

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3672533号

(P3672533)

(45) 発行日 平成17年7月20日(2005.7.20)

(24) 登録日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 F 10/16

H O 1 F 10/16

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

C

H O 1 F 10/30

G 1 1 B 5/31

D

H O 1 F 10/30

請求項の数 13 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2002-5914 (P2002-5914)	(73) 特許権者	000010098
(22) 出願日	平成14年1月15日 (2002.1.15)		アルプス電気株式会社
(65) 公開番号	特開2003-45719 (P2003-45719A)		東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(43) 公開日	平成15年2月14日 (2003.2.14)	(74) 代理人	100085453
審査請求日	平成15年3月3日 (2003.3.3)		弁理士 野▲崎▼ 照夫
(31) 優先権主張番号	特願2001-153359 (P2001-153359)	(72) 発明者	後藤 光博
(32) 優先日	平成13年5月23日 (2001.5.23)		東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		電気株式会社社内
(31) 優先権主張番号	特願2001-8680 (P2001-8680)	(72) 発明者	金田 吉弘
(32) 優先日	平成13年1月17日 (2001.1.17)		東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		電気株式会社社内
前置審査		審査官	鈴木 匡明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性膜の製造方法と前記薄膜磁気ヘッドの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

メッキ浴中の F e イオン濃度を 1 . 2 g / l 以上で 3 . 2 g / l 以下とし、C o イオン濃度を 0 . 8 6 g / l 以上で 1 . 6 g / l 以下とし、元素 イオン濃度を 0 . 2 m g / l 以上で 6 m g / l 以下とする電気メッキ法により、F e の組成比 X (質量%) / C o の組成比 Y (質量%) の比率が、2 以上で 5 以下で、元素 (ただし元素 は、P d) の組成比 Z が、0 . 5 質量% 以上で 1 8 質量% 以下であり、X + Y + Z = 1 0 0 質量% の関係を満たす F e_x C o_y Z 合金をメッキ形成することを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項2】

前記 F e の組成比 X (質量%) / C o の組成比 Y (質量%) の比率は、2 . 6 以上で 4 . 3 以下で、前記元素 の組成比 Z が 3 質量% 以上で 9 質量% 以下であり、X + Y + Z = 1 0 0 質量% の関係を満たす F e_x C o_y Z 合金をメッキ形成する請求項 1 記載の軟磁性膜の製造方法。 10

【請求項3】

メッキ浴中に イオン (ただし元素 は N i、C r の一方あるいは両方) を添加し、前記 F e_x C o_y Z 合金に 0 . 5 質量% 以上で 5 質量% 以下の組成比 V を有する元素 を含有させ、X + Y + Z + V = 1 0 0 質量% の関係を満たす F e_x C o_y Z V 合金をメッキ形成する請求項 1 または 2 記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項4】

前記電気メッキ法には、パルス電流を用いた電気メッキ法を使用する請求項 1 ないし 3 20

のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 5】

メッキ浴中にサッカリンナトリウムを混入する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 6】

前記メッキ浴中に 2 - ブチン - 1、4 ジオールを混入する請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 7】

前記メッキ浴中に 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入する請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項 8】

磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を誘導するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

少なくとも一方のコア層を、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 9】

前記下部コア層上に記録媒体との対向面で下部磁極層を隆起形成し、前記下部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成する請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 10】

下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部を、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで形成し、あるいは前記磁極部を、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで形成し、

このとき前記上部磁極層及び/または下部磁極層を、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】

前記上部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成し、前記上部磁極層上に上部コア層を電気メッキ法により NiFe 系合金膜でメッキ形成する請求項 10 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】

前記コア層を、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分で 2 層以上の磁性層で形成し、あるいは前記磁極層を 2 層以上の磁性層で形成し、このとき前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層を、前記軟磁性膜によりメッキ形成する請求項 8 ないし 11 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】

前記磁気ギャップ層に接する以外の他の磁性層を電気メッキ法により NiFe 系合金でメッキ形成する請求項 12 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば薄膜磁気ヘッドのコア材として使用される軟磁性膜に係り、前記軟磁性膜に FeCo あるいは FeCoRh (元素は貴金属) 合金を使用することで飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上にでき、且つ耐食性を向上させることが可能な軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性膜の製造方法と前記薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

10

20

30

40

50

【0002】

【従来の技術】

例えば薄膜磁気ヘッドのコア層には、特に今後の高記録密度化に伴い、高い飽和磁束密度 B_s を有する磁性材料を使用し、前記コア層のギャップ近傍に磁束を集中させて、記録密度を向上させる必要がある。

【0003】

前記磁性材料には従来から $NiFe$ 系合金がよく使用されている。前記 $NiFe$ 系合金は、直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成され、 $1.8T$ 程度の飽和磁束密度 B_s を得ることが可能であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら今後の高記録密度化に伴い、さらに高い飽和磁束密度 B_s を満たす軟磁性膜を製造することが必要となり、 $NiFe$ 系合金では十分にその要望に応えることができなかった。

【0005】

また $NiFe$ 系合金以外によく使用される軟磁性材料として $FeCo$ 合金膜がある。前記 $FeCo$ 合金膜は、 Fe の組成比を適正に調整することで、 $NiFe$ 系合金膜よりも高い飽和磁束密度 B_s が得られる一方、次のような問題点が発生した。

【0006】

薄膜磁気ヘッドや他の磁気素子の構成によっては、前記 $FeCo$ 合金の上に $NiFe$ 系合金を重ねたり、あるいはメッキ形成された非磁性層（例えばギャップ層）の上下に前記 $FeCo$ 合金を重ねる場合があるが、前記 $FeCo$ 合金膜を電気メッキ法によりメッキ形成するときなどに、 $FeCo$ 合金膜がイオン化して溶け出し腐食するといった問題が発生したのである。

【0007】

これは前記 $FeCo$ 合金膜と $NiFe$ 系合金膜との間、あるいは前記 $FeCo$ 合金膜と非磁性層間には大きな電位差（標準電極電位差）が発生するからであり、この電位差によりいわゆる電池効果が生じて溶け出すものと考えられる。

【0008】

また $FeCo$ 合金膜が単層で形成される場合も、薄膜磁気ヘッドや他の磁気素子の製造方法においては、耐食性が要求される。例えばスライダの研削工程や素子の洗浄工程に曝される場合でも腐食しないことが要求される。また薄膜磁気ヘッドの使用上の環境的な要因にも耐食性が要求される。

【0009】

従って薄膜磁気ヘッドのコア層などに使用される軟磁性膜には、高い飽和磁束密度 B_s のみならず、優れた耐食性も必要であった。

【0010】

そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、 $FeCo$ 合金に Pd や Rh などの貴金属の元素を添加することにより、飽和磁束密度 B_s を $2.0T$ 以上にできると同時に耐食性にも優れた軟磁性膜とこの軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性膜の製造方法と薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

【0036】

【課題を解決するための手段】

本発明における軟磁性膜の製造方法は、メッキ浴中の Fe イオン濃度を $1.2g/l$ 以上で $3.2g/l$ 以下とし、 Co イオン濃度を $0.86g/l$ 以上で $1.6g/l$ 以下とし、元素 X イオン濃度を $0.2mg/l$ 以上で $6mg/l$ 以下とする電気メッキ法により、 Fe の組成比 X （質量%）/ Co の組成比 Y （質量%）の比率が、2以上で5以下で、元素 Z （ただし元素 X は、 Pd ）の組成比 Z が、 0.5 質量%以上で 18 質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_x Co_y Z_z$ 合金をメッキ形成することを特徴とするものである。この組成比を有する軟磁性膜であれば飽和磁束密度 B_s を 2

10

20

30

40

50

．0 T以上にできるとともに、元素 を含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することが可能である。

【0037】

また本発明では、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率が、2.6以上で4.3以下で、元素 の組成比Zが3質量%以上で9質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yZ_z$ 合金をメッキ形成することが好ましい。この組成比を有する軟磁性膜であれば飽和磁束密度Bsを2.2 T以上にできるとともに元素 を含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することが可能である。

【0039】

後述する実験結果によれば、上記のメッキ浴組成を有することで、確実にFeの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率が、2以上で5以下で、元素 の組成比Zが、0.5質量%以上で18質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yZ_z$ 合金、好ましくは、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率が、2.6以上で4.3以下で、元素 の組成比Zが3質量%以上で9質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yZ_z$ 合金をメッキ形成することができる。

【0040】

また本発明では、メッキ浴中に イオン(ただし元素 はNi、Crの一方あるいは両方)を添加し、前記 $Fe_xCo_yZ_z$ 合金に0.5質量%以上で5質量%以下の組成比Vを有する元素 を含有させ、 $X + Y + Z + V = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yZ_zV_v$ 合金をメッキ形成してもよい。

【0047】

上記のように本発明では、好ましくはFeCo合金をパルス電流を用いた電気メッキ法によってメッキ形成する。パルス電流を用いた電気メッキ法では、例えば電流制御素子のON/OFFを繰返し、メッキ形成時に、電流を流す時間と、電流を流さない空白な時間を設ける。このように電流を流さない時間を設けることで、FeCo合金膜を、少しずつメッキ形成し、従来のように直流電流を用いた場合に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。パルス電流による電気メッキ法によれば直流電流による電気メッキ法に比べて軟磁性膜中に含まれるFe含有量の調整が容易になり、前記Fe含有量を膜中に多く取り込むことができる。

【0048】

また本発明では、FeCo合金、FeCo合金のメッキ浴中にサッカリンナトリウムを混入することが好ましい。サッカリンナトリウム($C_6H_4CONNaSO_2$)は応力緩和剤としての役割を有しており、したがって前記サッカリンナトリウムを混入することでFeCo合金、FeCo合金の膜応力を低減させることが可能である。

【0049】

また本発明では、前記メッキ浴中に、2-ブチン-1,4ジオールを混入することが好ましい。これによってメッキ形成されたFeCo合金、FeCo合金の結晶粒径の粗大化は抑制され、前記結晶粒径が小さくなることで結晶間に空隙が生じ難くなり、膜面の面粗れが抑制される。面粗れを抑制できることで保磁力Hcを小さくすることも可能になる。

【0050】

また本発明では、前記メッキ浴中に2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入することが好ましい。これによってメッキ浴中に生じる水素は、界面活性剤である2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムによって除去され、前記水素がメッキ膜に付着することによる面粗れを抑制できる。

【0051】

また前記2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムに代えて、ラウリル硫酸ナトリウムを用いても良いが、2-エチルヘキシル硫酸ナトリウムを用いた方が、メッキ浴中に混入したとき

10

20

30

40

50

の泡立ちが少なく、したがって前記 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムをメッキ浴中に多く混入することができ、前記水素の除去をより適切に行うことが可能になる。

【0052】

また本発明は、磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を誘導するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

少なくとも一方のコア層を、上記に記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とするものである。

【0053】

また本発明では、前記下部コア層上に記録媒体との対向面で下部磁極層を隆起形成し、前記下部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成することが好ましい。

10

【0054】

また本発明は、下部コア層及び上部コア層と、前記下部コア層と上部コア層との間に位置し且つトラック幅方向の幅寸法が前記下部コア層及び上部コア層よりも短く規制された磁極部とを有し、

