



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106062900 B

(45)授权公告日 2018.03.23

(21)申请号 201580011466.4

(22)申请日 2015.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106062900 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(30)优先权数据

2014-129203 2014.06.24 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.08.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/002519 2015.05.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/198523 JA 2015.12.30

(73)专利权人 富士电机株式会社

地址 日本神奈川

(72)发明人 中田仁志 岛津武仁

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 金春实

(51)Int.Cl.

H01F 10/14(2006.01)

B81B 7/02(2006.01)

G11B 5/65(2006.01)

H01F 10/32(2006.01)

H01L 21/8246(2006.01)

H01L 27/105(2006.01)

H01L 29/82(2006.01)

H01L 43/08(2006.01)

H01L 43/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 1503912 A, 2004.06.09,

CN 101136213 A, 2008.03.05,

CN 100580968 C, 2010.01.13,

CN 100580968 C, 2010.01.13,

JP 特开2007-59927 A, 2007.03.08,

JP 特开2014-56624 A, 2014.03.27,

US 2004/0021990 A1, 2004.02.05,

审查员 高涛

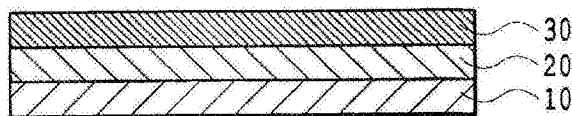
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

磁性薄膜以及包括磁性薄膜的应用设备

(57)摘要

本发明的课题在于,提供具有高的磁各向异性常数(K_u)及大的顽磁力(H_c)的磁性薄膜以及包括该磁性薄膜的应用设备。本发明的磁性薄膜包括有序合金,该有序合金包含从由Fe以及Ni构成的群选择的至少一种第一元素、从由Pt、Pd、Au以及Ir构成的群选择的至少一种第二元素以及Sc。



1. 一种磁性薄膜,其特征在于,

包含有序合金,所述有序合金包含从由Fe以及Ni构成的群选择的至少一种第一元素、从由Pt、Pd、Au以及Ir构成的群选择的至少一种第二元素以及Sc,Sc的添加量在1.2~3.8原子%的范围内。

2. 根据权利要求1所述的磁性薄膜,其特征在于,

所述第一元素是Fe,所述第二元素是Pt。

3. 根据权利要求1所述的磁性薄膜,其特征在于,

所述有序合金具有L1₀型有序构造。

4. 根据权利要求1所述的磁性薄膜,其特征在于,

所述磁性薄膜具有由包含所述有序合金的磁性晶粒和非磁性晶界构成的粒状构造,所述非磁性晶界包含从由碳、硼、氧化物以及氮化物构成的群选择的至少一种材料。

5. 一种磁记录介质,其特征在于,

包括非磁性基板和磁记录层,所述磁记录层包括权利要求1所述的磁性薄膜。

6. 一种磁阻元件,其特征在于,

包括权利要求1所述的磁性薄膜。

7. 一种隧道磁阻元件,其特征在于,

包括固定磁性层、自由磁性层以及势垒层,所述势垒层位于所述固定磁性层与所述自由磁性层之间,所述固定磁性层以及所述自由磁性层中的至少一方包括权利要求1所述的磁性薄膜。

8. 一种磁随机存取存储器,其特征在于,

包括权利要求6所述的磁阻元件。

9. 一种微机电系统,其特征在于,

包括权利要求1所述的磁性薄膜。

磁性薄膜以及包括磁性薄膜的应用设备

技术领域

[0001] 在本说明书中公开了几个实施方式的发明涉及包含有序合金的磁性薄膜。更详细而言,实施方式的几个结构例涉及有序合金以Fe以及Pt为主成分且包含Sc的磁性薄膜。进而,在本说明书中公开了几个实施方式的发明涉及包括上述磁性薄膜的应用设备。

背景技术

[0002] 包括磁性薄膜的应用设备包括磁记录介质、隧道磁阻元件(TMR)、磁阻随机存取存储器(MRAM)以及微机电系统(MEMS)设备等。

[0003] 作为包括磁性薄膜的应用设备的第一例,说明磁记录介质。磁记录介质被用于硬盘、光磁记录(MO)盘以及磁带等磁记录装置。其磁记录方式包括面内磁记录方式以及垂直磁记录方式。

[0004] 面内磁记录方式是以往使用的方式,是例如相对于硬盘表面水平地进行磁记录的方式。但是,近年来,主要使用能够实现更高的记录密度的与盘表面垂直地进行磁记录的垂直磁记录方式。

[0005] 在垂直磁记录方式中使用的磁记录介质(以下有时记载为“垂直磁记录介质”)至少包括非磁性基板和由硬质磁性材料形成的磁记录层。垂直磁记录介质也可以任意选择性地还包括由软磁性材料形成而承担使磁头产生的磁通集中到磁记录层的作用的软磁性衬底层、用于使磁记录层的硬质磁性材料向目的的方向取向的品种层、保护磁记录层的表面的保护层等。

[0006] 近年来,以进一步提高垂直磁记录介质的记录密度为目的,迫切需要使磁记录层中的磁性晶粒的粒径缩小。另一方面,磁性晶粒的粒径的缩小使所记录的磁化的热稳定性降低。因此,为了补偿磁性晶粒的粒径的缩小所致的热稳定性的降低,要求使用具有更高的晶体磁各向异性的材料来形成磁性晶粒。

