲気温度を２９６Ｋにすることにより、温度平衡が成り立つことによってサンプル片の温度を２９６Ｋ（測定温度）にすることができる。

[0092] 磁気記録媒体の磁性層に含まれる強磁性粉末としては、六方晶フェライト粉末、ε－酸化鉄粉末等を挙げることができる。

[0093] 本発明および本明細書において、「六方晶フェライト粉末」とは、Ｘ線回

折分析によって、主相として六方晶フェライト型の結晶構造が検出される強磁性粉末をいうものとする。主相とは、Ｘ線回折分析によって得られるＸ線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークが帰属する構造をいう。例えば、Ｘ線回折分析によって得られるＸ線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークが六方晶フェライト型の結晶構造に帰属される場合、六方晶フェライト型の結晶構造が主相として検出されたと判断するものとする。Ｘ線回折分析によって単一の構造のみが検出された場合には、この検出された構造を主相とする。六方晶フェライト型の結晶構造は、構成原子として、少なくとも鉄原子、二価金属原子および酸素原子を含む。二価金属原子とは、イオンとして二価のカチオンになり得る金属原子であり、ストロンチウム原子、バリウム原子、カルシウム原子等のアルカリ土類金属原子、鉛原子等を挙げることができる。本発明および本明細書において、「六方晶ストロンチウムフェライト粉末」とは、この粉末に含まれる主な二価金属原子がストロンチウム原子であるものをいい、「六方晶バリウムフェライト粉末」とは、この粉末に含まれる主な二価金属原子がバリウム原子であるものをいう。主な二価金属原子とは、この粉末に含まれる二価金属原子の中で、原子％基準で最も多くを占める二価金属原子をいうものとする。ただし、上記の二価金属原子には、希土類原子は包含されないものとする。本発明および本明細書における「希土類原子」は、スカンジウム原子（Ｓｃ）、イットリウム原子（Ｙ）、およびランタノイド原子からなる群から選択される。ランタノイド原子は、ランタン原子（Ｌａ）、セリウム原子（Ｃｅ）、プラセオジム原子（Ｐｒ）、ネオジム原子（Ｎｄ）、プロメチウム原子（Ｐｍ）、サマリウム原子（Ｓｍ）、ユウロピウム原子（Ｅｕ）、ガドリニウム原子（Ｇｄ）、テルビウム原子（Ｔｂ）、ジスプロシウム原子（Ｄｙ）、ホルミウム原子（Ｈｏ）、エルビウム原子（Ｅｒ）、ツリウム原子（Ｔｍ）、イッテルビウム原子（Ｙｂ）、およびルテチウム原子（Ｌｕ）からなる群から選択される。

[0094] 本発明および本明細書において、「ε－酸化鉄粉末」とは、Ｘ線回折分析によって、主相としてε－酸化鉄型の結晶構造が検出される強磁性粉末をい

うものとする。例えば、Ｘ線回折分析によって得られるＸ線回折スペクトルにおいて最も高強度の回折ピークがε－酸化鉄型の結晶構造に帰属される場合、ε－酸化鉄型の結晶構造が主相として検出されたと判断するものとする。ε－酸化鉄粉末には、Ｆｅの一部がＧａ、Ｃｏ、Ｔｉ、Ａｌ、Ｒｈ等の置換原子によって置換された置換型のε－酸化鉄粉末と、かかる置換原子を含まない無置換型のε－酸化鉄粉末とが包含される。

[0095] 上記磁気記録ヘッドによってサーボパターンが形成される磁気記録媒体のその他の詳細については、公知技術を適用できる。

実施例

[0096] 以下に、本発明を実施例に基づき説明する。ただし、本発明は実施例に示す実施形態に限定されるものではない。

[0097] ［ヘッドＡの作製］

ヘッドＡとして、図８、図９および図１０Ａに示す例の磁気記録ヘッドを作製した。

コア部２０１の材料はマンガン亜鉛系フェライトであり、基板２０２の材料はケイ素酸化物である。

基板２０２上に、スパッタリングのターゲットとしてSiO_2を使用してケイ素酸化物の連続層をスパッタ法によって成膜した後、リソグラフィプロセスによってパターニングを行い、ケイ素酸化物のパターンＮを形成した（図１１（ａ））。

その後、基板２０２上にケイ素酸化物のパターンＮを覆うように磁性膜（Ｔａ含有窒化鉄系合金（Ｆｅ含有率：８０原子％以上）の連続層）をスパッタ法によって成膜した（図１１（ｂ））。

成膜後、ＦＩＢ加工の加工対象領域を指定するために、記録面側の磁性膜表面において走査イオン顕微鏡（ＳＩＭ）で撮像を行いＳＩＭ像を得た。このＳＩＭ像を用いて加工対象領域を指定し、指定した領域において集束イオンビーム装置によってＦＩＢ加工を行い、磁性膜のライトギャップを形成すべき部分（磁性膜と基板との間にケイ素酸化物のパターンＮが含まれる部分

）に開口部を形成した（図１１（ｃ））。ＦＩＢ加工は、以下の条件で行った。

集束イオンビーム装置：日立ハイテク社製ＦＢ－２２００

加速電圧：３０ｋＶ

集束レンズ：有り

アパーチャー径：８０μｍ

Ｄｗｅｌｌ　Ｔｉｍｅ（１ｐｉｘｅｌあたりの照射時間）：５μｓｅｃ

こうして、図５に示す配置で合計１０本のライトギャップＷＧを有する磁気記録ヘッドを作製した。「／」の形状の５本のライトギャップは同じ条件で作製し、「＼」の形状の５本のライトギャップは同じ条件で作製した。

[0098] ［ヘッドＢ～Ｎの作製］

ライトギャップにおける記録面側ギャップ幅ａは、ＦＩＢ加工の加工条件によって調整できる。

磁性膜の厚みｂは、スパッタ法の成膜条件を変えることにより調整できる。

裏面側ギャップ幅ｃは、パターニングによって形成するケイ素酸化物のパターンの幅に対応するため、パターニング条件によって調整できる。

非磁性材料部の厚みｄは、ケイ素酸化物の連続層を成膜する際のスパッタ法の成膜条件を変えることにより調整できる。

上記の１つ以上を変えた点以外はヘッドＡの作製と同様にして、ヘッドＢ～Ｎを作製した。

[0099] ［ヘッドＯの作製］

１層目のケイ素酸化物のパターンをヘッドＡの作製と同様に行った後、そのパターンの上にケイ素酸化物をスパッタ法によってパターン状に形成した点以外、ヘッドＡの作製と同様にして、図１０Ｂに示す例のライトギャップを有するヘッドＯを作製した。

[0100] ［ヘッドＰの作製］

ケイ素酸化物の連続層の成膜およびパターニングを行うことなく、基板２

０２上に直接磁性膜を成膜した点以外、ヘッドＡの作製と同様にして、ヘッドＰを作製した。

[0101] 上記方法によって、ヘッドＡ～Ｐの各ヘッドを、それぞれ複数作製した。複数のヘッドのうち、１つを下記の各種測定のために使用し、他のものを下記の記録試験のために使用した。