前記磁極部を、下部コア層と連続する下部磁極層、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記下部磁極層と前記上部磁極層間に位置するギャップ層とで形成し、あるいは前記磁極部を、上部コア層と連続する上部磁極層、および前記上部磁極層と下部コア層との間に位置するギャップ層とで形成し、

このとき前記上部磁極層及び/または下部磁極層を、上記に記載された製造方法による軟磁性膜でメッキ形成することを特徴とするものである。

20

【0055】

また本発明では、前記上部磁極層を前記軟磁性膜でメッキ形成し、前記上部磁極層上に上部コア層を電気メッキ法により NiFe 系合金膜でメッキ形成することが好ましい。

【0056】

また本発明では、前記コア層を、少なくとも磁気ギャップに隣接する部分で 2 層以上の磁性層で形成し、あるいは前記磁極層を 2 層以上の磁性層で形成し、このとき前記磁性層のうち前記磁気ギャップに接する磁性層を、前記軟磁性膜によりメッキ形成することが好ましい。

【0057】

また本発明では、前記磁気ギャップ層に接する以外の他の磁性層を電気メッキ法により NiFe 系合金でメッキ形成することが好ましい。

30

【0058】

上記したように本発明における軟磁性膜としての FeCo 合金、FeCo 合金を、電気メッキ法によりメッキ形成することで、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率が、2 以上で 5 以下で、元素 (ただし元素は、Pd) の組成比 Z が 0.5 質量% 以上で 18 質量% 以下となる、好ましくは、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率が、2.6 以上で 4.3 以下で、元素 の組成比 Z が 3 質量% 以上で 9 質量% 以下となる、 $Fe_x Co_y Z$ 合金及び、さらに元素 の組成比 V が 0.5 質量% 以上で 5 質量% 以下となる $Fe_x Co_y Z V$ 合金をメッキ形成することが可能である。

40

【0060】

そしてこのような軟磁性膜を薄膜磁気ヘッドのコア材として使用することで、飽和磁束密度 B_s が高く高記録密度化を図ることができ、また元素 や Rh を含まない FeCo 合金を用いる場合に比べて耐食性にも優れた薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能である。

【0061】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、図 2 は図 1 に示す薄膜磁気ヘッドを 2 - 2 線から切断し矢印方向から見た縦断面図である。

50

【0062】

本発明における薄膜磁気ヘッドは、浮上式ヘッドを構成するセラミック材のスライダ11の側端面11aに形成されたものであり、MRヘッドh1と、書込み用のインダクティブヘッドh2とが積層された、MR/インダクティブ複合型薄膜磁気ヘッド(以下、単に薄膜磁気ヘッドという)となっている。

【0063】

MRヘッドh1は、磁気抵抗効果を利用してハードディスクなどの記録媒体からの洩れ磁界を検出し、記録信号を読み取るものである。

【0064】

図2に示すように、前記スライダ11のトレーリング側端面11a上に Al_2O_3 膜12を介してNiFe等からなる磁性材料製の下部シールド層13が形成され、さらにその上に絶縁材料製の下部ギャップ層14が形成されている。

10

【0065】

前記下部ギャップ層14上には記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)に向けて、異方性磁気抵抗効果(AMR)素子、巨大磁気抵抗効果(GMR)素子あるいはトンネル型磁気抵抗効果(TMR)素子などの磁気抵抗効果素子10が形成され、さらに前記磁気抵抗効果素子10及び下部ギャップ層14上には絶縁材料製の上部ギャップ層15が形成されている。さらに前記上部ギャップ層15の上にNiFe等の磁性材料で形成された上部シールド層16が形成されている。MRヘッドh1は、前記下部シールド層13から上部シールド層16までの積層膜で構成されている。

20

【0066】

次に図1及び2に示す実施形態では、前記上部シールド層16がインダクティブヘッドh2の下部コア層としても兼用されており、前記下部コア層16上には、Gd決め層17が形成され、記録媒体との対向面から前記Gd決め層17の先端部までの長さ寸法でギャップデプス(Gd)が規制される。前記Gd決め層17は例えば有機絶縁材料で形成される。

【0067】

また前記下部コア層16の上面16aは図1に示すように、磁極部18の基端からトラック幅方向(図示X方向)に離れるにしたがって下面方向に傾く傾斜面で形成されており、これによりサイドフリンジングの発生を抑制することが可能である。

30

【0068】

また図2に示すように、記録媒体との対向面から前記Gd決め層17上にかけて磁極部18が形成されている。

【0069】

前記磁極部18は下から下部磁極層19、非磁性のギャップ層20、及び上部磁極層21が積層されている。

【0070】

前記下部磁極層19は、下部コア層16上に直接メッキ形成されている。また前記下部磁極層19の上に形成されたギャップ層20は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上から選択されたものであることが好ましい。

40

【0071】

なお本発明における具体的な実施形態として前記ギャップ層20にはNiPが使用される。NiPで前記ギャップ層20を形成することで前記ギャップ層20を適切に非磁性状態にできるからである。

【0072】

さらに前記ギャップ層20の上にメッキ形成された上部磁極層21は、その上に形成される上部コア層22と磁氣的に接続される。

【0073】

50

上記のようにギャップ層 20 がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層 19、ギャップ層 20 及び上部磁極層 21 を連続メッキ形成することが可能である。

【0074】

なお前記磁極部 18 は、ギャップ層 20 及び上部磁極層 21 の 2 層で構成されていてもよい。

【0075】

図 1 に示すように、前記磁極部 18 はトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法がトラック幅 T_w で形成されている。

【0076】

図 1 及び図 2 に示すように、前記磁極部 18 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側及び 10
ハイト方向後方（図示 Y 方向）には例えば無機絶縁材料からなる絶縁層 23 が形成されている。前記絶縁層 23 の上面は前記磁極部 18 の上面と同一平面とされる。

【0077】

図 2 に示すように、前記絶縁層 23 上にはコイル層 24 が螺旋状にパターン形成されている。また前記コイル層 24 上は有機絶縁材料製の絶縁層 25 によって覆われている。なお前記コイル層 24 は絶縁層を挟んで 2 層以上積層された構成であっても良い。

【0078】

図 2 に示すように、磁極部 18 上から絶縁層 25 上にかけて上部コア層 22 が例えばフレイムメッキ法によりパターン形成されている。図 1 に示すように、前記上部コア層 22 の先端部 22 a は、記録媒体との対向面側でのトラック幅方向における幅寸法が T_1 で形成 20
され、かかる幅寸法 T_1 はトラック幅 T_w よりも大きく形成されている。

【0079】

また図 2 に示すように、前記上部コア層 22 の基端部 22 b は、下部コア層 16 上に形成された磁性材料製の接続層（バックギャップ層）26 上に直接接続されている。

【0080】

本発明では、前記上部磁極層 21 及び/または下部磁極層 19 が以下の組成比を有する軟磁性膜で形成されている。

(1) 組成式が $Fe_x Co_y Z$ （ただし元素 Z は、Pd）で示され、Fe の組成比 X （質量%）/ Co の組成比 Y （質量%）の比率は、2 以上で 5 以下で、元素 Z の組成比 Z は、0.5 質量% 以上で 18 質量% 以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量% の関係を満たし 30
、メッキ形成されることを特徴とする軟磁性膜。

【0081】

後述する実験結果により上記の組成比を有する $FeCo$ 合金であると飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上にできることが確認された。このように本発明では $NiFe$ 系合金よりも高い飽和磁束密度 B_s を得ることが可能である。

【0082】

Fe 及び Co は磁性を担う元素である。Fe、Co の組成比を適切な値にすることによって高い飽和磁束密度を得ることが可能になる。後述する実験によれば、前記 Fe の組成比 X （質量%）/ Co の組成比 Y （質量%）の比率を 2 以上で 5 以下にすると、前記 B_s を 2.0 T 以上にできることが確認された。 40

【0083】

次に前記元素 Z は特に耐食性を高めるために添加される元素であり、前記元素 Z が少なすぎると効果的に耐食性を向上させることはできず、多すぎても磁性を担う Fe、Co 量の減少によって飽和磁束密度 B_s の低下を招く。本発明では前記元素 Z の組成比 Z を 0.5 質量% 以上で 18 質量% 以下とすることで、飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上にできると同時に Co と Fe のみからなる軟磁性膜よりも効果的に耐食性を向上させることができる。また前記元素 Z のうち、Pd、Pt のいずれか一種または 2 種以上を添加すると、より効果的に耐食性を向上させることが可能である。特に前記元素 Z は Pd であることが好ましい。

【0084】

また上記組成比を有するFeCo合金であると、結晶が緻密に形成されることで膜面の面粗れを少なくでき、耐食性を向上させることができるとともに、保磁力H_cを小さくすることができる。具体的には前記保磁力を2000(A/m)以下にすることが可能である。

【0085】

またFeCo合金が上記組成範囲内であると、15($\mu \cdot \text{cm}$)以上の比抵抗を得ることができる。また膜応力を400MPa以下にすることができる。さらに異方性磁界H_kに関しては、従来から軟磁性材料として一般的に使用されているNiFe系合金と同程度の異方性磁界H_kを得ることができる。

【0086】

また本発明では、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は、2.6以上で4.3以下で、元素の組成比Zは3質量%以上で9質量%以下であり、X + Y + Z = 100質量%の関係を満たすことが好ましい。これにより飽和磁束密度B_sを2.2T以上にすることができると共に元素を含まないFeCo合金に比べて効果的に耐食性の向上を図ることが可能である。

【0087】

また本発明では、上記FeCo合金に元素(ただし元素はNi、Crの一方あるいは両方)が添加され、すなわち組成式はFe_xCo_yZ_zV_vで示され、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は、2以上で5以下で、元素の組成比Zは、0.5質量%以上で18質量%以下であり、好ましくは、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は、2.6以上で4.3以下で、元素の組成比Zは3質量%以上で9質量%以下であり、前記元素の組成比Vは、0.5質量%以上で5質量%以下であり、X + Y + Z + V = 100質量%の関係を満たす軟磁性膜であってもよい。

【0088】

前記上部磁極層21及び/または下部磁極層19を、上記組成範囲内のFeCo合金で形成することにより、飽和磁束密度B_sを2.0T以上あるいは2.2T以上にできる。また表面に不動態膜を形成する元素の添加により、さらに耐食性を向上させることができる。またNiの添加により特に膜応力を小さくすることが可能であるから、元素としてNiを選択する方が好ましい。

【0089】

以上のように本発明では、上記したFeCo合金あるいはFeCo合金は、2.0T以上、好ましくは2.2T以上の高い飽和磁束密度B_sを得ることが可能であるので、前記FeCo合金あるいはFeCo合金を上部磁極層21及び/または下部磁極層19に使用することにより、前記磁極層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能であるとともに、元素を含まないFeCo合金を使用する場合に比べて耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0090】

(2)組成式がFe_xCo_yRh_wで示され、Feの組成比X(質量%)は56質量%以上で、Coの組成比Yは20質量%以上で、Rhの組成比Wは1.7質量%以上で20質量%以下であり、X + Y + W = 100質量%の関係を満たし、且つメッキ形成されることを特徴とする軟磁性膜。

【0091】

後述する実験結果により上記の組成比を有するFeCoRh合金であると飽和磁束密度B_sを2.1T以上にできることが確認された。このように本発明ではNiFe系合金よりも高い飽和磁束密度B_sを得ることが可能である。

【0092】

Fe及びCoは磁性を担う元素である。Fe、Coの組成比を適切な値にすることによって高い飽和磁束密度を得ることが可能になる。後述する実験によれば、前記Feの組成比Xを56質量%以上に、且つCoの組成比Yを20質量%以上にすると、前記B_sを2.