[0007] 但是,具有用具有高的磁各向异性的材料形成的磁记录层的磁记录介质具有大的顽磁力,磁化的记录困难。为了克服该记录困难性,提出了热辅助磁记录方式、微波辅助磁记录方式等能量辅助磁记录方式。在热辅助磁记录方式中,利用磁性材料中的磁各向异性常数(Ku)的温度依赖性、即温度越高则Ku越小这样的特性。在该方式中,使用具有磁记录层的加热功能的头。即,通过使磁记录层升温而临时地使Ku降低来使反转磁场降低,在该期间进行写入。在降温之后,Ku返回到原来的高的值,所以能够稳定地保持所记录的磁化。

[0008] 作为包括磁性薄膜的应用设备的第二例,说明隧道磁阻元件(TMR)以及使用它的磁阻随机存取存储器(MRAM)。闪存存储器、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)等以往的存储器使用存储器单元内的电子来进行信息的记录。另一方面,MRAM是将与硬盘等相同的磁性体用于记录介质的存储器。

[0009] MRAM具有10ns左右的地址访问时间以及20ns左右的循环时间。因此,MRAM的读写速度是DRAM的读写速度的5倍左右,即与静态随机存取存储器(SRAM)的读写速度等同。另外,MRAM具有能够实现闪存存储器的十分之一左右的低功耗以及高密度的集成这样的优

点。

[0010] 此处,能够通过各种技术,制造在MRAM中使用的TMR。例如,通过在反铁磁性薄膜上形成铁磁性薄膜,能够得到包括TMR的层叠体。在日本特开2005-333106号公报(专利文献1)中,公开了如下交换耦合元件:在基板上依次层叠反铁磁性层以及与该反铁磁性层交换耦合的铁磁性层,上述反铁磁性层包含Mn-Ir合金的规则相(Mn_3Ir)。在该文献的图5中,公开了包括上述交换耦合元件的TMR的示意剖面图。另外,在该文献的图4中,公开了具备交换耦合元件的自旋阀型磁阻元件。

[0011] 作为包括磁性薄膜的应用设备的第三例,说明微机电系统(MEMS)设备。MEMS设备是在单一的基板上将机械要素零件、传感器、致动器和/或电子电路集成化而成的设备的总称。可使用的基板包括硅基板、玻璃基板或者有机材料基板。MEMS设备的应用例包括:作为投影仪的光学元件的1种的数字微型反射镜设备(DMD);用于喷墨打印机的头部的微小喷嘴;以及压力传感器、加速度传感器和流量传感器那样的各种传感器。近年来,除了制造业中的应用以外,还期待医疗领域等中的MEMS设备的应用。

[0012] 上述应用设备(磁记录介质、TMR、MRAM以及MEMS设备)都要求磁性薄膜的磁特性的提高,具体而言要求单轴磁各向异性常数(K_u)的提高。另外,这样呈现优良的 K_u 值的磁性薄膜的开发被认为今后对记录介质以及存储器的大容量化和/或高密度化作出很大贡献。

[0013] 作为呈现优良的 K_u 值的材料的候补,有序合金受到瞩目,活跃地进行其研究。作为有序合金,着眼于FePt、CoPt等各种材料。用于添加到它们中而提高特性的添加材料的探索也正继续。关于这一点,在日本特开2010-135610号公报(专利文献2)中,提出了含有 L_{11} 型的Co-Pt-C有序合金的磁性薄膜。该Co-Pt-C有序合金能够包含任意选择性地由Ni、Fe、Mn、Cr、V、Ti、Sc、Cu、Zn、Pd、Rh、Ru、Mo、Nb、Zr、Ag、Ir、Au、Re、W、Ta、Hf、Al、Si、Ge以及B构成的群中选择的至少一种添加元素。但是,未具体地研究这些添加元素对磁性薄膜造成的影响。

[0014] 另外,在日本特开2008-59733号公报(专利文献3)中,提出了具有通过由FePd、FePt、CoPt以及MnAl那样的 L_{10} 型有序合金构成的磁性晶粒以及由氧化物构成的非磁性晶界而构成的粒状构造的磁记录层的磁记录介质。此处,氧化物由氧和至少一个元素具有负的还原电位的一个或者多个元素构成。作为构成氧化物的元素的例子,记载了钪(Sc)。但是,在该文献中,未针对上述粒状构造的磁记录层的特性进行任何评价。另外,在该文献中,既未公开也未启示在 L_{10} 型有序合金中导入添加元素。

[0015] 如以上那样,当前,几乎未进行与作为添加到有序合金的材料的Sc有关的研究。关于添加了Sc的情况下的有序合金的磁特性、特别是这样的有序合金中的磁各向异性常数 K_u 的研究也几乎未得到进展。

[0016] 专利文献1:日本特开2005-333106号公报

[0017] 专利文献2:日本特开2010-135610号公报

[0018] 专利文献3:日本特开2008-59733号公报

发明内容

[0019] 在本说明书中公开了几个结构例的发明的目的在于,提供一种具有高的磁各向异性常数 K_u 及大的顽磁力 H_c 的磁性薄膜以及包括该磁性薄膜的应用设备。