[0102] ［各種測定］

＜記録面側ギャップ幅ａ＞

ヘッドＡ～Ｐの各ヘッドを記録面側から観察し、レーザー顕微鏡（Ｋｅｙｅｎｃｅ社製ＶＫ－８７００）によって１０本のライトギャップについて、それぞれ、中央部付近と、一方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、他方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、の３箇所において、アジマス角方向に直交する方向における記録面側の末端部におけるギャップ幅（即ちＦＩＢ加工によって形成された開口部の記録面側の末端部における開口幅）を測定した。測定条件は、対物レンズ倍率：１５０倍、ＸＹ方向の測定ステップ：０．０１μｍ、とした。

１０本のライトギャップについて得られた測定値（合計で１０×３＝３０）の算術平均を求めた。算出された値を記録面側ギャップ幅ａとして表１に示す。

また、１０本のライトギャップでは、各ライトギャップについて３箇所での測定により得られた測定値の算術平均も表１に示す値であった。

[0103] ＜磁性膜の厚みｂ＞

ヘッドＡ～Ｐの各ヘッドの断面試料を作製し、作製した断面試料において、磁性膜のライトギャップを有さない部分の無作為に選択した１箇所において厚みをＳＥＭによって、以下の条件で測定した。後述のＳＥＭを用いた測定条件としても、以下の条件を採用した。測定された値を、磁性膜の厚みｂとして表１に示す。

装置：日立ハイテク社製ｓ－４８００

加速電圧：５ｋＶ

倍率：１００～２０００倍の範囲内で測定対象物がＳＥＭの観察視野内に一般的に適切に収まる倍率を選定

測定：ＳＥＭに表示されるスケールバーとの比較から測定

[0104] ＜裏面側ギャップ幅ｃ＞

ヘッドＡ～Ｏの各ヘッドにおいて、１０本のライトギャップについて、それぞれ、中央部付近と、一方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、他方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、の３箇所において、アジマス角方向に直交する方向で断面を露出させて断面試料を作製し、これら断面試料を用いてアジマス角方向に直交する方向における裏面側の末端部におけるギャップ幅（即ち非磁性材料部の幅（図１０中のｃ））をＳＥＭによって測定した。

ヘッドＰにおいては、１０本のライトギャップについて、それぞれ、中央部付近と、一方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、他方の末端部の近傍（末端部から１０μｍ程度の箇所）と、の３箇所において、アジマス角方向に直交する方向で断面を露出させて断面試料を作製し、これら断面試料を用いてアジマス角方向に直交する方向における裏面側の末端部におけるギャップ幅（即ちＦＩＢ加工によって形成された開口部の裏面側の末端部における開口幅）をＳＥＭによって測定した。

１０本のライトギャップについて得られた測定値（合計で１０×３＝３０）の算術平均を求めた。算出された値を裏面側ギャップ幅ｃとして表１に示す。

また、１０本のライトギャップでは、各ライトギャップについて３箇所での測定により得られた測定値の算術平均も表１に示す値であった。

[0105] ＜非磁性材料部の厚みｄ＞

ヘッドＡ～Ｏについて、非磁性材料部の厚みｄを以下の方法によって求めた。

各ヘッドにおいて、１０本のライトギャップについて、それぞれ、無作為に選択した１箇所において断面試料を作製し、この断面試料において、非磁

性材料部（ケイ素酸化物）の厚みをＳＥＭによって測定した。

１０本のライトギャップについて得られた測定値（合計で１０×１＝１０）の算術平均を求めた。算出された値を非磁性材料部の厚みｄとして表１に示す。

また、１０本のライトギャップでは、各ライトギャップについて上記１箇所での測定により得られた測定値も表１に示す値であった。

[0106] ［記録試験（試験例１～２２、参考試験例１、比較試験例１）］

表１に示すヘッドと磁気テープとの組み合わせで、飽和記録の可否を評価するための記録試験を行った。試験では、図１２に示す構成のサーボライターを磁気テープの搬送のために使用し、再生ヘッドとしてはＬＴＯ－Ｇｅｎ（Ｇｅｎｅｒａｔｉｏｎ）８ドライブで用いられている再生ヘッドを使用した。パルス電流の値を１０ｍＡから５０ｍＡまで連続的に上昇させた際に磁気テープから得られる再生信号を測定し、パルス電流の値を上昇させても再生信号の振幅が増加せず、わずかに減少し始めたことをもって、飽和記録されたと判定する。飽和記録されたと判定された場合を「ＯＫ」、判定されなかった場合を「ＮＧ」として、表１に試験結果を示す。

[0107] 表１中、「磁気記録媒体の強磁性粉末」の欄に記載の「ＢａＦｅ」は六方晶バリウムフェライト粉末を示し、「ＳｒＦｅ」は六方晶ストロンチウムフェライト粉末を示す。表１に示されている各磁気記録媒体は、塗布型磁気テープであって、非磁性支持体の一方の表面側に非磁性層と磁性層とをこの順に有し、他方の表面側にバックコート層を有する。

[0108] 表１中の磁気記録媒体の垂直方向保磁力は、以下の方法によって求められた値である。

各磁気テープからサンプル片を切り出した。このサンプル片について、振動試料型磁力計として玉川製作所製ＴＭ－ＴＲＶＳＭ５０５０－ＳＭＳＬ型を用いて、先に記載した方法によって垂直方向保磁力を求めた。

[0109] 以上の結果を、表１（表１－１、表１－２）に示す。

[0110]

[表1-1]

	単位	参考試験例1	比較試験例1	試験例1	試験例2	試験例3	試験例4	試験例5	試験例6	試験例7	試験例8
ヘッドNo.		ヘッドP	ヘッドP	ヘッドA	ヘッドA	ヘッドB	ヘッドB	ヘッドC	ヘッドC	ヘッドD	ヘッドD
非磁性材料部の磨数	-	なし	なし	1	1	1	1	1	1	1	1
記録面側ギャップ幅a	μm	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磁性膜の厚みb	μm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.8	0.8	5.0	5.0
裏面側ギャップ幅c	μm	0.65	0.65	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0
裏面側ギャップ幅c/記録面側ギャップ幅a		0.65	0.65	10.0	10.0	5.0	5.0	10.0	10.0	25.0	25.0
非磁性材料部の厚みd	μm	–	–	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
磁性膜の厚みに対する非磁性材料部の厚み	%	–	–	10%	10%	10%	10%	63%	63%	10%	10%
磁気記録媒体の強磁性粉末		BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe
磁気記録媒体の垂直方向保磁力	Oe	2532	2945	2532	2945	2945	3490	2945	3490	2945	3490
飽和記録の可否		OK	NG	OK	OK	OK	NG	OK	NG	OK	NG

[0111]

[表1-2]