10

20

30

40

50

1 T以上にできることが確認された。

【0093】

次に前記Rhは特に耐食性を高めるために添加される元素であり、前記Rhが少なすぎると効果的に耐食性を向上させることはできず、多すぎても磁性を担うFe、Co量の減少によって飽和磁束密度Bsの低下を招く。本発明では前記Rhの組成比Wを1.7質量%以上で20質量%以下とすることで、飽和磁束密度Bsを2.1 T以上にできると同時にCoとFeのみからなる軟磁性膜よりも効果的に耐食性を向上させることができる。

【0094】

また上記組成比を有するFeCoRh合金であると、結晶が緻密に形成されることで膜面の面粗れを少なくでき、耐食性を向上させることができるとともに、保磁力Hcを小さく

10

【0095】

またFeCoRh合金が上記組成範囲内であると、15 ($\mu \cdot \text{cm}$)以上の比抵抗を得ることができる。また膜応力を400 MPa以下にすることができる。さらに異方性磁界Hkに関しては、従来から軟磁性材料として一般的に使用されているNiFe系合金と同程度の異方性磁界Hkを得ることができる。

【0096】

また前記Rhの組成比Wは、7.5質量%以上であることが好ましい。これによってNiFe合金膜と同等の耐食性を得ることが可能になることが後述する実験によってわかった

20

【0097】

また本発明では、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は、2.030以上で2.704以下で、Rhの組成比Wは7.5質量%以上で10質量%以下であり、 $X + Y + W = 100$ 質量%の関係を満たすことが好ましい。後述する実験によれば、各元素の組成範囲を上記範囲内に収めることで、飽和磁束密度Bsを2.2 T以上にできると共に、従来からコア材等に使用されているNiFe合金と同等の耐食性を得ることができる。

30

【0098】

また本発明では、上記FeCoRh合金に元素(ただし元素はNi、Crの一方あるいは両方)が添加され、すなわち組成式は $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{Rh}_w\text{V}_v$ で示され、Feの組成比Xは56質量%以上で、Coの組成比Yは20質量%以上で、Rhの組成比Wは1.7質量%以上で20質量%以下であり、好ましくは、Rhの組成比Wは7.5質量%以上であり、より好ましくは、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は、2.030以上で2.704以下で、Rhの組成比Wは7.5質量%以上で10質量%

40

【0099】

前記上部磁極層21及び/または下部磁極層19を、上記組成範囲内のFeCoRh合金で形成することにより、飽和磁束密度Bsを2.1 T以上あるいは2.2 T以上にできる。また表面に不動態膜を形成する元素の添加により、さらに耐食性を向上させることができる。またNiの添加により特に膜応力を小さくすることが可能であるから、元素としてNiを選択する方が好ましい。

【0100】

以上のように本発明では、上記したFeCoRh合金あるいはFeCoRh合金は、2

50

．1 T以上、好ましくは2．2 T以上の高い飽和磁束密度 B_s を得ることが可能であるので、前記FeCoRh合金あるいはFeCoRh合金を上部磁極層21及び/または下部磁極層19に使用することにより、前記磁極層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能であるとともに、Rhを含まないFeCo合金を使用する場合に比べて耐食性に優れ、あるいはNiFe合金と同等の耐食性を有する薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0101】

上記した(1)及び(2)の軟磁性膜は、以下に説明する薄膜磁気ヘッドの構造にも使用することができる。

【0102】

図3は、本発明における第2実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図4は図3に示す4-4線から薄膜磁気ヘッドを切断し矢印方向から見た縦断面図である。

【0103】

この実施形態では、MRヘッドh1の構造は図1及び図2と同じである。

図3に示すように下部コア層16上には、例えば無機絶縁材料で形成された絶縁層31が形成されている。前記絶縁層31には、記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)後方に所定の長さ寸法で形成されたトラック幅形成溝31aが形成されている。前記トラック幅形成溝31aは記録媒体との対向面においてトラック幅 T_w で形成されている(図3を参照のこと)。

【0104】

前記トラック幅形成溝31aには、下から下部磁極層32、非磁性のギャップ層33、及び上部磁極層34が積層された磁極部30が形成されている。

【0105】

前記下部磁極層32は、下部コア層16上に直接メッキ形成されている。また前記下部磁極層32の上に形成されたギャップ層33は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。具体的には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上から選択されたものであることが好ましい。

【0106】

なお本発明における具体的な実施形態として前記ギャップ層33にはNiPが使用される。NiPで前記ギャップ層33を形成することで前記ギャップ層33を適切に非磁性状態にできるからである。

【0107】

なお前記磁極部30は、ギャップ層33及び上部磁極層34の2層で構成されていてもよい。

【0108】

前記ギャップ層33の上には、記録媒体との対向面からギャップデプス(G_d)だけ離れた位置から絶縁層31上にかけて G_d 決め層37が形成されている。前記 G_d 決め層37は例えば有機絶縁材料で形成される。

【0109】

さらに前記ギャップ層33の上に形成された上部磁極層34は、その上に形成される上部コア層40と磁氣的に接続される。

【0110】

上記のようにギャップ層33がメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層32、ギャップ層33及び上部磁極層34を連続メッキ形成することが可能である。

【0111】

図4に示すように前記絶縁層31の上にはコイル層38が螺旋状にパターン形成されている。前記コイル層38は有機絶縁材料などで形成された絶縁層39によって覆われている。

【0112】

10

20

30

40

50

図3に示すように、トラック幅規制溝31aのトラック幅方向(図示X方向)における両側端面には、前記上部磁極層34の上面から前記絶縁層31の上面31bにかけて下部コア層16から離れる方向にしたがって徐々に幅寸法が広がる傾斜面31c、31cが形成されている。

【0113】

そして図3に示すように上部コア層40の先端部40aは、前記上部磁極層34上面から前記傾斜面31c、31c上にかけて下部コア層16から離れる方向に形成されている。

【0114】

図4に示すように前記上部コア層40は、記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)にかけて絶縁層39上に形成され、前記上部コア層40の基端部40bは下部コア層16上に直接形成されている。

10

【0115】

図3及び図4に示す第2実施形態では、下部磁極層32及び/または上部磁極層34が、上記した(1)あるいは(2)の軟磁性膜でメッキ形成される。これによってギャップ近傍に磁束を集中させることができ、記録密度を向上させることができ、高記録密度化に優れるとともに元素 を含まないFeCo合金を用いた場合に比べて耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドの製造が可能である。

【0116】

図1ないし図4に示す実施形態では、いずれも下部コア層16と上部コア層22、40間に磁極部18、30を有し、前記磁極部18、30を構成する下部磁極層19、32及び/または上部磁極層21、34は、上記した(1)あるいは(2)の軟磁性膜でメッキ形成されるが、前記上部磁極層21、34の上に重ねて形成される上部コア層22、40はNiFe系合金でメッキ形成されていることが好ましい。

20

【0117】

前記上部コア層22、40は飽和磁束密度 B_s よりもむしろ比抵抗が高いことが好ましい。高周波帯域での記録時において、上部コア層22、40から前記上部磁極層21、34に適切に記録磁界を導くには、前記上部コア層22、40の部分で渦電流損失が発生することを抑制する必要があるため、本発明では、上記の(1)あるいは(2)の軟磁性膜よりも比抵抗の高いNiFe系合金を上部コア層22、40に用いることが、高記録密度化を図る上で効果的である。なお前記上部コア層22、40には例えばNi₈₀Fe₂₀合金が

30

【0118】

ところで本発明では上部磁極層21、34として上記の(1)あるいは(2)の軟磁性膜を使用し、上部コア層22、40としてNiFe系合金を使用しているが、これにより前記上部コア層22、40を電気メッキ法にてメッキ形成しているとき、前記上部磁極層21、34がイオン化されて溶け出すのを適切に防止することができる。

【0119】

本発明における元素 あるいはRhは、その元素自体がイオン化されにくい貴金属であり、これらが添加されることで、上部磁極層21、34のイオン化を阻止することが可能である。

40

【0120】

あるいはFeCo 合金あるいはFeCoRh 合金を上部磁極層21、34として使用する場合、イオン化されにくい元素 あるいはRhの他に、表面に不動態膜を形成しやすいNiやCrが添加されていることで、より効果的に前記上部磁極層21、34のイオン化を抑制することができ、高い飽和磁束密度 B_s 及び耐食性に優れた磁極を形成することができる。

【0121】

なお下部磁極層19、32も上記の(1)あるいは(2)の軟磁性膜で形成されることが好ましく、これにより上部コア層22、40をメッキ形成するときの、前記下部磁極層19、32のイオン化を効果的に抑制することが可能である。

50

【0122】

また本発明では、前記下部磁極層19、32及び/または上部磁極層21、34は2層以上の磁性層が積層されて構成されていてもよい。かかる構成の場合、ギャップ層20、33に接する側の磁性層が上記の(1)あるいは(2)の軟磁性膜で形成されることが好ましい。これによってギャップ近傍に磁束をより集中させることができ、今後の高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0123】

また前記ギャップ層20、33に接する磁性層以外の他の磁性層は、如何なる材質、組成比の磁性材料で形成されても良いが、前記ギャップ層20、33に接する側の磁性層よりも飽和磁束密度 B_s が小さくなることが好ましく、例えば前記他の磁性層はNiFe系合金で形成されることが好ましい。これにより前記他の磁性層からギャップ層20、33に接する側の磁性層に適切に記録磁界が導かれ高記録密度化を図ることが可能になると共に、前記他の磁性層をメッキ形成するときの、前記ギャップ層20、33に接する側の磁性層のイオン化を適切に防止することができる。

10

【0124】

なお前記他の磁性層はNiFe系合金で形成される必要はなく、上記の(1)あるいは(2)の軟磁性膜などで形成されても良いが、ギャップ層20、33に接する側の磁性層よりも低い飽和磁束密度 B_s を有するように組成比を適切に調整することが好ましい。その方法としてはギャップ層20、33に接する側の磁性層に比べてFe量を減少させればよい。

20

【0125】

また下部磁極層19、32の飽和磁束密度 B_s は高いことが好ましいが、上部磁極層21、34の飽和磁束密度 B_s よりも低くすることにより、下部磁極層と上部磁極層との間における洩れ磁界を磁化反転しやすくすると、より記録媒体への信号の書込み密度を高くできる。

【0126】

また図1ないし図4のように下部磁極層19、32及び上部磁極層21、34間に非磁性のギャップ層20、33がメッキ形成される場合、前記下部磁極層19、32及び上部磁極層21、34の耐食性はNiFe合金膜と同等程度であることが好ましい。磁極層やギャップ層をメッキ形成する際に、前記磁極層が溶け出して適切にメッキ形成できないという不具合が発生するからである。そこで本発明では前記下部磁極層19、32及び上部磁極層21、34に上記した(1)の軟磁性膜、あるいはRhが7.5質量%以上の(2)の軟磁性膜を使用することが好ましい。