[0020] 作为本发明的实施方式的一个例子的磁性薄膜的特征在于,包含有序合金,所述

有序合金包含从由Fe以及Ni构成的群选择的至少一种第一元素、从由Pt、Pd、Au以及Ir构成的群选择的至少一种第二元素以及Sc。优选的是,第一元素是Fe,第二元素是Pt。另外,有序合金期望具有L1₀型有序构造。另外,本实施方式的磁性薄膜也可以具有由包含所述有序合金的磁性晶粒和非磁性晶界构成的粒状构造。非磁性晶界能够包含从由碳、硼、氧化物以及氮化物构成的群选择的至少一种材料。另外,能够使用本实施方式的磁性薄膜,来形成微机电系统。

[0021] 作为本发明的实施方式的一个例子的磁记录介质的特征在于,包括非磁性基板和磁记录层,所述磁记录层包括所述磁性薄膜。

[0022] 作为本发明的实施方式的一个例子的隧道磁阻元件的特征在于,包括固定磁性层、自由磁性层以及势垒层,所述势垒层位于所述固定磁性层与所述自由磁性层之间,所述固定磁性层以及所述自由磁性层的至少一方包括所述磁性薄膜。能够使用该隧道磁阻元件来形成磁随机存取存储器。

[0023] 通过采用上述结构,作为本发明的实施方式的一个例子的磁性薄膜能够具有大的磁各向异性常数Ku以及大的顽磁力H_c这两者。另外,具有上述特性的磁性薄膜作为具有高的记录密度的磁记录介质的磁记录层是有用的。进而,上述磁性薄膜被认为对磁阻元件的小型化、磁随机存取存储器以及微机电系统的集成度的提高等也有用。

附图说明

[0024] 图1是示出第二实施方式的磁记录介质的一个结构例的概略剖面图。

[0025] 图2是示出隧道磁阻元件的一个结构例的概略剖面图,(a)是示出记录有“0”的信号的状态的图,(b)是示出记录有“1”的信号的状态的图。

[0026] 图3是示出磁阻随机存取存储器的一个结构例的概略剖面图。

[0027] 图4是示出实施例1的磁记录介质中的Sc含量和晶格的a轴以及c轴的长度的关系的图形。

[0028] 图5是示出实施例1的磁记录介质中的Sc含量和顽磁力H_c的关系的图形。

[0029] 图6是示出实施例1的磁记录介质中的Sc含量和磁各向异性常数Ku的关系的图形。

[0030] 符号说明

[0031] 10:非磁性基板;20:晶种层;30:磁记录层;60:隧道磁阻元件;62:固定磁性层;64:自由磁性层;66:势垒层;70:MOS-FET;72:基板;74:源极;76:漏极;78:栅极;82:触点;84:字线;86:比特线;88:数字线;100:MRAM。

具体实施方式

[0032] 第一实施方式的磁性薄膜包含有序合金,所述有序合金包含从由Fe以及Ni构成的群选择的至少一种第一元素、从由Pt、Pd、Au以及Ir构成的群选择的至少一种第二元素以及Sc。优选的是,有序合金具有L1₀型构造。优选的L1₀型有序合金包含FePtSc以及FePdSc。另外,特别优选的L1₀型有序合金包含作为第一元素的Fe、作为第二元素的Pt以及Sc。

[0033] 在本实施方式中使用的有序合金中,关于第一元素相对第二元素之比,也可以以原子数为基准而设为0.7~1.3的范围内、优选设为0.8~1.1的范围内。通过使用该范围内的组成比,能够得到具有大的磁各向异性常数Ku的L1₀型有序构造。

[0034] 在本实施方式中使用的有序合金中的Sc优选为0价的氧化状态的Sc、即金属状态的Sc。虽然不期望被某种理论约束,但能够认为通过Sc的添加而发生L1₀型有序构造的晶格的c轴长增大的变形,通过该晶格的变形而得到大的磁各向异性常数K_u以及大的顽磁力H_c。有序合金不包含Sc氧化物那样的更高的氧化状态的Sc。其原因为,更高的氧化状态的Sc的化合物所引起的其他原子的置换、或者、更高的氧化状态的Sc的化合物的向格子内的侵入等使晶格变形的过程在原理上被认为难以发生,所以难以认为通过更高的氧化状态的Sc的化合物,能够实现本实施方式的作用效果。

[0035] 在本实施方式中,有序合金也可以不一定所有原子都具有有序构造。表示有序构造的程度的有序度S是预定的值以上即可。通过X射线衍射法(XRD)测定磁性薄膜,利用测定值和完全规则化了时的理论值之比,计算有序度S。在L1₀型有序合金的情况下,使用来源于有序合金的(001)以及(002)峰值的积分强度来计算。通过将测定出的(001)峰值积分强度相对(002)峰值积分强度之比的值除以在完全规则化了时理论上计算出的(001)峰值积分强度相对(002)峰值积分强度之比,并取其平方根,能够得到有序度S。如果这样得到的有序度S是0.5以上,则作为磁性薄膜,具有实用的磁各向异性常数K_u。

[0036] 本实施方式的磁性薄膜也可以具有通过由所述有序合金构成的磁性晶粒和非磁性晶界而构成的粒状构造。此处,非磁性晶界也可以包含碳(C)、硼(B)、氧化物以及氮化物。能够在非磁性晶界中使用的氧化物包含SiO₂、TiO₂以及ZnO。能够在非磁性晶界中使用的氮化物包含SiN以及TiN。在粒状构造中,各个磁性晶粒通过非磁性晶界被磁性地分离。该磁性分离特别是在将磁性薄膜用于磁记录介质的磁记录层的情况下,对磁记录介质的SNR提高有效。