	単位	試験例9	試験例10	試験例11	試験例12	試験例13	試験例14	試験例15	試験例16	試験例17	試験例18	試験例19	試験例20	試験例21	試験例22
ヘッドNo.		ヘッドE	ヘッドE	ヘッドF	ヘッドF	ヘッドG	ヘッドG	ヘッドH	ヘッドI	ヘッドJ	ヘッドK	ヘッドL	ヘッドM	ヘッドN	ヘッドO
非磁性材料部の幅d	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
記録面側ギャップ幅a	μm	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
磁性膜の厚みb	μm	5.0	5.0	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0
後面側ギャップ幅c	μm	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	2.0	20.0	10.0	10.0
後面側ギャップ幅cと記録面側ギャップ幅aの比		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	50.0	6.7	10.0	10.0	2.0	20.0	10.0	10.0
非磁性材料部の厚みd	μm	0.2	0.2	9.5	9.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5	1.0
磁性膜の厚みに対する非磁性材料部の厚み	%	4%	4%	95%	95%	10%	10%	10%	10%	50%	5%	10%	10%	90%	20%
磁気記録媒体の強磁性粉末		BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe	SrFe
磁気記録媒体の面直方向保磁力	Oe	2945	3490	2945	3490	3490	3994	3994	3994	3994	3994	3994	3994	3994	3994
磁気記録の可否		OK	NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

[0112] ヘッドＰでは、１０本のライトギャップはすべて、ＦＩＢ加工によって磁

性膜に貫通穴として開口部が形成されたライトギャップである。上記で作製した断面試料をＳＥＭ観察したところ、各ライトギャップのＦＩＢ加工により形成された貫通穴の断面形状は、記録面側から裏面側に向かって開口幅が狭くなる逆テーパー形状であった。

ヘッドＡ～Ｏにおいて、１０本のライトギャップは、ライトギャップの記録面側のギャップ端部にＦＩＢ加工により形成された開口部を有する。この開口部は、裏面側まで貫通している貫通穴である。上記で作製した断面試料をＳＥＭ観察したところ、各ライトギャップのＦＩＢ加工により形成された貫通穴の断面形状は、記録面側から裏面側に向かって開口幅が狭くなる逆テーパー形状であった。ただし、非磁性材料部が設けられているため、１０本のライトギャップでは、いずれも、記録面側ギャップ幅が裏面側ギャップ幅より狭い。かかるヘッドＡ～Ｏは、表１に示すように、ヘッドＰでは飽和記録不可（比較試験例１）であった保磁力以上の保磁力を有する磁気テープに飽和記録可能であった。

また、表１に示す結果において、垂直方向保磁力がより高い磁気テープに対しても飽和記録可能であるヘッドほど、記録能力が高いということができる。

尚、ヘッドＡ～Ｐにおいて、記録面側の磁性膜表面のＦＩＢ加工によって形成された開口部近傍を光学顕微鏡で観察したところ、ＦＩＢ加工の加工対象領域を指定するために走査イオン顕微鏡（ＳＩＭ）で撮像を行った際のイオン照射によって変質した部分（所謂焼け跡）が確認された。

産業上の利用可能性

[0113] 本発明の一態様は、高密度記録を行う磁気記録の技術分野において有用である。

請求の範囲

[請求項1] ライトギャップを含む磁性膜を有し、
前記ライトギャップにおいて、記録面側ギャップ幅は裏面側ギャップ幅より狭く、かつ
前記ライトギャップの記録面側のギャップ端部にイオンビーム加工により形成された開口部を有する磁気記録ヘッド。

[請求項2] サーボライトヘッドである、請求項１に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項3] 前記ライトギャップの記録面側ギャップ幅は０．２μｍ以上１．５μｍ以下である、請求項１または２に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項4] 前記ライトギャップの裏面側ギャップ幅は２．０μｍ以上２０．０μｍ以下である、請求項１～３のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項5] 前記磁性膜の厚みは１．０μｍ以上１０．０μｍ以下である、請求項１～４のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項6] 前記ライトギャップは裏面側のギャップ端部に非磁性材料部を含む、請求項１～５のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項7] 前記磁性膜の厚みに対して前記非磁性材料部の厚みは５％以上９０％以下である、請求項６に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項8] 前記非磁性材料部を構成する非磁性材料はケイ素酸化物である、請求項６または７に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項9] 前記磁性膜は窒化鉄系合金膜である、請求項１～８のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項10] 前記イオンビーム加工は集束イオンビーム加工である、請求項１～９のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッド。

[請求項11] 請求項１～１０のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッドを含む磁気記録装置。

[請求項12] サーボライターである、請求項１１に記載の磁気記録装置。

[請求項13] 請求項１～１０のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッドの製造方法で

あって、

基板上に非磁性材料部を形成すること、

前記基板上に前記非磁性材料部を覆うように磁性膜を形成すること、

前記磁性膜のライトギャップを形成すべき部分にイオンビーム加工によって開口部を形成すること、

を含み、かつ

前記イオンビーム加工される部分は、前記磁性膜と前記基板との間に前記非磁性材料部を有する、前記製造方法。

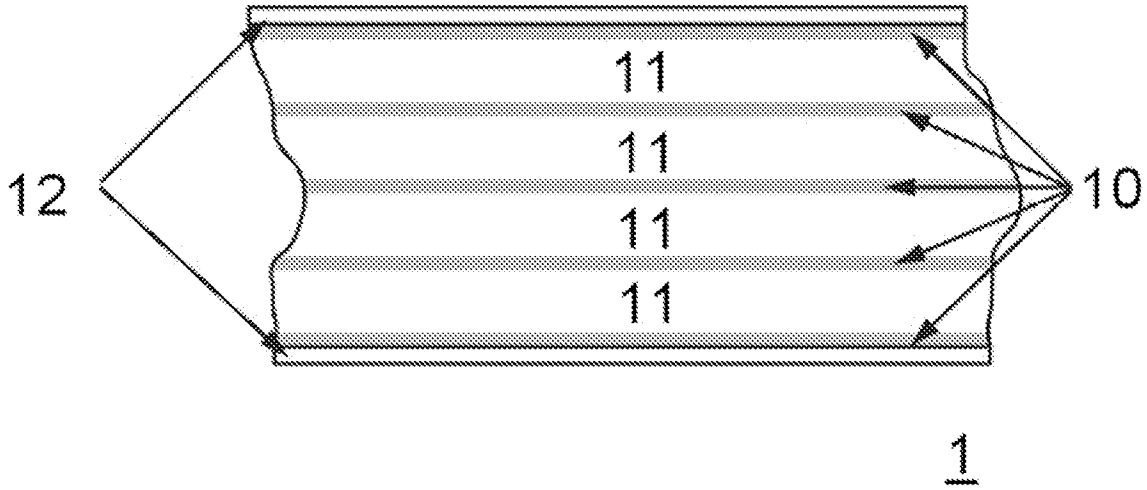
[請求項14] 前記イオンビーム加工は集束イオンビーム加工である、請求項１３に記載の磁気記録ヘッドの製造方法。

[請求項15] 磁気記録媒体に請求項１～１０のいずれか１項に記載の磁気記録ヘッドによってサーボパターンを形成することを含む、サーボパターンを有する磁気記録媒体の製造方法。