30

【0127】

図5は本発明における第3実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

この実施形態ではMRヘッドh1が図1と同じである。図5に示すように下部コア層16にはアルミナなどによる磁気ギャップ層(非磁性材料層)41が形成されている。さらに前記磁気ギャップ層41の上にはポリイミドまたはレジスト材料製の絶縁層43を介して平面的に螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層44が設けられている。なお、前記コイル層44はCu(銅)などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料で形成されている。

40

【0128】

さらに、前記コイル層44はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層45に囲まれ、前記絶縁層45の上に軟磁性材料製の上部コア層46が形成されている。

【0129】

図5に示すように、前記上部コア層46の先端部46aは、記録媒体との対向面において、下部コア層16の上に前記磁気ギャップ層41を介して対向し、磁気ギャップ長 G_{l1} の磁気ギャップが形成されており、上部コア層46の基端部46bは図5に示すように、下部コア層16と磁氣的に接続されている。

【0130】

50

本発明では、下部コア層 16 及び/または上部コア層 46 は、上記した (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成される。これにより飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上あるいは 2.1 T 以上できるとともに元素 あるいは Rh が添加されていない FeCo 合金に比べて耐食性を向上させることができる。

【0131】

上部コア層 46 及び/または下部コア層 16 が、2.0 T 以上あるいは 2.1 T 以上の高い飽和磁束密度 B_s を有する上記した (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成されることで、ギャップ近傍に磁束を集中させることができ、記録密度を向上させることができるから、高記録密度化に優れ、しかも元素 あるいは Rh を含まない FeCo 合金を用いた場合に比べて耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドの製造が可能である。

10

【0132】

また図 1 ないし図 4 と異なって、図 5 に示す実施形態のように磁気ギャップ層 41 が、アルミナ (Al_2O_3) や SiO_2 などのスパッタ膜で形成される場合、その上あるいは下に形成されるコア層 16、46 は、少なくとも FeCo 合金膜よりも高い耐食性を有していれば、前記コア層 16、46 をメッキ形成する際に前記コア層 16、46 が溶け出すという不具合は発生せず、したがって特にコア層 16、46 を上記の (2) の軟磁性膜で形成する場合、Rh の組成比 W は 1.7 質量% 以上あればよい。

【0133】

図 6 は本発明における第 4 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

図 5 との違いは、上部コア層 46 が 2 層の磁性層で積層されて構成されていることである。

20

【0134】

前記上部コア層 46 は、高い飽和磁束密度 B_s を有する高 B_s 層 47 とその上に積層された上層 48 とで構成されている。

【0135】

前記高 B_s 層 47 及び/または下部コア層 16 は、上記した (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成される。これにより飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上あるいは 2.1 T 以上できるとともに元素 あるいは Rh が添加されていない FeCo 合金に比べて耐食性を向上させることができる。

【0136】

前記上部コア層 46 を構成する上層 48 は、高 B_s 層 47 に比べて飽和磁束密度 B_s が小さくなっているものの、前記高 B_s 層 47 よりも比抵抗が高くされている。前記上層 48 は例えば $Ni_{80}Fe_{20}$ 合金で形成される。

30

【0137】

前記 NiFe 系合金は本発明における FeCo 合金、FeCoNi 合金、FeCoRh 合金及び FeCoRh 合金よりも飽和磁束密度 B_s が低くなるものの比抵抗は高くなる。これによって前記高 B_s 層 47 が前記上層 48 よりも高い飽和磁束密度 B_s を有し、ギャップ近傍に磁束を集中させて、記録分解能を向上させることが可能になる。なお前記上層 48 は NiFe 系合金で形成される必要はなく、FeCo 合金や FeCoRh 合金などで形成されてもよいが、かかる場合、上層 48 の飽和磁束密度 B_s が高 B_s 層 47 の飽和磁束密度 B_s よりも小さくなるように組成比を調整する必要がある。その方法としては Fe 量を高 B_s 層 47 に含まれる Fe 量よりも少なくすればよい。

40

【0138】

また前記上部コア層 46 に比抵抗の高い上層 48 が設けられたことで、記録周波数が上昇することにより発生する渦電流による損失を低減させることができ、今後の高記録周波数化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0139】

また本発明では図 6 に示すように、高 B_s 層 47 が、ギャップ層 41 と対向する下層側に形成されていることが好ましい。また前記高 B_s 層 47 はギャップ層 41 上に直接接する上部コア層 46 の先端部 46a のみに形成されていてもよい。

50

【 0 1 4 0 】

また下部コア層 1 6 も、高 B s 層と高比抵抗層の 2 層で構成されていてもよい。かかる構成の場合、高比抵抗層の上に高 B s 層が積層され、前記高 B s 層がギャップ層 4 1 を介して上部コア層 4 6 と対向する。

【 0 1 4 1 】

また図 6 に示す実施形態では、上部コア層 4 6 が 2 層の積層構造となっているが、3 層以上であってもよい。かかる構成の場合、高 B s 層 4 7 は、磁気ギャップ層 4 1 に接する側に形成されることが好ましい。

【 0 1 4 2 】

また高 B s 層 4 7 を本発明における上記した (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成し、上層 4 8 を Ni Fe 系合金で電気メッキ法にてメッキ形成するとき、前記高 B s 層 4 7 にはその元素自体イオン化され難い Rh、Pt、Pd、Ru、Ir の貴金属が含まれており、あるいは表面に不動態膜が形成されやすい Ni が含まれているので、前記高 B s 層 4 7 がイオン化されて溶け出す現象を適切に抑制することができる。

10

【 0 1 4 3 】

図 7 は本発明における第 5 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

図 7 の実施形態では MR ヘッド h 1 の構成は図 1 と同じである。図 7 に示すように下部コア層 1 6 の上に下部磁極層 5 0 が記録媒体との対向面から隆起形成されている。前記下部磁極層 5 0 のハイト方向後方 (図示 Y 方向) には絶縁層 5 1 が形成されている。前記絶縁層 5 1 の上面は、凹形状となり、コイル形成面 5 1 a が形成されている。

20

【 0 1 4 4 】

前記下部磁極層 5 0 上から前記絶縁層 5 1 上にかけてギャップ層 5 2 が形成されている。さらに前記絶縁層 5 1 のコイル形成面 5 1 a 上にはギャップ層 5 2 を介してコイル層 5 3 が形成されている。前記コイル層 5 3 上は有機絶縁製の絶縁層 5 4 によって覆われている。

【 0 1 4 5 】

図 7 に示すように上部コア層 5 5 は、前記ギャップ層 5 2 上から絶縁層 5 4 上にかけて例えばフレームメッキ法によりパターン形成されている。

【 0 1 4 6 】

前記上部コア層 5 5 の先端部 5 5 a は前記ギャップ層 5 2 上に下部磁極層 5 0 と対向して形成される。前記上部コア層 5 5 の基端部 5 5 b は、下部コア層 1 6 上に形成された持上げ層 5 6 を介して前記下部コア層 1 6 に磁氣的に接続される。

30

【 0 1 4 7 】

この実施形態においては、上部コア層 5 5 及び / または下部磁極層 5 0 は、上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成される。これにより飽和磁束密度 B s を 2 . 0 T 以上あるいは 2 . 1 T 以上にできるとともに元素 あるいは Rh を含有しない Fe Co 合金に比べて耐食性を向上させることができる。

【 0 1 4 8 】

前記下部磁極層 5 0 及び上部コア層 5 5 が上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成されることで、ギャップ近傍に磁束を集中させることができ、記録密度を向上させることができるから、高記録密度化に優れ、しかも元素 や Rh を含まない Fe Co 合金を用いた場合に比べて耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドの製造が可能である。なお前記飽和磁束密度 B s は 2 . 2 T 以上であることが好ましい。

40

【 0 1 4 9 】

図 7 では下部磁極層 5 0 が形成され、前記下部磁極層 5 0 が下部コア層 1 6 よりも高い飽和磁束密度 B s を有する上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成されると、ギャップ近傍に磁束を集中させることができ記録密度の向上を図ることが可能である。

【 0 1 5 0 】

また上部コア層 5 5 は、その全体が上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成されていてもよいが、図 6 と同様に前記上部コア層 5 5 が 2 層以上の磁性層の積層構造であり、

50

そのギャップ層 5 2 と対向する側が高 B s 層として上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜で形成されていてもよい。またかかる場合、前記上部コア層 5 5 の先端部 5 5 a のみが 2 層以上の磁性層の積層構造で形成され、前記ギャップ層 5 2 上に接して高 B s 層が形成されていることが、ギャップ近傍に磁束を集中させ、記録密度を向上させる点からして好ましい。

【 0 1 5 1 】

なお各実施形態において、符号 1 6 の層は、下部コア層と上部シールド層の兼用層となっているが、前記下部コア層と上部シールド層とが別々に形成されていてもよい。かかる場合、前記下部コア層と上部シールド層間には絶縁層を介在させる。

【 0 1 5 2 】

次に図 1 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドの一般的な製造方法について以下に説明する。

【 0 1 5 3 】

図 1 及び図 2 に示す薄膜磁気ヘッドは、下部コア層 1 6 上に G d 決め層 1 7 を形成した後、レジストを用いて記録媒体との対向面からハイト方向に下部磁極層 1 9、非磁性のギャップ層 2 0 及び上部磁極層 2 1 から成る磁極部 1 8 を連続メッキによって形成する。次に前記磁極部 1 8 のハイト方向後方に絶縁層 2 3 を形成した後、例えば C M P 技術を用いて前記磁極部 1 8 の上面と前記絶縁層 2 3 の上面とを同一平面に平坦化する。前記絶縁層 2 3 の上にコイル層 2 4 を螺旋状にパターン形成した後、前記コイル層 2 4 の上に絶縁層 2 5 を形成する。そして前記磁極部 1 8 上から絶縁層 2 5 上にかけて上部コア層 2 2 を例えばフレームメッキ法により形成する。

【 0 1 5 4 】

図 3 及び図 4 に示す薄膜磁気ヘッドは、下部コア層 1 6 上に絶縁層 3 1 を形成した後、レジストを用いて前記絶縁層 3 1 の記録媒体との対向面からハイト方向後方に向けてトラック幅形成溝 3 1 a を形成する。さらに前記トラック幅形成溝 3 1 a に図 3 に示す傾斜面 3 1 c、3 1 c を形成する。

【 0 1 5 5 】

前記トラック幅形成溝 3 1 a 内に、下部磁極層 3 2、非磁性のギャップ層 3 3 を形成する。前記ギャップ層 3 3 上から絶縁層 3 1 上に G d 決め層 3 7 を形成した後、前記ギャップ層 3 3 上に上部磁極層 3 4 をメッキ形成する。次に前記絶縁層 3 1 上にコイル層 3 8 を螺旋状にパターン形成した後、前記コイル層 3 8 上に絶縁層 3 9 を形成する。そして前記上部磁極層 3 4 上から絶縁層 3 9 上にかけて上部コア層 4 0 を例えばフレームメッキ法にて形成する。

