

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410071615.X

[51] Int. Cl.

C23C 14/14 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

H01L 43/08 (2006.01)

H01L 43/10 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100336934C

[22] 申请日 1997.11.20

[21] 申请号 200410071615.X

分案原申请号 97191773.6

[30] 优先权

[32] 1996.11.20 [33] JP [31] 308816/1996

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 山野迈尚 藤冈直美 石上隆
胜井信雄 福家广美 齐藤和浩
岩崎仁志 佐桥政司 渡辺高志

[56] 参考文献

JP3271359A 1991.12.3

CN1062425A 1992.7.1

JP63021298A 1988.1.28

审查员 姜 鹏

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 张晓威

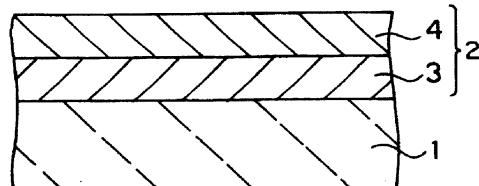
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 7 页

[54] 发明名称

抗铁磁材料膜和包括其的磁阻效应器件

[57] 摘要

本发明涉及一种抗铁磁材料膜，它是通过使用溅射靶的溅射方法成膜的，所述溅射靶主要含有选自 Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re 的至少一种 R 元素，30 ~ 98at% 的范围的 Mn，并且其包括选自 R 元素和 Mn 的合金相和化合物相的至少一种相作为靶结构的至少一部分，所述抗铁磁材料膜由所述溅射靶中的所述 R 元素和 Mn 的合金形成。通过应用这种抗铁磁材料膜，当堆叠该抗铁磁材料膜和铁磁材料膜形成交互耦合膜时，可以稳定地得到足够高的交互耦合力。这种交互耦合膜可以用于磁阻效应器件等。



1、一种抗铁磁材料膜，它是通过使用溅射靶的溅射方法成膜的，所述溅射靶主要含有选自 Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re 的至少一种 R 元素，30~98at%的范围的 Mn，并且其包括选自 R 元素和 Mn 的合金相和化合物相的至少一种相作为靶结构的至少一部分，所述抗铁磁材料膜由所述溅射靶中的所述 R 元素和 Mn 的合金形成。

2、根据权利要求 1 所述的抗铁磁材料膜，其中所述溅射靶的氧含量小于等于 1wt%，但包括 0。

3、一种抗铁磁材料膜，它是通过使用溅射靶的溅射方法成膜的，所述溅射靶主要含有选自 Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re 的至少一种 R 元素，30~98at%的范围的 Mn，40at%以下的选自 Be、Ti、Zr、Hf、Zn、Cd、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn 和 N 的至少一种 A 元素，并且其包括选自 R 元素和 Mn 的合金相和化合物相的至少一种相作为靶结构的至少一部分，所述抗铁磁材料膜由所述溅射靶中的所述 R 元素、所述 A 元素和 Mn 的合金形成。

4、根据权利要求 3 所述的抗铁磁材料膜，其中所述溅射靶的氧含量小于等于 1wt%，但包括 0。

5、一种包括权利要求 1-4 之任一项所述的抗铁磁材料膜的磁阻效应器件。

6、一种磁阻效应器件，其包括权利要求 1-4 之任一项所述的抗铁磁材料膜和与该抗铁磁材料膜交互耦合的铁磁材料膜。

7、一种磁阻效应器件，其包括权利要求 1-4 之任一项所述的抗铁磁材料膜、与该抗铁磁材料膜交互耦合的第一铁磁材料层，以及通过非磁层堆叠于第一铁磁材料层的第二铁磁材料层。

8、包括权利要求 5~7 之任一项所述的磁阻效应器件的磁头。

抗铁磁材料膜和包括其的磁阻效应器件

本申请是 1997 年 11 月 20 日提交的，发明名称为“溅射靶、用其制成的抗铁磁材料膜和磁阻效应器件”的中国专利申请 97191773.6 的分案申请。

技术领域

本发明涉及一种溅射靶及用其制成的抗铁磁材料膜和磁阻效应器件。

背景技术

迄今，作为高密度磁记录重现磁头，利用一种磁阻效应器的磁头(MR 头)(后面皆指 MR 器件)正在研究之中。目前，通常用呈现各向异性磁阻效应(AMR)的坡莫合金 $Ni_{80}Fe_{20}$ (原子百分数)等制作磁阻效应膜(MR 膜)。由于这种 AMR 膜具有小至约 3% 的抗磁变化率(MR 变化率)，因此，作为磁阻效应膜材料的替代材料，具有强抗磁效应(GMR)的一种人制点阵膜和一种旋压阀膜，如 $(Co/Cu)_n$ 等已经引起人们注意。