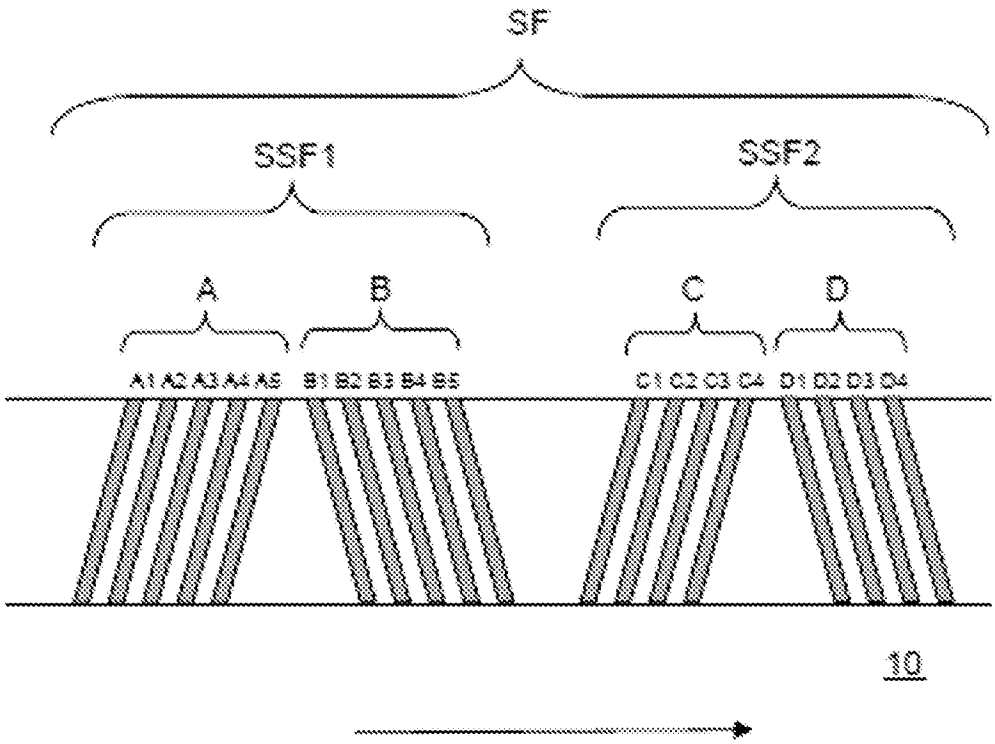
[請求項16] 前記サーボパターンはタイミングベースサーボパターンである、請求項１５に記載の磁気記録媒体の製造方法。

[請求項17] 前記磁気記録媒体の垂直方向保磁力は２８０００ｅ以上である、請求項１５または１６に記載の磁気記録媒体の製造方法。

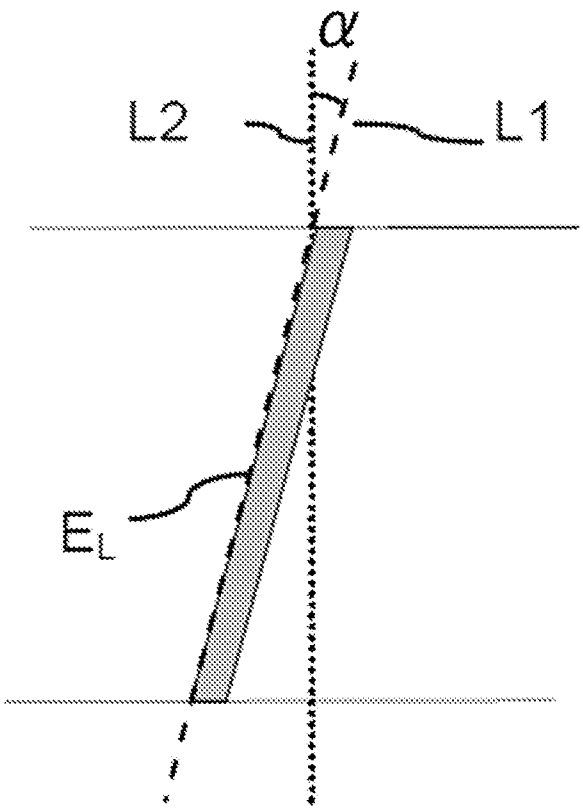
[図1]


11
11
11
11
12
10
1

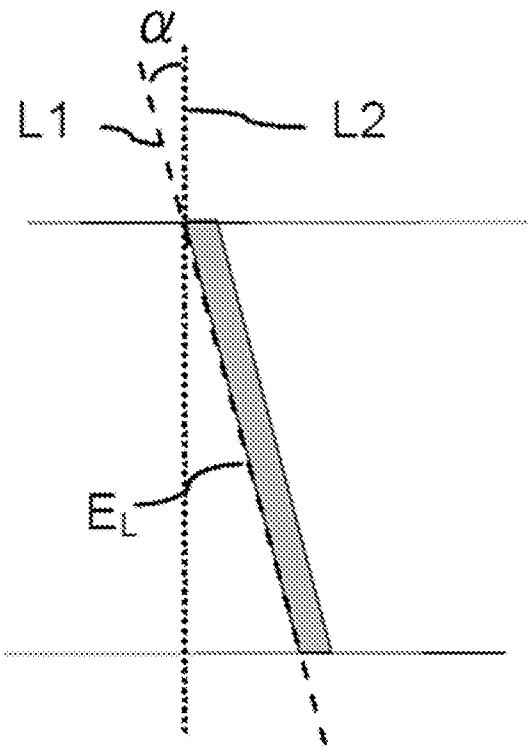
[図2]


SF
SSF1
SSF2
A
B
C
D
A1 A2 A3 A4 A5
B1 B2 B3 B4 B5
C1 C2 C3 C4
D1 D2 D3 D4
10

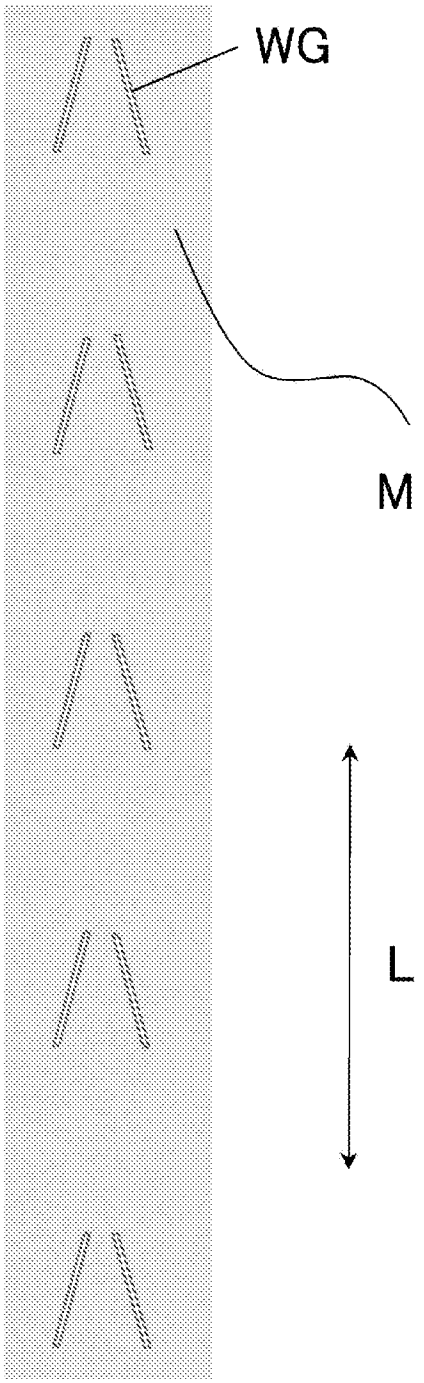
[図3]