【 0 1 5 6 】

図 5、図 6 に示す薄膜磁気ヘッドは、まず下部コア層 1 6 上にギャップ層 4 1 を形成し、さらに絶縁層 4 3 を形成した後、前記絶縁層 4 3 の上にコイル層 4 4 をパターン形成する。前記コイル層 4 4 上に絶縁層 4 5 を形成した後、ギャップ層 4 1 から前記絶縁層 4 5 上にかけて上部コア層 4 6 をフレームメッキ法によりパターン形成する。

【 0 1 5 7 】

図 7 に示す薄膜磁気ヘッドは、まず下部コア層 1 6 上にレジストを用いて下部磁極層 5 0 を形成し、さらに前記下部磁極層 5 0 のハイト方向後方に絶縁層 5 1 を形成する。前記下部磁極層 5 0 と前記絶縁層 5 1 の上面は C M P 技術によって一旦平坦化された後、前記絶縁層 5 1 の上面に凹形状となるコイル形成面 5 1 a を形成する。次に前記下部磁極層 5 0 上から前記絶縁層 5 1 上にギャップ層 5 2 を形成した後、前記ギャップ層 5 2 上にコイル層 5 3 を螺旋状にパターン形成し、さらに前記コイル層 5 3 上に絶縁層 5 4 を形成する。そして、前記ギャップ層 5 2 上から絶縁層 5 4 上にかけて上部コア層 5 5 を例えばフレームメッキ法によりパターン形成する。

【 0 1 5 8 】

次に本発明における、F e の組成比 X (質量 %) / C o の組成比 Y (質量 %) の比率が、2 以上で 5 以下で、元素 (ただし元素 は、P d) の組成比 Z が、0 . 5 質量 % 以上で 1 . 8 質量 % 以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量 % の関係を満たす F e_X C o_Y Z 合

10

20

30

40

50

金のメッキ形成法について以下に説明する。

【0159】

本発明では、前記 FeCo 合金を電気メッキ法によってメッキ形成するものである。

【0160】

前記電気メッキ法には、直流電流を用いた電気メッキ法やパルス電流を用いた電気メッキ法などがある。本発明では、直流電流による電気メッキ法を使用することが可能である。

【0161】

ただし、以下の理由によりパルス電流を用いた電気メッキ法を用いることが好ましいとした。

【0162】

パルス電流を用いた電気メッキ法では、例えば電流制御素子の ON/OFF を繰返し、メッキ形成時に、電流を流す時間と、電流を流さない空白な時間を設ける。このように電流を流さない時間を設けることで、FeCo 合金膜を、少しずつメッキ形成し、従来のように直流電流を用いた場合に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。

【0163】

なおパルス電流は、例えば数秒サイクルで ON/OFF を繰返し、デューティ比を 0.1 ~ 0.5 程度にすることが好ましい。パルス電流の条件は、FeCo 合金の平均結晶粒径及び膜面の中心線平均粗さ Ra に影響を与える。

【0164】

上記のようにパルス電流による電気メッキ法では、メッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することができる。

【0165】

本発明では、Feイオン濃度を 1.2 g/l 以上で 3.2 g/l 以下とし、Coイオン濃度を 0.86 g/l 以上で 1.6 g/l 以下とし、元素イオン濃度を 0.2 mg/l 以上で 6 mg/l 以下とする。後述の実験結果に示すように、上記比率であると確実に Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率を、2 以上で 5 以下にでき、元素の組成比 Z を、0.5 質量% 以上で 18 質量% 以下にできる。

【0166】

上記のメッキ浴組成では、Fe のイオン濃度が従来に比べて低いことが特徴的である。従来では、前記 Feイオン濃度は例えば 4.0 g/l 程度であったが、低濃度にするだけで攪拌効果を上げることができ、より適切に FeCo 合金の Fe 含有量を大きくすることができるとともに緻密な結晶を形成でき、耐食性に優れた FeCo 合金にすることができる。

【0167】

また本発明では前記 Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率が、2.6 以上で 4.3 以下で、元素の組成比 Z が 3 質量% 以上で 9 質量% 以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量% の関係を満たす Fe_xCo_yZ 合金をメッキ形成することが好ましく、上記したメッキ浴組成を適切に調整することで前記組成比を有する FeCo 合金を容易に製造することが可能である。上記の組成範囲で形成された FeCo 合金では、飽和磁束密度 B_s を 2.2 T 以上にできる。

【0168】

また本発明では、メッキ浴中に元素イオンを含ませることで、 $Fe_xCo_yZ_v$ 合金をメッキ形成することができる。前記元素イオン濃度は、0.3 g/l 以上で 1 g/l 以下であることが好ましく、これにより元素の組成比 V を、0.5 質量% 以上で 5 質量% 以下にでき、 $X + Y + Z + V = 100$ 質量% の関係を満たす、 $Fe_xCo_yZ_v$ 合金をメッキ形成することができる。

【0169】

次に本発明における、Fe の組成比 X が 56 質量% 以上で、Co の組成比 Y が 20 質量% 以上で、Rh の組成比 W が 1.7 質量% 以上で 20 質量% 以下であり、 $X + Y + W = 10$

10

20

30

40

50

0質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yRh_w$ 合金のメッキ形成法について以下に説明する。

【0170】

本発明では、前記 $FeCoRh$ 合金を電気メッキ法によってメッキ形成するものである。

【0171】

前記電気メッキ法には、直流電流を用いた電気メッキ法やパルス電流を用いた電気メッキ法などがある。本発明では、直流電流による電気メッキ法を使用することが可能であるが、上記したようにパルス電流を用いた電気メッキ法を用いた方が、従来のように直流電流を用いた場合に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。

【0172】

本発明では、 Fe イオン濃度を 1.0 g/l 以上で 5.0 g/l 以下とし、 Co イオン濃度を 0.1 g/l 以上で 5.0 g/l 以下とし、 Rh イオン濃度を 1.0 mg/l 以上で 10.0 mg/l 以下とする。後述の実験結果に示すように、上記比率であると確実に Fe の組成比 X を、 56 質量%以上で、 Co の組成比 Y を 20 質量%以上で、 Rh の組成比 W を、 1.7 質量%以上で 20 質量%以下にできる。

【0173】

上記のメッキ浴組成では、 Fe のイオン濃度が従来に比べて低いことが特徴的である。従来では、前記 Fe イオン濃度は例えば 4.0 g/l 程度であったが、低濃度にするだけで攪拌効果を上げることができ、より適切に $FeCoRh$ 合金の Fe 含有量を大きくすることができるとともに緻密な結晶を形成でき、耐食性に優れた $FeCoRh$ 合金にすることができる。

【0174】

また本発明では前記 Rh の組成比 W が 7.5 質量%以上である $Fe_xCo_yRh_w$ 合金をメッキ形成することが好ましく、上記したメッキ浴組成を適切に調整することで前記組成比を有する $FeCoRh$ 合金を容易に製造することが可能である。上記の組成範囲で形成された $FeCoRh$ 合金では、 $NiFe$ 合金膜と同程度の耐食性を有する軟磁性膜を形成することができる。

【0175】

さらに本発明では前記 Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%)の比率が、 2.030 以上で 2.704 以下で、 Rh の組成比 W が 7.5 質量%以上で 10 質量%以下であり、 $X + Y + W = 100$ 質量%の関係を満たす $Fe_xCo_yRh_w$ 合金をメッキ形成することが好ましく、上記したメッキ浴組成を適切に調整することで前記組成比を有する $FeCoRh$ 合金を容易に製造することが可能である。上記の組成範囲で形成された $FeCoRh$ 合金では、飽和磁束密度 B_s を 2.2 T 以上にできるとともに、 $NiFe$ 合金膜と同程度の耐食性を得ることが可能になる。

【0176】

また本発明では、メッキ浴中に元素イオンを含ませることで、 $Fe_xCo_yRh_wV_v$ 合金をメッキ形成することができる。前記元素イオン濃度は、 10.0 g/l 以上で 20.0 g/l 以下であることが好ましく、これにより元素の組成比 V を、 0.5 質量%以上で 5 質量%以下にでき、 $X + Y + W + V = 100$ 質量%の関係を満たす、 $Fe_xCo_yRh_wV_v$ 合金をメッキ形成することができる。

【0177】

また本発明では、 $FeCo$ 合金、 $FeCo$ 合金、 $FeCoRh$ 合金あるいは $FeCoRh$ 合金のメッキ浴中にサッカリンナトリウム($C_6H_4CONNaSO_2$)を混入することが好ましい。前記サッカリンナトリウムは応力緩和剤の役割を持っており、メッキ形成された $FeCo$ 合金、 $FeCo$ 合金、 $FeCoRh$ 合金及び $FeCoRh$ 合金の膜応力を低減させることが可能になる。

【0178】

また上記した $FeCo$ 合金、 $FeCo$ 合金、 $FeCoRh$ 合金あるいは $FeCoRh$ 合金のメッキ浴中に、 2 -ブチン- $1,4$ ジオールを混入することが好ましい。これ

10

20

30

40

50

により前記 FeCo 合金、FeCo 合金、FeCoRh 合金及び FeCoRh 合金の結晶粒径の粗大化を抑制し保磁力 Hc を低減させることができる。

【0179】

また本発明では、前記 FeCo 合金、FeCo 合金、FeCoRh 合金あるいは FeCoRh 合金のメッキ浴中に 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムを混入することが好ましい。

【0180】

前記 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムは界面活性剤である。前記 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムの混入によって、FeCo 合金、FeCo 合金、FeCoRh 合金及び FeCoRh 合金のメッキ形成時に発生する水素を除去でき、メッキ膜に前記水素が付着することを防止することができる。前記メッキ膜に水素が付着すると、結晶が緻密に形成されずその結果、膜面の面粗れをひどくする原因となるため、本発明のように前記水素を除去することで、前記メッキ膜の膜面の面粗れを小さくでき、保磁力 Hc を小さくすることが可能である。

10

【0181】

なお前記 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムに代えてラウリル硫酸ナトリウムを混入してもよいが、前記ラウリル硫酸ナトリウムは、前記 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムに比べてメッキ浴中に入れたとき泡立ちやすいために、前記ラウリル硫酸ナトリウムを効果的に水素を除去できる程度に混入することが難しい。このため本発明では、前記ラウリル硫酸ナトリウムに比べて泡立ちにくい 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウムを水素を効果的に除去できる程度に混入することができて好ましい。

20

【0182】

また前記メッキ浴中にホウ酸を混入することが好ましい。ホウ酸は、電極表面の pH 緩衝剤となり、またメッキ膜の光沢を出すのに効果的である。

【0183】

上記した軟磁性膜の製造方法を用いて図 1 ないし図 7 の各図におけるコア層及び磁極層をメッキ形成する。

【0184】

上記の製造方法によれば、再現性良くしかも容易に、上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜をメッキ形成でき、飽和磁束密度 Bs が 2.0 T 以上あるいは 2.1 T 以上と高く高記録密度化に対応でき、しかも耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

30

【0185】

なお本発明では、上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜の用途として図 1 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドを提示したが、この用途に限定されるものではない。例えば上記の (1) あるいは (2) の軟磁性膜は、薄膜インダクタ等の平面型磁気素子等にも使用可能である。