[0037] 优选的是,通过伴随基板的加热的溅射法,形成本实施方式的磁性薄膜。作为溅射法,能够使用DC磁控溅射法、RF溅射法等在该技术领域中公知的方法。在以下的说明中,在记载为溅射法的情况下,只要未特别说明就是相同的。形成磁性薄膜时的基板温度优选为400~500℃的范围内。通过采用该范围内的基板温度,能够提高磁性薄膜中的L1₀型有序合金材料的有序度S。作为在溅射法中使用的标靶,也可以使用由第一元素以及第二元素构成的标靶以及由Sc构成的标靶这2种标靶。或者,也可以使用由第一元素构成的标靶、由第二元素构成的标靶以及由Sc构成的标靶这3种标靶。在这些情况下,通过对各个标靶单独地供给电力,能够控制磁记录层30的有序合金中的第一元素、第二元素以及Sc的比例。

[0038] 在本实施方式的磁性薄膜的形成中使用的基板也可以是表面平滑的各种基板。例如,能够将实施了NiP镀覆的Al合金、强化玻璃、晶化玻璃、硅或者MgO等用作基板。

[0039] 在形成具有粒状构造的磁性薄膜时,也可以使用以预定的比例混合形成磁性晶粒的材料和形成非磁性晶界的材料而成的标靶。或者,也可以使用由形成磁性晶粒的材料构成的标靶和由形成非磁性晶界的材料构成的标靶。如上所述,也可以作为用于形成磁性晶粒的标靶,使用多个标靶。在该情况下,能够对各个标靶单独地供给电力,控制磁性薄膜中的磁性晶粒和非磁性晶界的比例。

[0040] 第二实施方式的磁记录介质包括非磁性基板和磁记录层,所述磁记录层包括至少一个第一实施方式的磁性薄膜。例如,在图1所示的结构例中,磁记录介质包括非磁性基板10、磁记录层30以及可任意选择性地设置的品种层20。

[0041] 非磁性基板10也可以是表面平滑的各种基板。能够使用在磁记录介质中一般使用

的材料。例如,能够使用实施了NiP镀覆的Al合金、强化玻璃、晶化玻璃或者MgO等,来形成非磁性基板10。

[0042] 磁记录层30既可以是单一的层,也可以是多个层的层叠体。在由单一的层构成的情况下,磁记录层30是第一实施方式的磁性薄膜。

[0043] 在磁记录层由多个层构成的情况下,多个层中的至少一个是第一实施方式的磁性薄膜。多个层中的其他层也可以是以居里温度(T_c)控制为目的的层、用于调整磁化反转的盖层、用于控制2个磁性层间的交换耦合的交换耦合控制层、用于控制磁特性的磁性层、控制朝向微波辅助磁记录的铁磁性共振频率的磁性层等。这些层能够使用包括溅射法的在该技术中公知的任意方法来形成。

[0044] 本实施方式的磁记录介质也可以在非磁性基板10与磁记录层30之间,还包括从由密接层、散热层、软磁性衬底层、基底层以及晶种层20构成的群选择的一个或者多个层。另外,本实施方式的磁记录介质也可以在磁记录层30上还包括保护层40。进而,本实施方式的磁记录介质也可以在磁记录层30或者保护层40上还包括液体润滑剂层。

[0045] 可任意选择性地设置的密接层被用于提高在其上形成的层和在其下形成的层(包括非磁性基板10)的密接性。当在非磁性基板10的上表面设置密接层的情况下,密接层20能够使用与上述非磁性基板10的材料的密接性良好的材料来形成。这样的材料包括Ni、W、Ta、Cr、Ru等金属、包含上述金属的合金。或者,也可以在非磁性基板10以外的2个构成层之间形成密接层。密接层既可以是单一的层,也可以具有多个层的层叠构造。

[0046] 可任意选择性地设置的软磁性衬底层控制来自磁头的磁通,提高磁记录介质的记录/再生特性。用于形成软磁性衬底层的材料包含NiFe合金、铁硅铝(FeSiAl)合金、CoFe合金等晶质材料、FeTaC、CoFeNi、CoNiP等微晶质材料以及包含CoZrNb、CoTaZr等Co合金的非晶质材料。软磁性衬底层的膜厚的最佳值取决于在磁记录中使用的磁头的构造以及特性。在通过与其他层的连续成膜而形成软磁性衬底层的情况下,考虑与生产性的均衡,优选软磁性衬底层具有10nm~500nm的范围内(包括两端)的膜厚。

[0047] 当在热辅助磁记录方式中使用本实施方式的磁记录介质的情况下,也可以设置散热层。散热层是用于有效地吸收在热辅助磁记录时产生的磁记录层30的多余的热的层。散热层能够使用热传导率以及比热容高的材料来形成。这样的材料包含Cu单质、Ag单质、Au单质或者将它们设为主体的合金材料。此处,“设为主体”表示该材料的含量是50wt%以上。另外,根据强度等观点,能够使用Al-Si合金、Cu-B合金等来形成散热层。进而,能够使用铁硅铝(FeSiAl)合金、软磁性的CoFe合金等来形成散热层。通过使用软磁性材料,能够对散热层赋予使头所产生的垂直方向磁场集中到磁记录层30的功能,还能够补充软磁性衬底层的功能。散热层的膜厚的最佳值根据热辅助磁记录时的热量和热分布以及磁记录介质的层结构和各结构层的厚度而变化。在通过与其他结构层的连续成膜形成的情况等下,考虑与生产性的均衡,散热层的膜厚优选为10nm以上且100nm以下。散热层能够使用溅射法、真空蒸镀法等在该技术中公知的任意方法来形成。在通常的情况下,使用溅射法来形成散热层。考虑磁记录介质所要求的特性,能够在非磁性基板10与密接层之间、密接层与基底层之间等设置散热层。