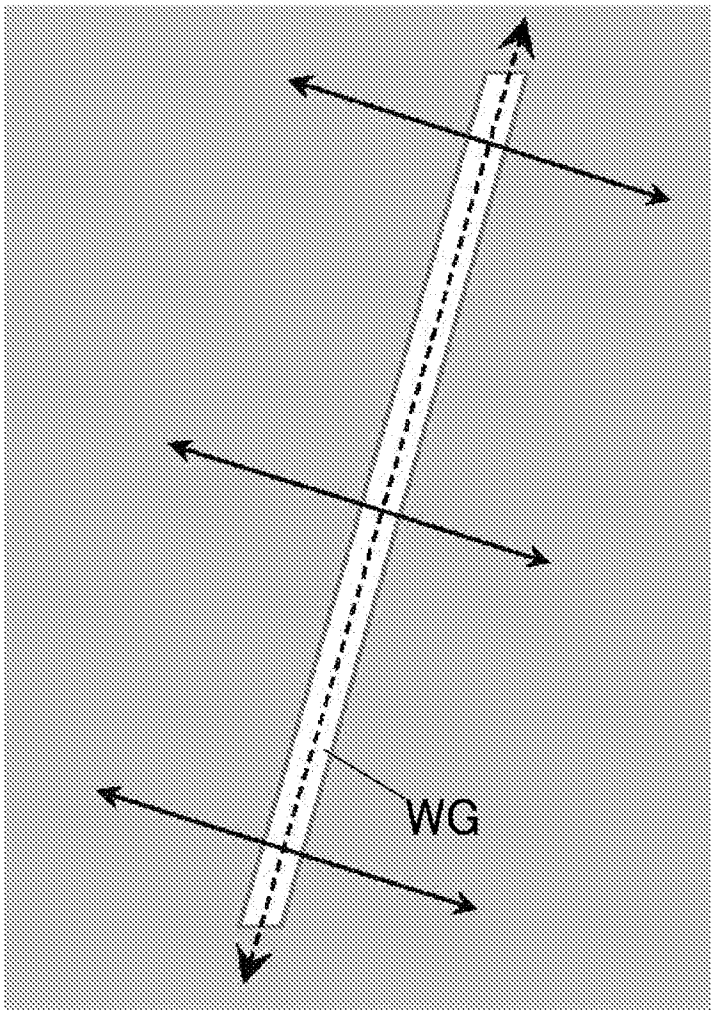
[図4]



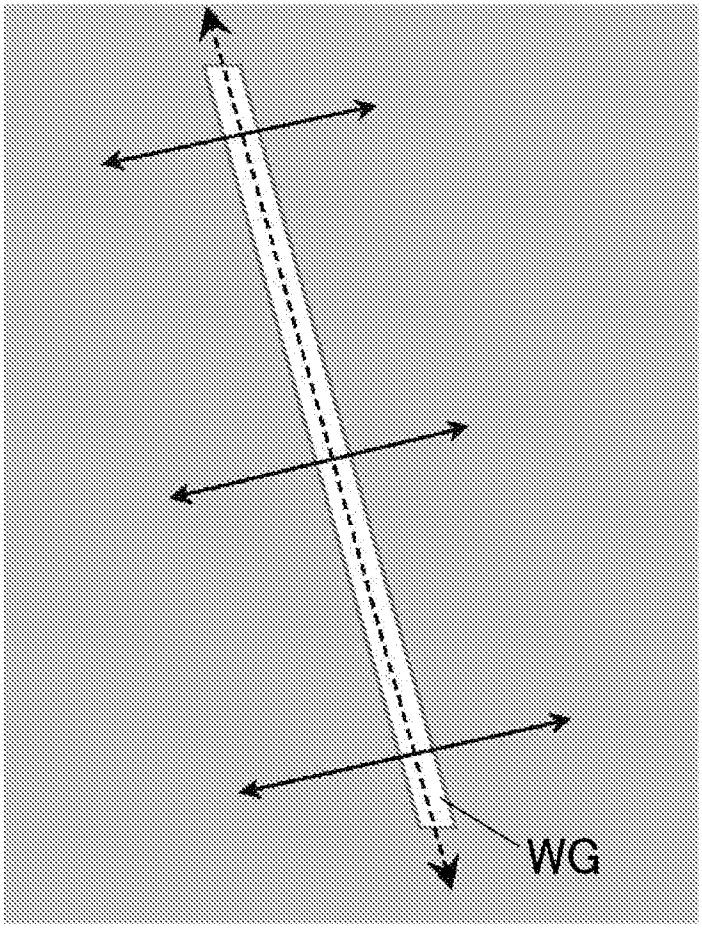
[図5]



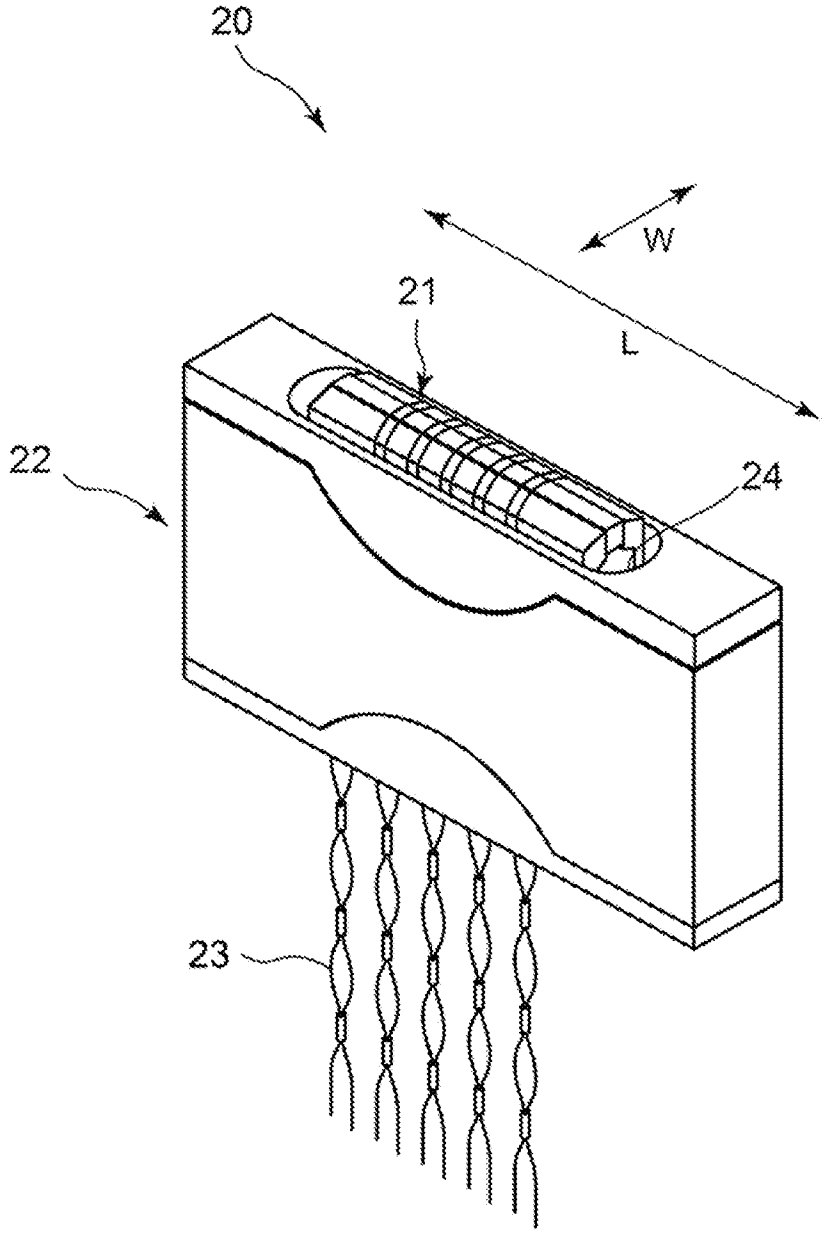
[図6A]