【0186】

【実施例】

本発明では、以下に示されたメッキ浴からパルス電流による電気メッキ法を用いて FeCoPd 合金をメッキ形成し、この際、前記 FeCoPd 合金の組成比と飽和磁束密度 Bs との関係について調べた。

40

【0187】

(メッキ浴組成)

1 FeSO₄ · 7H₂O 6 g / l ~ 16 g / l (Fe イオン濃度は、1.2 g / l ~ 3.2 g / l)

2 CoSO₄ · 7H₂O 4.1 g / l ~ 7.6 g / l (Co イオン濃度は、0.86 g / l ~ 1.6 g / l)

3 PdCl₂ 0 ~ 10 mg / l (Pd イオン濃度は、0 g / l ~ 6 mg / l)

4 サッカリンナトリウム 2 g / l

50

5 塩化ナトリウム 25 g / l

6 ホウ酸 25 g / l

7 2 - エチルヘキシル硫酸ナトリウム 0.15 ml / l

また実験に際して以下の成膜条件を共通にした。

【0188】

まず電極のpHを2.3に設定した。またパルス電流のデューティー比(ON/OFF)を500/500 msecに設定した。また電流を500~1000 mAに設定した。

【0189】

そして本発明では、Si基板上にCu下地層をスパッタ形成した後、前記Cu下地層上に上記のメッキ浴からFeCoPd合金あるいはFeCo合金を0.5 μm~1 μmの膜厚でメッキ形成した。 10

その実験結果は、以下の表1に示されている。

【0190】

【表1】

No	Fe (質量%)	Co (質量%)	Pd (質量%)	Fe/Coの比率	飽和磁束密度 Bs
1	64	36	0	1.78	2.01
2	72	28	0	2.57	2.22
3	73	27	0	2.7	2.21
4	73	27	0	2.7	2.23
5	77	23	0	3.35	2.27
6	77	23	0	3.35	2.28
7	80	20	0	4	2.2
8	82	18	0	4.56	2.2
9	83	17	0	4.88	2.11
10	84	16	0	5.25	2.01
11	78.72	20.78	0.5	3.78	2.18
12	70.41	27.95	1.64	2.52	2.28
13	67.84	30.08	2.08	2.26	2.1
14	80.75	17.03	2.22	4.74	2.05
15	76.92	20.63	2.45	3.73	2.22
16	64.33	32.88	2.79	1.96	2
17	73.1	24.01	2.89	3.04	2.25
18	72	25	3	2.88	2.25
19	75.03	21.74	3.23	3.45	2.24
20	70.93	25.82	3.25	2.75	2.22
21	65.02	31.28	3.7	2.08	2.17
22	76.92	19.3	3.78	3.99	2.21
23	68.33	27.31	4.36	2.5	2.1
24	68	27	5	2.52	2.26
25	70	25	5	2.8	2.21
26	72.11	22.39	5.5	3.22	2.23
27	75.3	19.2	5.5	3.92	2.22
28	57.27	35.29	7.44	1.62	2.18
29	68.54	23.36	8.1	2.93	2.17
30	65.37	25.63	9	2.55	2.18
31	73.99	17.01	9	4.35	2.09
32	63.51	26.59	9.9	2.39	2.11
33	55.55	26.9	17.55	2.07	2.01

表 1 に示された Fe、Co 及び Pd の各組成比と飽和磁束密度 Bs との関係をまとめたのが図 8 の三元図である。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 1 】

図 9 は、図 8 の領域 A の組成範囲内を拡大した部分三元図である。
 実験によれば、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 5 質量% とした
 ライン、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 2 としたライン、Pd
 の組成比を 18 質量% としたライン、Pd の組成比を 0.5 としたラインで囲まれる領域
 B 内の組成範囲であれば、飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上にでき、しかも Pd を含まな
 い Fe Co 合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができることがわかつた
 。

【 0 1 9 2 】

次に、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 4.3 としたライン、Fe
 の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 2.6 としたライン、Pd の組成
 比を 9 質量% としたライン、Pd の組成比を 3 質量% としたラインで囲まれる領域 C 内の
 組成範囲であれば、飽和磁束密度 B_s を 2.2 T 以上にでき、しかも Pd を含まない Fe
 Co 合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができることがわかつた。

【 0 1 9 3 】

上記した Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率の範囲は、飽和磁
 束密度 B_s との関係から求めたものである。

【 0 1 9 4 】

図 10 は、表 1 の各サンプルに示す Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%)
) の比率と飽和磁束密度 B_s との関係を示すグラフである。

【 0 1 9 5 】

図 10 に示すように、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 2 以上で
 5 以下にすれば確実に飽和磁束密度 B_s を 2.0 T 以上にできることがわかる。

【 0 1 9 6 】

次に図 10 に示すように、Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) を 3 から
 4 程度にすると前記飽和磁束密度 B_s を最も大きくでき、本発明ではこの実験結果から
 好ましい前記 Fe の組成比 X (質量%) / Co の組成比 Y (質量%) の比率を 2.6 以上
 で 4.3 以下とした。これによって飽和磁束密度 B_s を 2.2 T 以上確保できることがわ
 かる。

【 0 1 9 7 】

ただし前記飽和磁束密度 B_s は、図 10 を見てわかるように、Pd の組成比にも依存する
 。当然のことながら前記 Pd の組成比を大きくしていけば、Fe の組成比 X (質量%) /
 Co の組成比 Y (質量%) を上記比率内に収めても、磁性を担う Fe、Co 量が減少する
 ため、飽和磁束密度 B_s は低下しやすくなる。

【 0 1 9 8 】

また前記 Pd は耐食性を向上させるために添加される貴金属である。耐食性の向上のため
 には前記 Pd をある程度、Fe Co 系合金内に含有させないと、その効果を適切に発揮さ
 せることはできない。

【 0 1 9 9 】

そこで次に前記 Pd の組成比を限定することとした。
 本発明では Fe Co 系合金中に含まれる Pd の組成比と耐食性との関係について実験を行
 った。実験は、表 1 から選択された 6 つのサンプルを用意して行った。各サンプルの膜構
 成は、Fe₂₀Ni₈₀合金膜 / 軟磁性膜 / NiP 合金膜 / Fe₆₀Ni₄₀とした。

【 0 2 0 0 】

表 1 からは、上記膜構成中の軟磁性膜としてパルス電流による電気メッキ法にてメッキ形
 成された Fe₇₂Co₂₈合金からなるサンプル 2、Fe_{78.72}Co_{20.78}Pd_{0.5}合金からな
 るサンプル 11、Fe₆₈Co₂₇Pd₅合金からなるサンプル 24、Fe_{63.51}Co_{26.59}Pd_{9.9}
 からなるサンプル 32、Fe_{55.55}Co_{26.9}Pd_{17.55}合金からなるサンプル 33 の
 5 つを用意し、さらに新たに、Fe₇₀Ni₃₀からなるサンプル 34 を用意した。

【 0 2 0 1 】

10

20

30

40

50

そしてこれら各サンプルを温純水（60）、純水（45）、市水（45）、希硫酸（ $\text{pH} = 2$ ）に浸し、その後、各サンプルを切断して耐食性の良否を評価した。評価は10段階の評価とし、10の評価は、軟磁性膜の部分が全く腐食されておらず、すなわち最も耐食性に優れていることを意味する。また10の評価から数字が1つ減る毎に、軟磁性膜の部分の腐食の度合いが大きくなり、1の評価は、軟磁性膜の部分がほとんど腐食され、最も耐食性が悪いことを意味する。

その実験結果をまとめたのが以下の表2である。

【0202】

【表2】

サンプルNo	軟磁性膜の組成	温純水 60℃	純水 45℃	市水 45℃	希硫酸 45℃ PH=2
サンプル2	$\text{Fe}_{72}\text{Co}_{28}$	3	6	4	5
サンプル11	$\text{Fe}_{78.72}\text{Co}_{20.78}\text{Pd}_{0.5}$	3	6	5	7
サンプル24	$\text{Fe}_{68}\text{Co}_{27}\text{Pd}_5$	5	7	5	7
サンプル32	$\text{Fe}_{63.51}\text{Co}_{26.59}\text{Pd}_{9.9}$	7	8	5	9
サンプル33	$\text{Fe}_{55.55}\text{Co}_{26.9}\text{Pd}_{17.55}$	10	10	9	10
サンプル34	$\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$	10	9	7	9

10

20

【0203】

表2に示すように、軟磁性膜に $\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$ 合金膜を選択したサンプル34では、いずれの液に浸したときでも耐食性の評価が高く非常に耐食性に優れていることがわかった。

【0204】

これに対し、軟磁性膜に $\text{Fe}_{72}\text{Co}_{28}$ 合金膜を選択したサンプル2では、温純水（60）及び市水（45）における耐食性の評価が3の評価と4の評価と低く、希硫酸に浸した時の評価はすべて5であり、腐食しやすいことがわかった。

【0205】

このように、軟磁性膜に $\text{Fe}_{72}\text{Co}_{28}$ 合金膜を選択した場合、耐食性が低下する原因は、 $\text{Fe}_{72}\text{Co}_{28}$ 合金膜の上に $\text{Fe}_{60}\text{Ni}_{40}$ 合金膜を電気メッキ法にてメッキ形成するとき、前記 FeCo 合金膜と NiFe 系合金膜との間に大きな電位差（標準電極電位差）が発生し、この電位差によりいわゆる電池効果が生じて前記 FeCo 合金膜が溶け出すからであると考えられる。

30

【0206】

一方、 FeCo 合金にPdを0.5質量%含有させたサンプル11では、Pdを含有しないサンプル2と比較して見ると、特に、希硫酸に浸した時、耐食性が改善されたことがわかる。希硫酸は、スライダ加工などで使用される洗浄液の一つであり、この希硫酸での耐食性の改善は、スライダ加工時に、さらに希硫酸を使用しやくなり好ましい。

【0207】

さらにPdの組成比を増やしたサンプル24、32及び33では、Pdを含まないサンプル2に比べて飛躍的に耐食性の向上を図ることができることがわかり、特にPdを17.55質量%含有させたサンプル33に至っては、 $\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$ 合金よりも優れた耐食性を示した。

40

【0208】

このように FeCo 合金にPdを含有させた FeCoPd 合金膜であるとPdを含まない FeCo 合金膜より耐食性が向上する理由は、Pdはそれ自体イオン化され難い貴金属だからであり、前記Pdが FeCo 合金内に含有されることで、 FeCoPd 合金の上に FeNi 合金を電気メッキ法にてメッキ形成するとき前記 FeCoPd 合金のイオン化を抑制でき、前記 FeCoPd 合金の耐食性を向上させることが可能になっている。

50

【0209】

この表から見て、本発明ではPd量を0.5質量%すると、Pdを含まないFeCo合金に比べて効果的に耐食性の向上を図ることが可能になることがわかる。

【0210】

Pd量を0.5質量%含有するサンプルNo. 11は表1に示すように、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)は約3.78であり、飽和磁束密度Bsも2.0Tを越え約2.18Tとなっている。