[0048] 基底层是用于控制在上方形成的晶种层20的结晶性和/或晶体取向的层。基底层既可以是单层也可以是多层。基底层优选为由Cr金属或者对作为主成分的Cr添加了从由

Mo、W、Ti、V、Mn、Ta以及Zr构成的群选择的至少一种金属而成的合金形成的非磁性膜。基底层能够使用溅射法等在该技术中公知的任意方法来形成。

[0049] 晶种层20的功能在于确保基底层等处于其下的层与磁记录层30之间的密接性、以及控制作为上层的磁记录层30的磁性晶粒的粒径以及晶体取向。晶种层20优选为非磁性。另外,在热辅助磁记录方式中使用本实施方式的磁记录介质的情况下,优选晶种层20作为热阻挡部而控制磁记录层30的温度上升以及温度分布。为了控制磁记录层30的温度上升以及温度分布,晶种层20优选同时实现在热辅助记录时的磁记录层30的加热时使磁记录层30的温度迅速地上升的功能以及在引起磁记录层30的面内方向的传热之前通过深度方向的传热而将磁记录层30的热引导到基底层等下层的功能。

[0050] 为了达成上述功能,与磁记录层30的材料相匹配地适当选择晶种层20的材料。更具体而言,与磁记录层的磁性晶粒的材料相匹配地选择晶种层20的材料。例如,在磁记录层30的磁性晶粒由L1₀型有序合金形成的情况下,优选使用Pt金属、或者NaCl型的化合物来形成晶种层。特别优选的是,使用MgO、SrTiO₃等氧化物或者TiN等氮化物来形成晶种层20。另外,还能够层叠由上述材料构成的多个层来形成晶种层20。根据磁记录层30的磁性晶粒的结晶性的提高以及生产性的提高的观点,晶种层20也可以具有1nm~60nm、优选1nm~20nm的膜厚。晶种层20能够使用溅射法、真空蒸镀法等在该技术中公知的任意方法来形成。

[0051] 保护层能够使用在磁记录介质的领域中习惯使用的材料来形成。具体而言,能够使用Pt等非磁性金属、类金刚石碳等碳系材料、或者氮化硅等硅系材料来形成保护层40。另外,保护层既可以是单层,也可以具有层叠构造。层叠构造的保护层也可以是例如特性不同的2种碳系材料的层叠构造、金属和碳系材料的层叠构造、或者金属氧化物膜和碳系材料的层叠构造。保护层能够使用溅射法、CVD法、真空蒸镀法等在该技术中公知的任意方法来形成。

[0052] 液体润滑剂层能够使用在磁记录介质的领域中习惯使用的材料来形成。例如,能够使用全氟聚醚系的润滑剂等。液体润滑剂层能够使用例如浸涂法、旋涂法等涂覆法来形成。

[0053] 说明作为第三实施方式的磁阻元件。以下,为容易理解,以隧道磁阻元件(TMR)为例子进行说明。如图2所示,TMR包括固定磁性层62、自由磁性层64以及固定磁性层62与自由磁性层64之间的势垒层66,固定磁性层62以及自由磁性层64中的至少一方是第一实施方式的磁性薄膜。

[0054] 自由磁性层64是能够使磁化的方位变化的磁性层。能够利用在隧道磁阻元件60中流过的电流,通过自旋注入型来使磁化变化。或者,也可以通过从外部提供的磁场而使磁化变化。

[0055] 势垒层66是用于在自由磁性层64与固定磁性膜62之间配设流过隧道电流的势垒的构成要素。势垒层66能够使用氧化镁(MgO)、氧化铝(Al₂O₃)等氧化物的薄膜来形成。势垒层66能够使用例如溅射法、真空蒸镀法等在该技术中公知的任意方法以及条件来形成。

[0056] 固定磁性膜62是作为即使对隧道磁阻元件60提供电流或者外部磁场的情况下磁化的朝向也不会变化的磁性层配设的构成要素。能够根据固定磁性层62和自由磁性层64的磁化的朝向的差异,使在势垒层66中流过的隧道电流的大小发生变化。

[0057] 这样的结构的隧道磁阻元件60通过利用对该元件供给的电流或者外部磁场使自

由磁性层64的磁化的朝向变化而进行动作。例如,通过通电进行自旋注入并通过自旋注入而使磁化变化的隧道型磁阻元件如下那样动作。如图2(a)所示,通过从固定磁性层62向自由磁性层64流过电流,能够设为固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向平行的状态。另外,如图2(b)所示,通过从自由磁性层64向固定磁性层62流过电流,能够设为固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向为反向平行的状态。能够使图2(a)以及图2(b)所示的两个状态可逆地相互变化。隧道磁阻元件60能够根据固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向是平行还是反向平行来记录“0”以及“1”的信息。在图2(a)以及图2(b)中,将固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向是平行的情况设为“0”,将固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向是反向平行的情况设为“1”,但该对应关系也可以相反。另外,在图2(a)以及图2(b)中,例示了固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向是与层平行的方向的情况,但固定磁性层62以及自由磁性层64的磁化的朝向也可以是与层垂直的方向。在该情况下,也能够根据两层的磁化的朝向是平行还是反向平行来使在势垒层66中流过的隧道电流的大小变化,从而记录“0”以及“1”的信息。除了以上说明的TMR以外,也可以设为将固定磁性层62和自由磁性层64直接接合而成的磁阻元件。