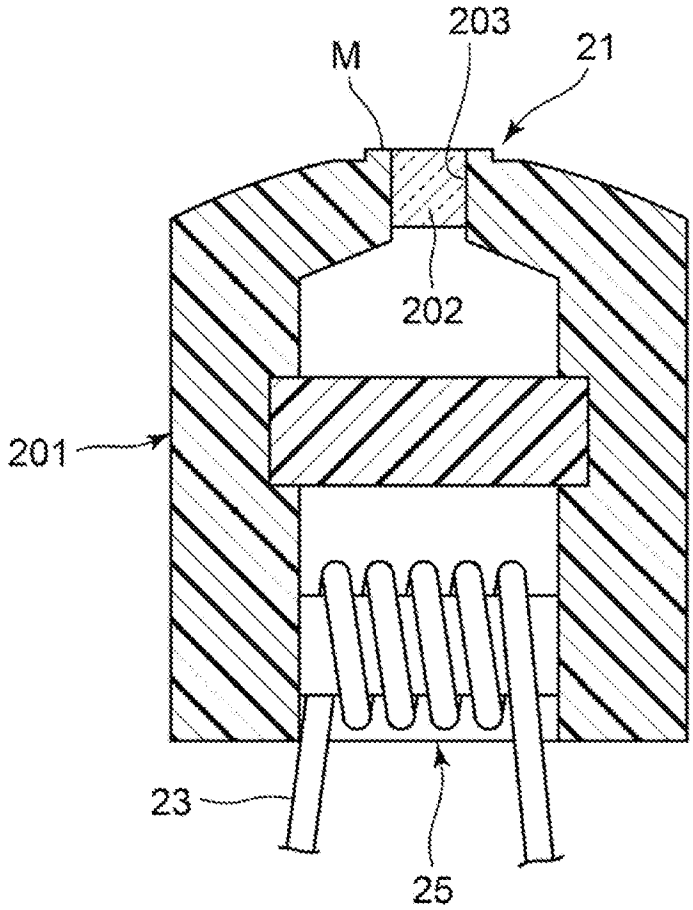
[図6B]



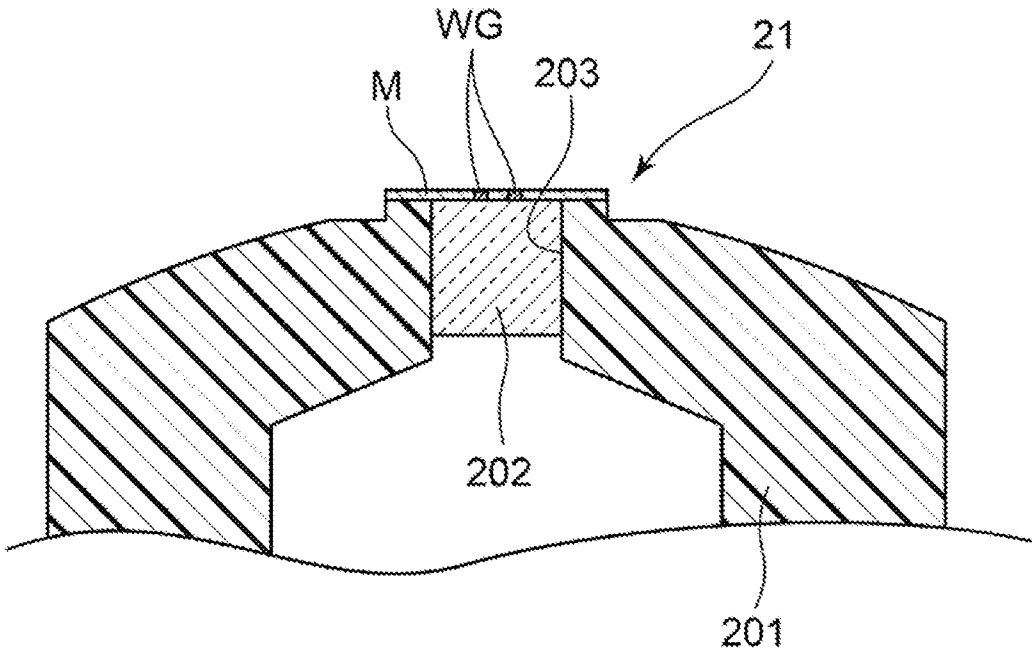
[図7]



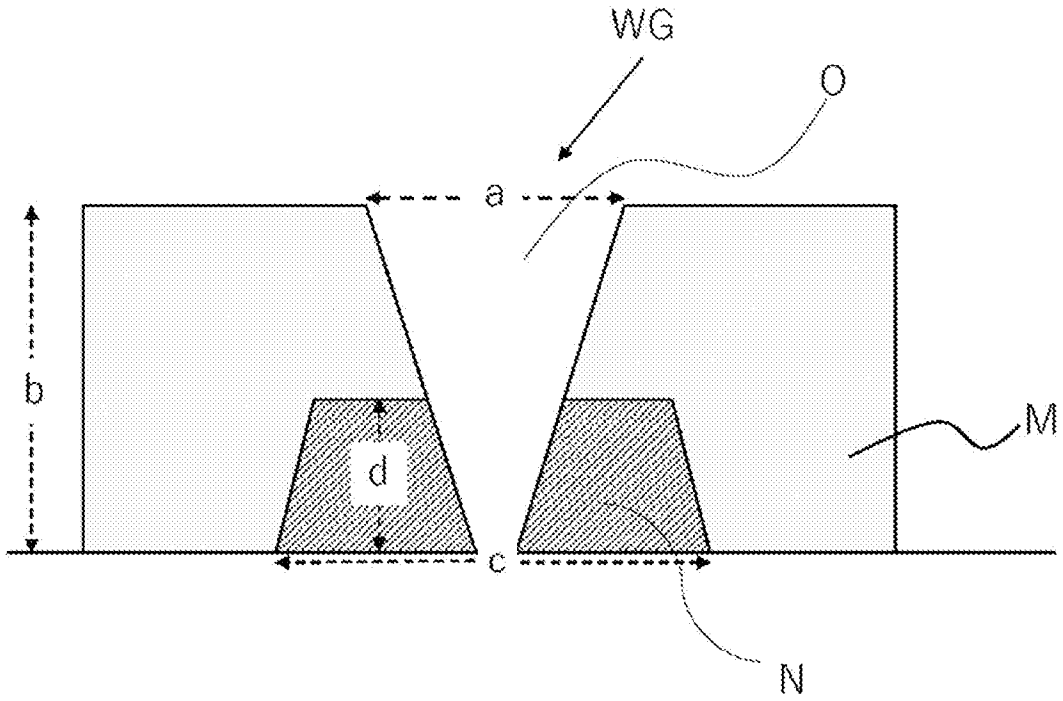
[図8]