【0211】

このようにサンプルNo. 11では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が2以上で5以下の範囲内に収まり、飽和磁束密度Bsを2.0T以上得ることができるととともに、耐食性を、Pdを含まない軟磁性膜に比べて向上させることができることが確認されたので、本発明では、前記Pdの組成比の下限値を0.5質量%以上に設定した。

10

【0212】

次に、Pdを17.55質量%含有するサンプルNo. 33では表1を見てみると、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が約2.07である。上記したように本発明では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2以上で5以下に設定している。すなわちこのサンプルNo. 33では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が2付近であり、しかもPdの組成比は、他のサンプルに比べて最も高いために、Feの組成比(絶対値)が最も小さくなっている。サンプルNo. 33では

20

【0213】

サンプルNo. 33では、他のサンプルに比べてFeの組成比が最も低いものの、飽和磁束密度Bsは依然として2.0Tを越えている。上記したようにBsはFe量に最も影響を受けるため、サンプルNo. 33程度のPdの組成比であり、且つFeの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2以上5以下にすれば、飽和磁束密度を2.0T以上確保できることがわかる。

【0214】

また表2を見てみると、Pdの組成比を17.55質量%としたサンプル33は耐食性をより効果的に向上させることができることがわかる。したがって本発明では、前記Pdの組成比の上限値を18質量%以下とした。

30

【0215】

以上の実験結果により、本発明では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2以上で5以下とし、且つPdの組成比を0.5質量%以上で18質量%以下と設定した。これによって飽和磁束密度を2.0T以上にできると共に、Pdを含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することが可能になる。

【0216】

次に、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2.6以上で4.3以下とし、2.2T以上の飽和磁束密度を得ることができる場合のPdの組成比を設定する。

【0217】

表1で示すように、Pdを含むものでFeの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が2.6以上で4.3以下であり、飽和磁束密度が2.2Tを越えているサンプルは、No. 15、17、18、19、20、22、25、26、27である。またサンプルNo. 30では、飽和磁束密度Bsがわずかに2.2Tを下回るもののPd量が約9質量%に高くても2.2Tに近い飽和磁束密度Bsを得ることが可能である。

40

【0218】

これらサンプルのPd量を見てみると、Pd量は、約3質量%から9質量%の範囲内であることがわかる。

【0219】

そこで本発明では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が2.6以上

50

で4.3以下であり、且つPd量が3質量%以上で9質量%の範囲を好ましい組成範囲とした。これにより飽和磁束密度Bsが2.2T以上で、しかもPdを含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができる。

【0221】

次に、FeCoRhからなる軟磁性膜の組成比と飽和磁束密度Bsとの関係について調べた。

【0222】

(メッキ浴組成)

1 FeSO₄・7H₂O 5.0g/l ~ 25.0g/l (Feイオン濃度は、1.0g/l ~ 5.0g/l)

2 CoSO₄・7H₂O 0.4g/l ~ 20.0g/l (Coイオン濃度は、0.1g/l ~ 5.0g/l)

3 Rh(SO₄)₃ 0 ~ 48mg/l (Rhイオン濃度は、0g/l ~ 10mg/l)

4 サッカリンナトリウム 2g/l

5 塩化ナトリウム 25g/l

6 ホウ酸 25g/l

7 ラウリル硫酸ナトリウム 0.02ml/l

また実験に際して以下の成膜条件を共通にした。

【0223】

まず電極のpHを1.7に設定した。また直流電流を用いた電気メッキ法で、前記FeCoRh合金をメッキ形成した。このときの電流値は500 ~ 1000mAであった。

【0224】

そして本発明では、Si基板上にCu下地層をスパッタ形成した後、前記Cu下地層上に上記のメッキ浴からFeCoRh合金あるいはFeCo合金を0.5μm ~ 1μmの膜厚でメッキ形成した。

その実験結果は、以下の表3に示されている。

【0225】

【表3】

10

20

表3 各サンプルの組成と飽和磁化(Bs)

Fe 質量%	Co 質量%	Rh 質量%	Fe/Co	Bs T	Area
68.64	28.12	3.23	2.441	2.29	A
70.00	29.17	0.84	2.400	2.30	—
67.87	25.71	6.42	2.640	2.28	A
69.57	26.02	4.41	2.674	2.22	A
66.84	29.04	4.12	2.302	2.31	B
65.99	29.75	4.26	2.218	2.28	B
64.01	31.09	4.90	2.059	2.31	B
68.37	31.63	0.00	2.162	2.28	—
65.65	31.73	2.62	2.069	2.29	B
69.37	25.31	5.32	2.741	2.24	C
74.81	25.19	0.00	2.970	2.27	—
73.77	25.60	0.62	2.882	2.26	—
72.06	26.27	1.67	2.743	2.18	—
67.44	23.78	8.78	2.836	2.24	D
64.03	27.76	8.21	2.307	2.26	F
63.25	32.07	4.68	1.972	2.26	H
62.25	31.30	6.45	1.989	2.21	H
64.55	32.96	2.49	1.958	2.19	H
60.74	32.50	6.76	1.869	2.27	H
76.06	22.46	1.48	3.386	2.10	—
77.67	20.39	1.94	3.809	2.15	I
72.63	22.52	4.86	3.225	2.11	I
74.16	23.27	2.57	3.187	2.11	I
69.01	21.11	9.88	3.269	2.12	J
60.28	20.00	19.72	3.014	2.13	L
64.13	22.66	13.21	2.830	2.15	L
59.31	29.06	11.63	2.041	2.17	N
58.26	28.64	13.09	2.034	2.17	N
57.47	29.56	12.97	1.944	2.14	O
56.90	28.85	14.25	1.972	2.13	O
58.91	35.62	5.47	1.654	2.17	R
58.68	33.83	7.48	1.735	2.14	R
58.42	37.24	4.34	1.569	2.17	R
62.58	35.29	2.13	1.773	2.14	R

10

20

30

【0226】

表3に示されたFe、Co及びRhの各組成比と飽和磁束密度Bsとの関係をまとめたのが図11の三元図である。

【0227】

図12は、図11の一部の組成範囲内を拡大した部分三元図である。

実験によれば、Fe組成比Xを56質量%としたライン、Co組成比を20質量%としたライン、Rhの組成比を1.7質量%としたライン、Rhの組成比を20質量%としたラインで囲まれる領域内の組成範囲であれば、飽和磁束密度Bsを2.1T以上にでき、しかも以下に説明するようにRhを含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができることがわかった。

40

【0228】

次に上記した組成範囲内で形成されたFeCoRh合金の耐食性について調べた。実験では前記FeCoRh合金をべた膜でメッキ形成し、このメッキ膜を希硫酸(pH=2)、希硫酸(pH=4)及び温純水(60)に浸したときのエッチング量を調べた。その実験結果は表4に示されている。

【0229】

50

【表4】

表4 Corrosion Testによるエッチング量 (べた膜)

組成(質量%)			エッチング量					
			希硫酸pH=2		希硫酸pH=4		温純水(60°C)	
Fe	Co	Rh	5min	30min	5min	30min	5min	30min
68.2	31.8	0.0	1001	5280	211	981	120	301
72.0	Ni(28)	-	583	3001	-	-	-	-
70.83	27.50	1.7	761	4280	120	551	-	221
66.16	31.22	2.6	539	2831	140	560	-	65
62.76	29.76	7.5	562	3269	-	-	-	-
63.11	26.74	10.2	489	2921	-	-	-	-
59.02	26.73	14.3	422	2511	-	-	-	-

("—"は測定不能)

10

【0230】

表4に示すように、Rhが1.7質量%以上含まれていれば、FeCo合金膜よりもエッチング量を小さくできることがわかった。

【0231】

以上の実験結果から本発明では、FeCoRh合金のFe量を56質量%以上とし、Co量を20質量%以上とし、およびRh量を1.7質量%以上で20質量%以下とすれば、飽和磁束密度Bsを2.1T以上にできると共に、耐食性をFeCo合金よりも良好にできることがわかった。

【0232】

次に本発明では、図1ないし図4に示す実施形態のように、下部磁極層19、32、ギャップ層20、33及び上部磁極層21、34を連続メッキ形成したときの下部磁極層19、32及び上部磁極層21、34の耐食性について調べた。実験では下部磁極層19、32をFeCoRh合金膜でメッキ形成し、ギャップ層20、33をNiP合金膜でメッキ形成し、上部磁極層21、34を下からFeCoRh合金、およびFeNi合金の2層でメッキ形成した。

20

【0233】

そして実験で使用したFeCoRh合金膜の組成比の異なる各サンプルを希硫酸(pH=4)及び温純水(60°C)に浸し、どの程度エッチングされたかを官能評価した。なお実験では、上記したFeCoRh合金膜で形成された部分をFeCo合金膜で形成したサ

30

【0234】

【表5】

表5 Corrosion Testによるエッチングダメージ (積層フレームめっき)

組成(質量%)			官能評価			
			希硫酸pH=4		温純水(60°C)	
Fe	Co(Ni)	Rh	5min	30min	5min	30min
70.1	29.9	0.0	エッチングにより積層めっき出来ず			
72.0	Ni(28)	-	10	9	10	9
65.7	31.7	2.6	1	1	1	1
62.76	29.76	7.5	10	9	10	9
63.3	26.9	9.9	10	9	10	9
58.0	29.2	12.8	10	9	10	9
58.7	25.2	16.2	10	9	10	9

40

【0235】

なお表5に示す官能評価は10段階の評価とし、10の評価は、軟磁性膜の部分が全く腐食されておらず、すなわち最も耐食性に優れていることを意味する。また10の評価から数字が1つ減る毎に、軟磁性膜の部分の腐食の度合いが大きくなり、1の評価は、軟磁性膜の部分がほとんど腐食され、最も耐食性が悪いことを意味する。

50

【0236】

表5に示すように、下部磁極層及び上部磁極層をFeCo合金膜で形成したサンプルでは、そもそもメッキ形成が不可能で耐食性評価を行うことができなかった。

【0237】

一方、Rhを2.6質量%混入したFeCoRh合金膜では、FeCo合金膜よりも耐食性は向上するものの、官能評価はすべて「1」でかなりエッチングされてしまい耐食性は特にNiFe合金膜に比べると非常に悪かった。

【0238】

これに対し、Rhを7.5質量%以上混入したFeCoRh合金膜では、FeNi合金と同等の耐食性を得ることができることがわかった。

10

【0239】

以上の実験結果から特に連続メッキで形成する部分に、FeCoRh合金膜を使用する場合、Rhを7.5質量%以上にすることが好ましいことがわかった。

【0240】

次に本発明のより好ましい組成範囲について以下に説明する。本発明では飽和磁束密度Bsが2.2T以上あり、しかも耐食性がNiFe合金膜と同等程度あるFeCoRh合金であることがより好ましい。その組成範囲は表3や表5から算出すると、図12に示すFeの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2.030としたライン、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)を2.704としたライン、Rhの組成比を7.5質量%としたライン、Rhの組成比を10質量%としたラインで囲まれる領域内であることがわかった。従って本発明では、FeCoRh合金膜のより好ましい組成範囲を、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)が2.030以上で2.704以下で、Rhの組成比が7.5質量%以上で10質量%以下である範囲内であるとした。