在一种利用 AMR 膜的 MR 器件中，由于 AMR 具有磁畴，所以由磁畴所产生的巴克豪森噪音成为这种膜推向实际应用的障碍。因此，人们正在研究制造单畴 AMR 膜的各种方法。其中的一种方法是：利用一种铁磁材料 AMR 膜和一种抗磁材料膜之间的交互耦合把一种 AMR 膜中的磁畴控制在一个特定的方向。 γ -FeMn 合金是目前广为人知的这样一种抗铁磁材料(例如，见 USP-4, 103, 315 说明书、USP-5, 014, 147 说明书，和 USP-5, 315, 468 说明书)。

此外，一种旋压阀膜包括一个夹层膜，具有铁磁层/无磁层/铁磁

层的叠层结构，而且，通过一个铁磁层的闭合磁化可以得到一种 GMR。该旋压阀膜的另一个铁磁层的闭合磁化通常要用一种抗铁磁膜和一种铁磁膜之间的交互耦合。通常用 γ -MnFe 合金作为这种抗铁磁材料膜的材料组份。

然而， γ -MnFe 的抗腐蚀性极差。尤其是它容易被水腐蚀。由于 MR 器件利用了一种由 γ -MnFe 合金制成的抗铁磁材料膜，在器件或磁头成形工艺步骤中尤其易被空气中的水腐蚀，因此 MR 膜的交互耦合力具有很快褪化的趋势。

对于一种由抗铁磁材料膜和铁磁材料膜形成的交互耦合膜来说，从可靠性观点来讲，在如 393K 下需要 200Oe 或更高的交互耦合力。为了实现 393K 下 200Oe 或更高的交互耦合力，以及室温下的交互耦合力，交互耦合力的温度相关性需要很好。就交互耦合力的温度相关性来讲，需要一个尽可能高的临界(blocking)温度，在该温度时铁磁材料膜和抗铁磁材料膜的交互耦合力消失。然而， γ -MnFe 合金的临界温度低至 443K，并且其交互耦合力的温度相关性很差。

此外，如在 USP-5315468 中，提到了具有一种面心四方晶系的晶体结构的 θ -Mn 合金，例如，NiMn 合金作为抗铁磁材料膜。已经证明，当使用一种由 θ -Mn 合金组成的抗铁磁材料膜时，抗铁磁材料膜和铁磁材料膜之间的交互耦合力不会褪化。

另外，人们还提出了一种临界温度高、交互耦合力大，以及抗腐蚀性好的 IrMn 合金作为一种抗铁磁材料膜，这种合金具有一个面心四方晶系的晶体结构。作为具有相同晶体结构的抗铁磁材料膜，人们已经认识到了 PtMn 合金或 RhMn 合金等 γ -Mn 合金，而非 γ -MnFe 合金(参见 USP-4, 103, 315, USP-5, 315, 468)。

如上所述，如 IrMn 合金、PtMn 合金、RhMn 合金、NiMn 合金、PdMn 合金和 CrMn 合金等 Mn 合金具有优良的抗腐蚀性能，并且可以得到较高的交互耦合膜的临界温度。因此，它们作为长寿命 MR 器

件的抗铁磁材料引起广泛的注意。

目前，通常用溅射方法作为形成抗铁磁材料膜的一种方法。选用一种包括上述 Mn 合金各组成元素的溅射靶，用溅射方法可以形成一种抗铁磁材料膜。然而用现有的溅射方法形成的抗铁磁材料膜在膜面内的成分不均匀。在这样一种形成于抗铁磁材料膜和铁磁材料膜之间的交互耦合膜中，存在一个问题，即得不到足够的交互耦合力。另外，还存在一个问题，即用这种交互耦合膜的 MR 器件和 MR 头与其其它组份的膜相比对抗铁磁材料膜具有不利的影响，使其交互耦合性能退化。