[0058] 图3示出作为第四实施方式的磁随机存取存储器(MRAM)的一个结构例。图3是通过从外部施加的磁场使在TMR中记录的信号变化的结构例。图3所示的MRAM100包括:MOS-FET70,具有基板72、源极74、漏极76以及栅极78;隧道磁阻元件60,经由接触部82而与源极74连接;字线84,与栅极78连接;比特线86,与隧道磁阻元件60连接;以及数字线88,用于对隧道磁阻元件60施加写入磁场。

[0059] 本实施方式的MRAM100在比特线86以及数字线88中流过电流,通过所得到的合成磁场,在隧道磁阻元件60中记录“0”或者“1”的信号。比特线86以及数字线88在相互交叉的方向上延伸,能够在位于流过了电流的比特线86以及数字线88的交点处的隧道磁阻元件60中记录信号。

[0060] 另一方面,能够通过字线84中流过电流而使MOS-FET70成为“导通”的状态下,对比特线86施加电压,探测从比特线86经由隧道磁阻元件60以及接触部82流入到MOS-FET70的电流,从而读出来自MRAM100的信号。此时的电流相当于隧道磁阻元件60的隧道电流,对应于“0”或者“1”的信号。也可以设为图3的结构例以外的方法。例如,也可以使用自旋注入型的磁阻元件,通过对磁阻元件通电的电流而使记录的信号变化。

[0061] 除了上述第二~第四实施方式以外,能够在MEMS设备中使用第一实施方式的磁性薄膜。能够在预定部件中嵌入第一实施方式的磁性薄膜,使用任意的公知技术来形成MEMS设备。

[0062] 实施例

[0063] (实施例1)

[0064] 对具有平滑的表面的(001)MgO单晶基板(TATEHO化学工业株式会社生产)进行清洗,准备非磁性基板10。将清洗后的非磁性基板10导入到溅射装置内。在将非磁性基板10加热到350℃之后,在压力0.4Pa的Ar气体中,通过使用Pt标靶的RF磁控溅射法,形成膜厚20nm的Pt晶种层20。

[0065] 接下来,在将形成有晶种层20的非磁性基板10加热到350℃之后,在压力0.6Pa的Ar气体中,通过使用FePt标靶以及Sc标靶的RF磁控溅射法,形成膜厚10nm的FePtSc磁记录

层30,得到具有图1所示的构造的磁记录介质。此处,作为FePt标靶,使用Fe/Pt比为45/55的标靶。另外,将对FePt标靶施加的电力固定为300W,使对Sc标靶施加的电力在40~450W变化,调整磁记录层30的Sc的含量。

[0066] 通过XRD,确认了所得到的磁记录介质的磁记录层30具有L1₀型有序构造。另外,通过XRD,测定出L1₀型有序构造的晶格的a轴以及c轴的长度。进而,使用振动试样型磁力计(VSM),测定所得到的磁记录介质的磁滞曲线,测定出顽磁力H_c。另外,通过卢瑟福背散射法(RBS),测定出所得到的磁记录介质的磁记录层30的组成。第1表示出以上的测定结果。

[0067] [表1]

[0068] 第1表:磁记录层的组成、晶体构造以及磁特性的评价

[0069]

样品	组成 (at %)			晶体构造		磁特性	
	Fe	Pt	Sc	c轴长 (Å)	a轴长 (Å)	顽磁力 H _c ^{*1}	磁各向异性常数 K _u ^{*2}
1	44.8	55.2	0.0	3.703	3.907	3.6(290)	21.2(2.12)
2	44.9	53.9	1.2	3.703	3.909	4.1(330)	25.0(2.50)
3	45.1	53.3	1.7	3.708	3.910	7.4(590)	25.2(2.52)
4	44.6	53.0	2.4	3.711	3.911	8.5(680)	26.7(2.67)
5	44.7	52.1	3.2	3.717	3.912	6.1(490)	25.3(2.53)
6	45.1	51.1	3.8	3.721	3.912	4.1(330)	22.6(2.26)
7	43.5	50.8	5.7	3.740	3.912	2.3(180)	15.6(1.56)
8	41.7	50.5	7.8	3.764	3.914	1.8(140)	11.1(1.11)
9	41.1	48.7	10.2	3.799	3.917	0.5(40)	5.7(0.57)
10	40.4	46.9	12.7	3.839	3.919	0.1(8)	2.8(0.28)
11	39.4	45.6	15.0	~	~	0.1(8)	2.4(0.24)
12	39.2	43.5	17.3	~	~	0.1(8)	2.3(0.23)

[0070] *1:单位是kOe,括号内的换算值的单位是A/mm。

[0071] *2:单位是10⁶erg/cm³,括号内的换算值的单位是10⁶J/m³。

[0072] 图4示出磁记录层30的Sc含量和晶格的a轴以及c轴的长度的关系。根据图4可知,即使Sc含量增加,晶格的a轴的长度也几乎不变化。另一方面,晶格的c轴的长度伴随Sc含量的增加而增大。由此,认为Sc在FePt晶粒中存在。