20

【0241】

【発明の効果】

以上詳述した本発明では、Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率が2以上で5以下であり、元素Pd(ただし元素Pdは、Pd)の組成比Zが、0.5質量%以上で18質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たし、且つメッキ形成される $Fe_x Co_y Z$ 合金であれば、2.0T以上の飽和磁束密度を得ることができると共に元素Pdを含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができる。

30

【0242】

また本発明では、前記Feの組成比X(質量%) / Coの組成比Y(質量%)の比率は2.6以上で4.3以下であり、元素Pdの組成比Zは3質量%以上で9質量%以下であり、 $X + Y + Z = 100$ 質量%の関係を満たすことが好ましい。これにより飽和磁束密度Bsを2.2T以上にすることができるとともに元素Pdを含まないFeCo合金に比べて耐食性に優れた軟磁性膜を製造することができる。

【0246】

また本発明では前記FeCo合金に元素Pd(ただし元素PdはNi、Crの一方あるいは両方)を添加してもよい。

40

【0247】

本発明では、前記FeCo合金をパルス電流を用いた電気メッキ法あるいは直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成することで、上記した組成比を有する前記FeCo合金を再現性良く形成することができる。

【0248】

以上のようにして形成されたFeCo合金を薄膜磁気ヘッドの磁極層やコア層に使用することにより、前記磁極層やコア層のギャップ近傍に磁束を集中させて記録密度を向上させることが可能である。したがって今後の高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。しかも耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 2】図 1 の縦断面図、

【図 3】本発明の第 2 実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 4】図 3 の縦断面図、

【図 5】本発明の第 3 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 6】本発明の第 4 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 7】本発明の第 5 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 8】電気メッキ法によりメッキ形成された FeCoPd 合金と FeCo 合金の組成比と飽和磁束密度との関係を示す三元図、

10

【図 9】図 8 の領域 A の部分を拡大した部分三元図、

【図 10】Fe の質量% / Co の質量% の比率と飽和磁束密度との関係を示すグラフ、

【図 11】電気メッキ法によりメッキ形成された FeCoRh 合金と FeCo 合金の組成比と飽和磁束密度との関係を示す三元図、

【図 12】図 11 のある所定領域の部分を拡大した部分三元図、

【符号の説明】

11 スライダ

10 磁気抵抗効果素子

16 下部コア層 (上部シールド層)

18、30 磁極部

20

19、32、50 下部磁極層

20、33 ギャップ層

21、34 上部磁極層

22、40、46、55 上部コア層

41 磁気ギャップ層

47 高Bs層

48 上層

【 図 1 】

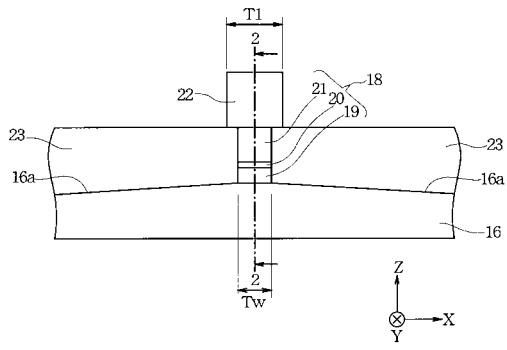


図 1

【 図 3 】

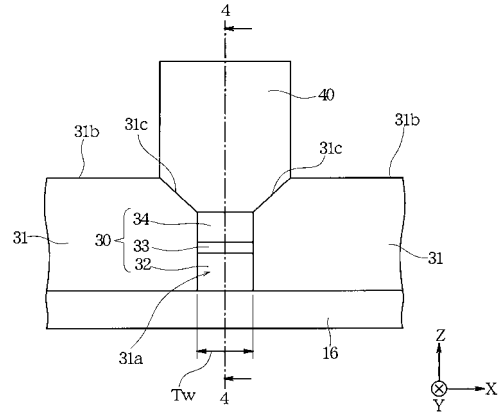


図 3

【 図 2 】

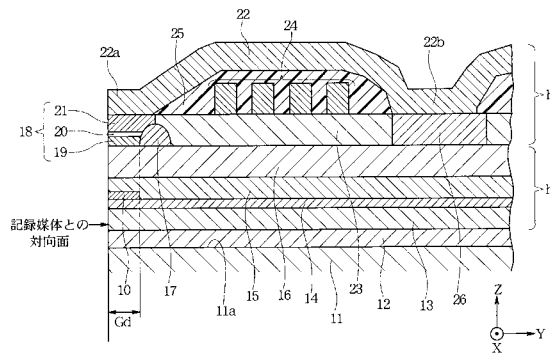


図 2

【 図 4 】

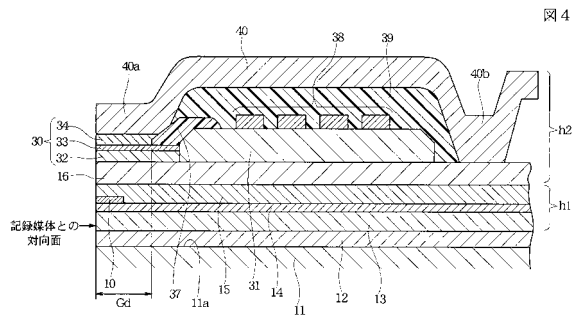


図 4

【 図 5 】

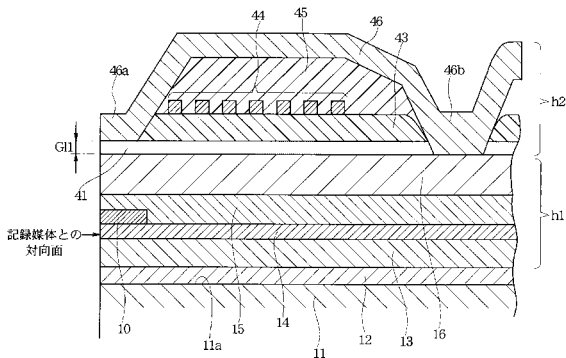


図 5

【 図 6 】

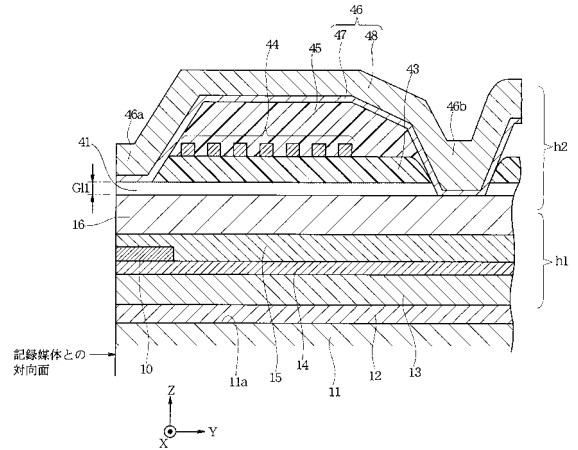
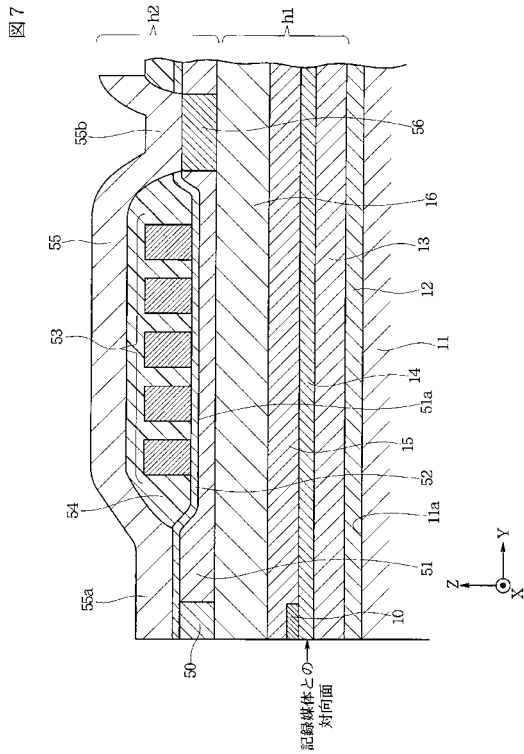


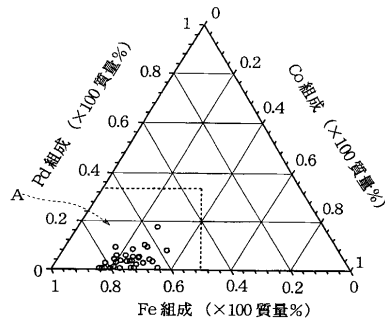
図 6

【 図 7 】



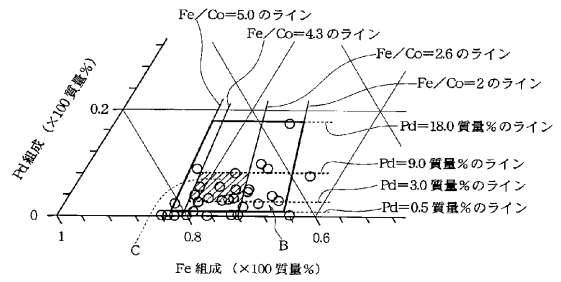
【 図 8 】

図 8



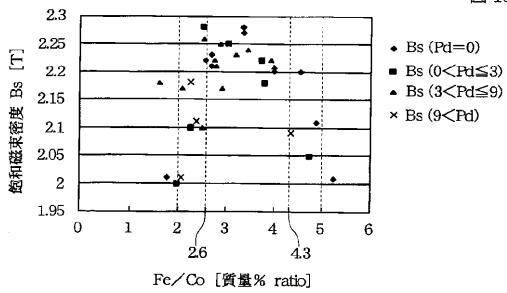
【 図 9 】

図 9



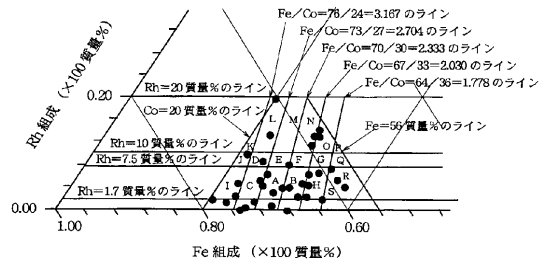
【 図 10 】

図 10



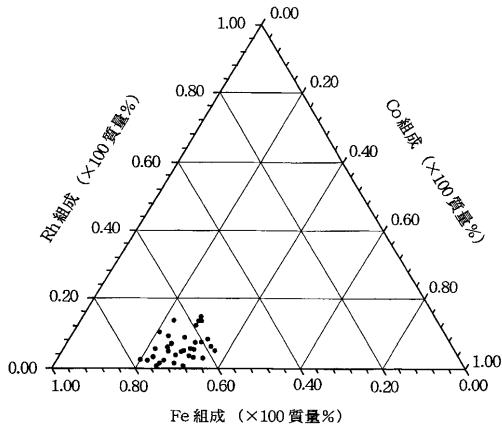
【 図 12 】

図 12



【 図 11 】

図 11



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-066035(JP,A)
特開平07-192920(JP,A)
特開2001-006931(JP,A)
特開2000-208355(JP,A)
特開昭55-164092(JP,A)
特開平08-232081(JP,A)
特開2000-285411(JP,A)
登録実用新案第3009051(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G11B 5/31-5/39
H01F 10/00-10/32
H01F 41/14-41/34