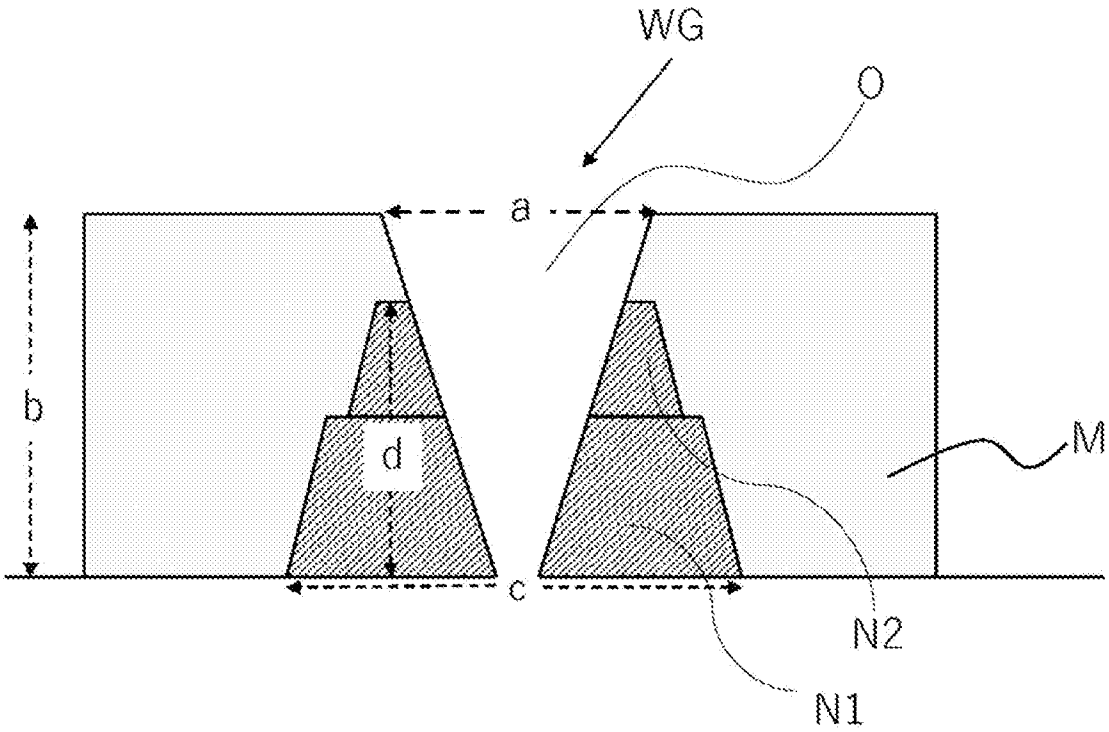
[図9]



[図10A]

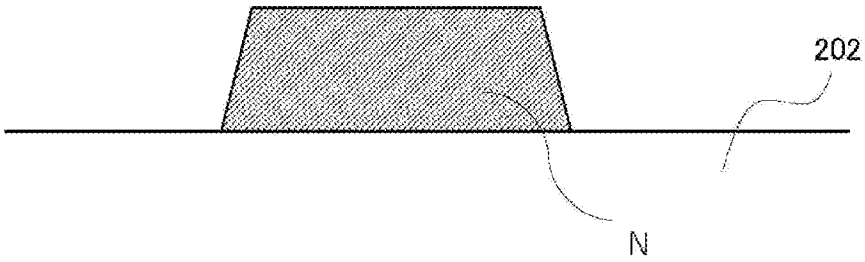


[図10B]

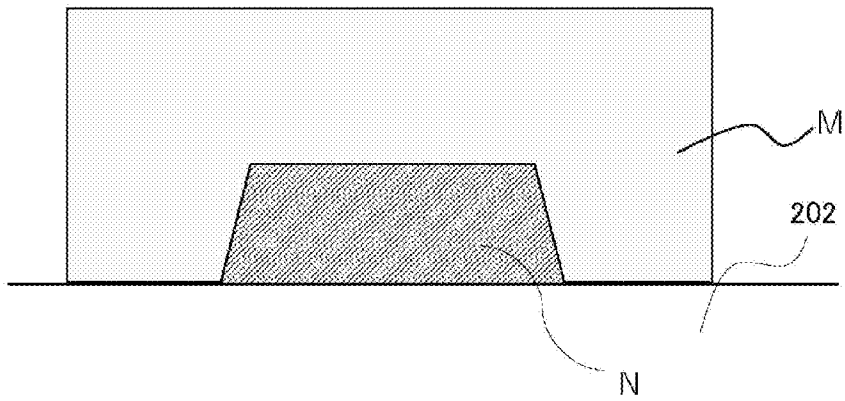


[図11]

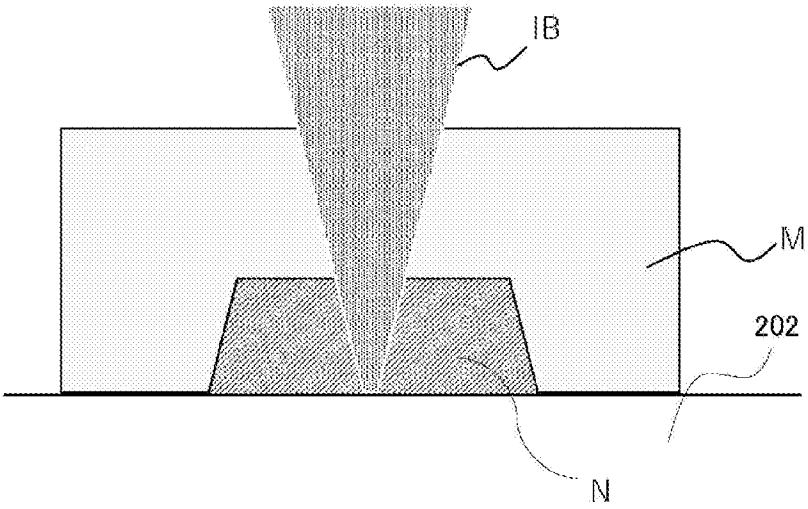
(a)