[0073] 图5示出磁记录层30的Sc含量和顽磁力H_c的关系。另外,图6示出磁记录层30的Sc含量和磁各向异性常数K_u的关系。根据图5以及图6可知,通过含有Sc,顽磁力H_c以及磁各向异性常数K_u增大。特别是,在Sc的含量是2.4at%的情况下,顽磁力H_c表示8.5kOe (680A/mm)的最大值,并且,磁各向异性常数K_u表示26.7×10⁶erg/cm³ (2.67×10⁶J/m³)的最大值。

[0074] 由此可知,针对L1₀型有序合金添加Sc对于发现优良的磁特性来说是有效的。

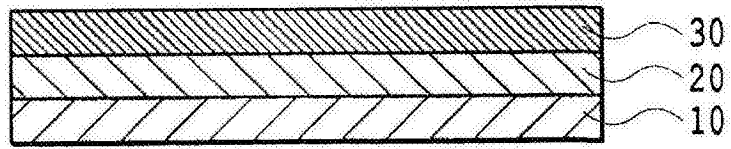


图1

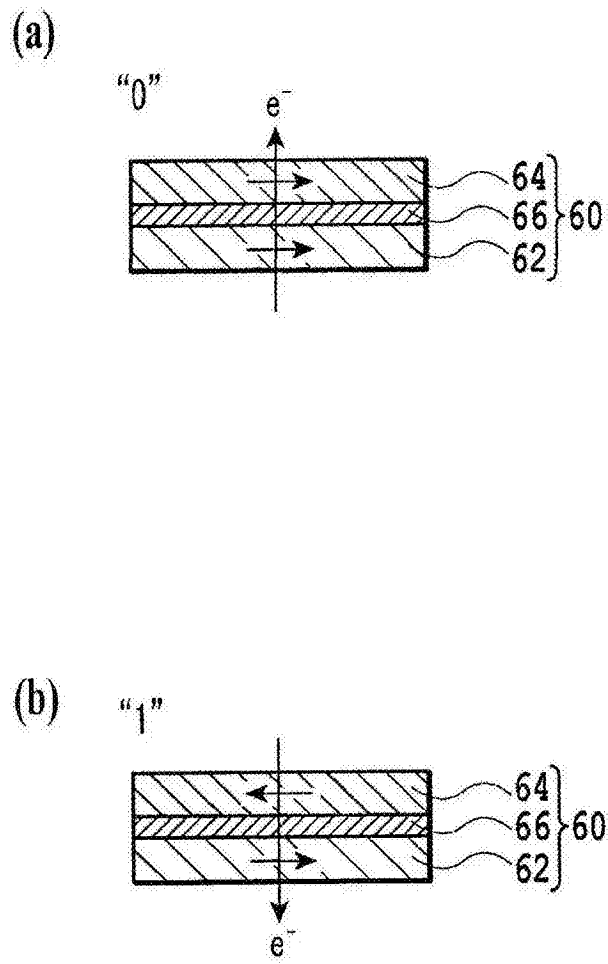


图2

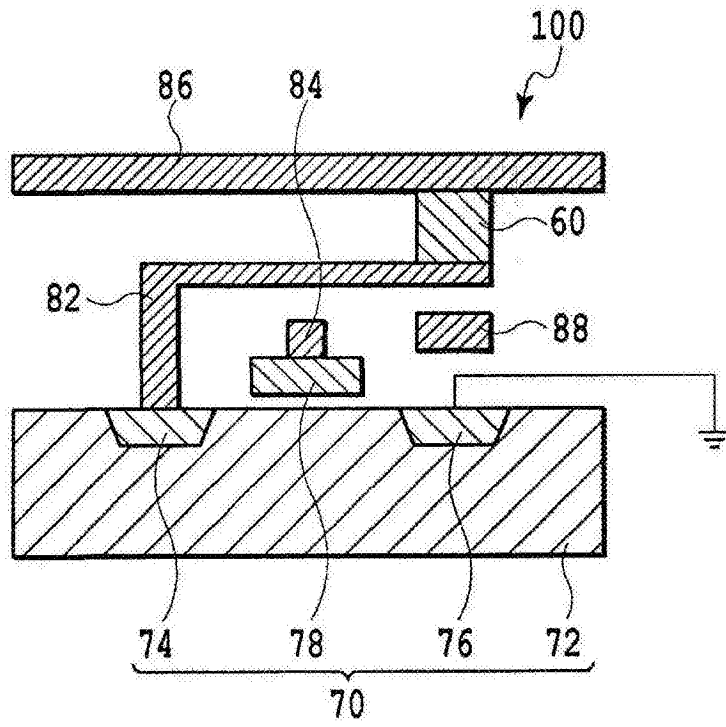


图3

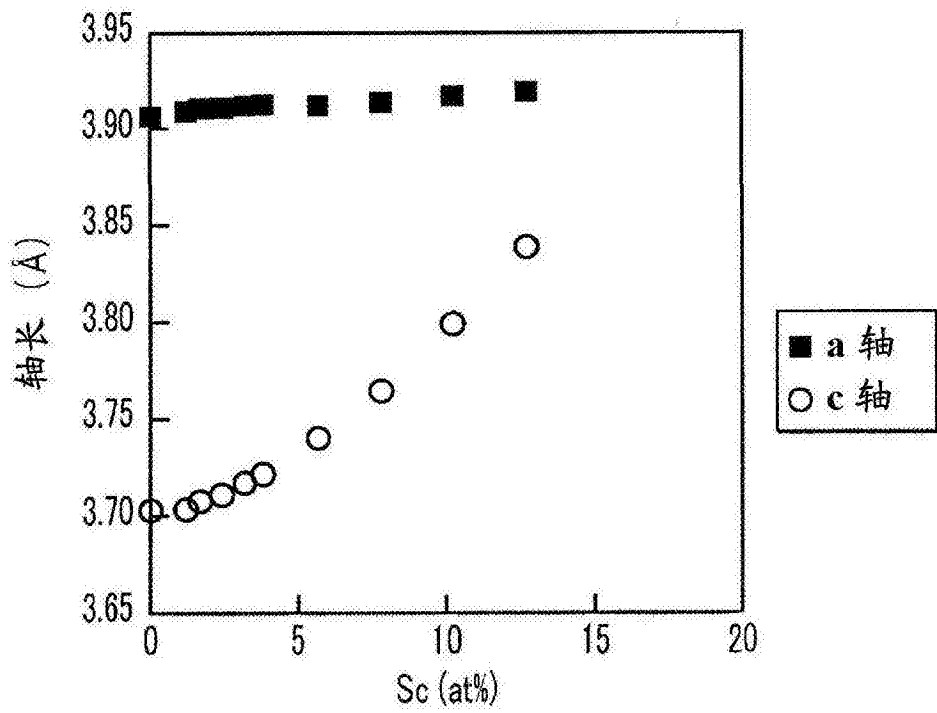


图4

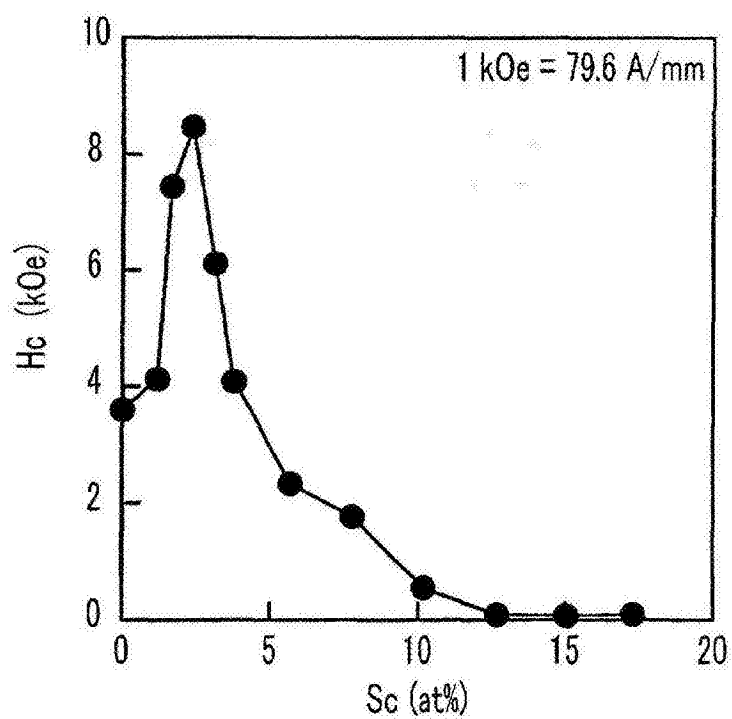


图5

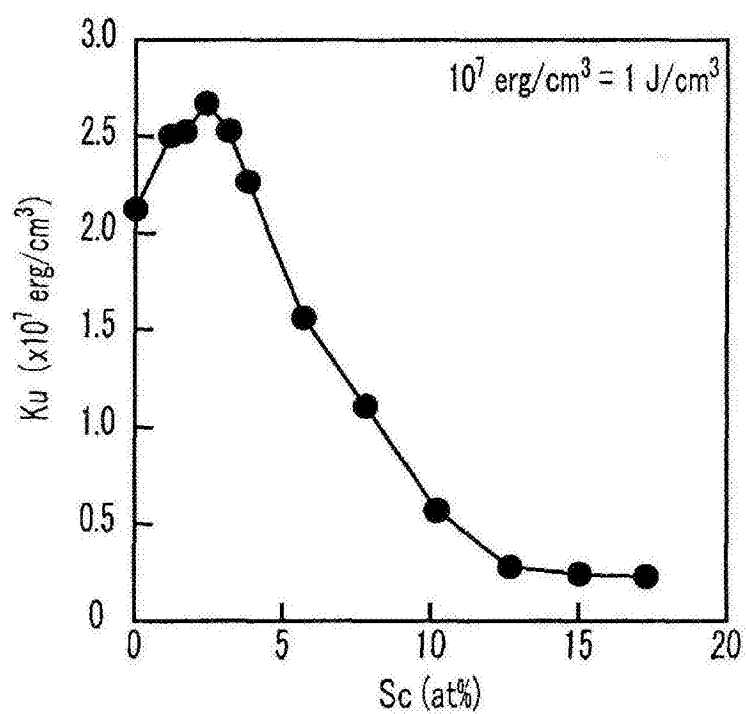


图6