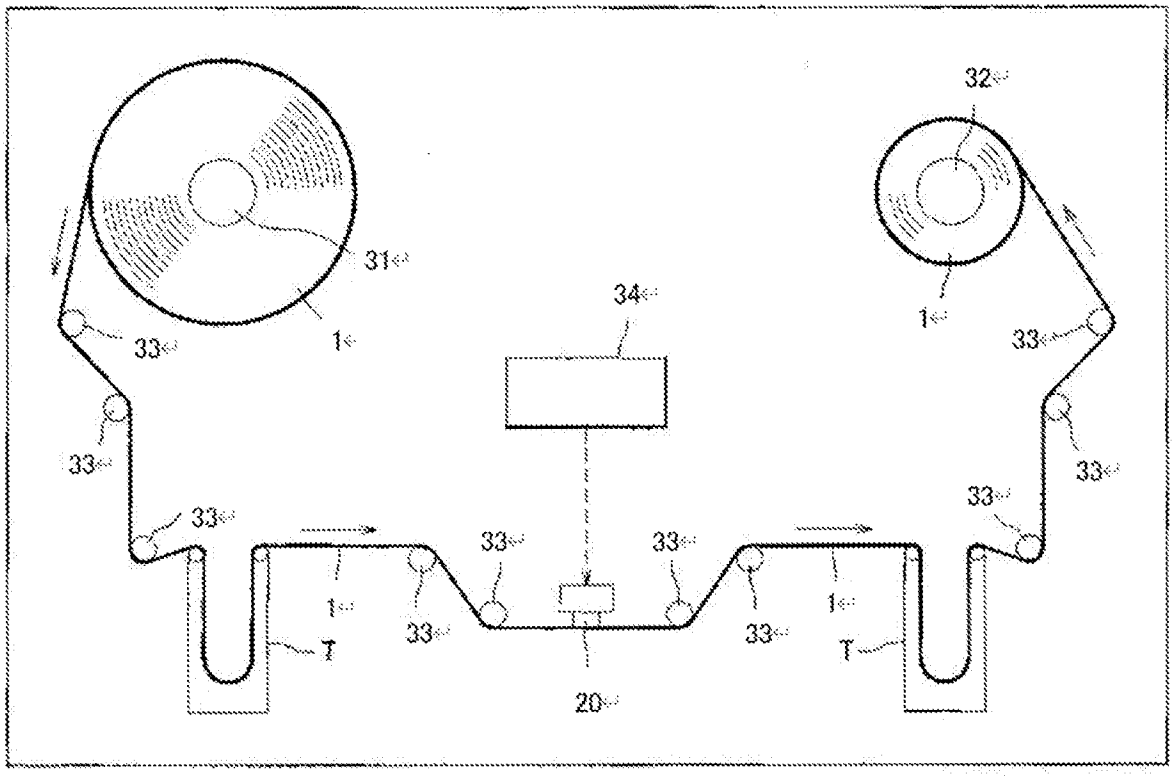
(b)



(c)



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/033107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B 5/31(2006.01)i; ***G11B 5/584***(2006.01)i; ***G11B 5/64***(2006.01)i; ***G11B 5/70***(2006.01)i
FI: G11B5/31 E; G11B5/584; G11B5/70; G11B5/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B5/31; G11B5/584; G11B5/64; G11B5/70

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2020-024776 A (SONY CORP.) 13 February 2020 (2020-02-13) paragraph [0192], fig. 17A	1, 2, 10-12
Y		3-5, 15-17
X	JP 2020-013630 A (SONY CORP.) 23 January 2020 (2020-01-23) paragraphs [0095]-[0098], fig. 18	1, 2, 10-12
Y		3-5, 15-17
Y	JP 06-333210 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 02 December 1994 (1994-12-02) paragraphs [0034]-[0036], fig. 2	3-5, 15-17
Y	JP 2005-222570 A (CANON KK) 18 August 2005 (2005-08-18) paragraphs [0012]-[0017], fig. 2	3-5, 15-17
Y	JP 2007-149155 A (HITACHI, LTD.) 14 June 2007 (2007-06-14) paragraph [0032]	17
Y	JP 2006-260745 A (SHOWA DENKO KK) 28 September 2006 (2006-09-28) paragraph [0029]	17

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 November 2021	**22 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-256614 A (HITACHI, LTD.) 21 September 2001 (2001-09-21) claim 1	1-17
A	JP 09-326113 A (VICTOR CO. OF JAPAN LTD.) 16 December 1997 (1997-12-16) paragraph [0024]	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/033107

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-024776 A	13 February 2020	US 2012/0314318 A1 paragraph [0190], fig. 17A US 2012/0314319 A1 US 2012/0314320 A1 US 2012/0314322 A1 WO 2012/174015 A1	
JP 2020-013630 A	23 January 2020	US 2014/0268414 A1 paragraphs [0126]-[0130], fig. 18 CN 104050984 A CN 107978326 A	
JP 06-333210 A	02 December 1994	(Family: none)	
JP 2005-222570 A	18 August 2005	(Family: none)	
JP 2007-149155 A	14 June 2007	US 2007/0116989 A1 paragraph [0042]	
JP 2006-260745 A	28 September 2006	(Family: none)	
JP 2001-256614 A	21 September 2001	(Family: none)	
JP 09-326113 A	16 December 1997	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/033107

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G11B 5/31(2006.01)i; G11B 5/584(2006.01)i; G11B 5/64(2006.01)i; G11B 5/70(2006.01)i
FI: G11B5/31 E; G11B5/584; G11B5/70; G11B5/64

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G11B5/31; G11B5/584; G11B5/64; G11B5/70

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2020-024776 A (ソニー株式会社) 13.02.2020 (2020-02-13) 段落0192, 図17A	1,2,10-12
Y		3-5,15-17
X	JP 2020-013630 A (ソニー株式会社) 23.01.2020 (2020-01-23) 段落0095-0098, 図18	1,2,10-12
Y		3-5,15-17
Y	JP 06-333210 A (三菱電機株式会社) 02.12.1994 (1994-12-02) 段落0034-0036, 図2	3-5,15-17
Y	JP 2005-222570 A (キヤノン株式会社) 18.08.2005 (2005-08-18) 段落0012-0017, 図2	3-5,15-17
Y	JP 2007-149155 A (株式会社日立製作所) 14.06.2007 (2007-06-14) 段落0032	17
Y	JP 2006-260745 A (昭和電工株式会社) 28.09.2006 (2006-09-28) 段落0029	17

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.11.2021	22.11.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中野　和彦 5C 3564
電話番号 03-3581-1101 内線 3541

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2001-256614 A (株式会社日立製作所) 21.09.2001 (2001-09-21) 請求項1	1-17
A	JP 09-326113 A (日本ビクター株式会社) 16.12.1997 (1997-12-16) 段落0024	1-17

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/033107

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-024776 A	13.02.2020	US 2012/0314318 A1 段落0190，図17A US 2012/0314319 A1 US 2012/0314320 A1 US 2012/0314322 A1 WO 2012/174015 A1	
JP 2020-013630 A	23.01.2020	US 2014/0268414 A1 段落0126-0130，図18 CN 104050984 A CN 107978326 A	
JP 06-333210 A	02.12.1994	（ファミリーなし）	
JP 2005-222570 A	18.08.2005	（ファミリーなし）	
JP 2007-149155 A	14.06.2007	US 2007/0116989 A1 段落0042	
JP 2006-260745 A	28.09.2006	（ファミリーなし）	
JP 2001-256614 A	21.09.2001	（ファミリーなし）	
JP 09-326113 A	16.12.1997	（ファミリーなし）	