另外，现有的溅射靶在溅射初期和末期能引起很大的成分偏差。抗铁磁材料膜的这种时间性的膜成分变化也能引起交互耦合性能的退化。

本发明的第一个目的是：稳定一种包括抗腐蚀性和热学性能优良的 Mn 合金的抗铁磁材料膜的膜成分和膜质量，和提供一种直到末期成分偏差都很小的溅射靶。本发明的第二个目的是提供一种能够重现性地形成室温和高温区交互耦合力都很稳定的溅射靶，和提供一种具有这种性能的抗铁磁材料膜。本发明的第三个目的是：利用一种上述性能优良的抗铁磁材料膜，提供一种能重现性地获得稳定的性能和稳定的输出功率的磁阻效应器件。

发明内容

本发明的第一溅射靶主要由 Mn 和至少一种选自下列一组元素的 R 元素组成：Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re，其中上述溅射靶包括选自由上述 R 元素和 Mn 形成的合金相和化合物相中的至少一种相作为该靶子结构的至少一部分。

本发明的第二溅射靶主要由 Mn 和至少一种选自下列一组元素的

R 元素组成: Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re, 其中, 该溅射靶包括选自由上述 R 元素和 Mn 形成的合金相和化合物相中的至少一种相作为靶结构的至少一部分, 并且其氧含量小于等于 1wt%(包括 0)。

上述第一和第二溅射靶还具有如下特征: 非形成合金相和化合物相的 Mn 具有小于等于 50 μm 晶粒直径。

本发明的第三溅射靶主要由 Mn 和至少一种选自下列一组元素中的 R 元素组成: Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re, 其氧含量小于等于 1wt%(包括 0)。

对于本发明的溅射靶, 优选地, 其碳含量小于等于 0.3wt%(包括 0), 其相对密度大于等于 90%。本发明的溅射靶包括, 例如, 30at% 或更多的 Mn。本发明的溅射靶进一步包括至少一种选自下列一组元素中的元素, Be、Ti、Zr、Hf、Zn、Cd、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn 和 N。

通过溅射上述本发明的溅射靶形成一种本发明的抗铁磁材料膜。

本发明的磁阻效应器件的特征在于它包括上述本发明抗铁磁材料膜。本发明的磁阻效应器件包括, 例如, 上述本发明的抗铁磁材料膜和一个与该膜交互耦合的铁磁材料膜。进一步地, 该磁阻效应器件包括本发明的上述抗铁磁材料膜、一个与该抗铁磁材料膜交互耦合的第一铁磁层, 以及一个通过一个非磁层与该第一铁磁层堆叠的第二铁磁材料层。本发明的磁阻效应器件可以用在, 例如, 磁头上。本发明的磁阻效应器件可以用在磁记录装置如 MRAM 上, 和磁感元件上。

在本发明中, R 元素以与 Mn 形成合金相或化合物相的形式分布于溅射靶内。通过这种分布, 靶子成分可以做得均匀。进一步地, 靶子结构也可以制得均匀的状态。尤其是, 当靶子总成分富 Mn 时, 通过上述分布, 靶子成分和结构可以做得非常均匀。

此外, 若把溅射靶的氧含量控制在 1wt% 或更低, 即使溅射靶成

分富 Mn，也能很容易地制得高密度的靶子。溅射靶氧含量的降低和密度提高非常有利于纯化和制取由其形成的低氧含量的抗铁磁材料膜。引外它还有利于增加抗铁磁材料膜的膜质量和降低膜成分与靶成分的偏差。

通过溅射上述本发明的溅射靶形成一种抗铁磁材料的溅射膜，可以稳定地得到膜面成分非常均匀的抗铁磁材料膜。此外，通过均匀化溅射靶成分和结构，溅射初期和末期的成分偏差得到有效抑制，溅射靶氧含量的降低和高致密化也具有同样的效果。

如上所述，采用本发明的溅射靶可以重现地得到膜成分稳定性好以及膜面内成分均匀的抗铁磁材料膜。通过堆叠这种抗铁磁材料膜和例如铁磁材料膜而形成交互耦合膜，就可以稳定地得到高的交互耦合力、好的抗腐蚀性、耐热性等性能。

附图说明

图 1 是显示用本发明的抗铁磁材料膜形成的交互耦合膜结构的一个实施例的横截面图。

图 2 是显示本发明的磁阻效应器件一个实施例的结构的横截面图。

图 3 是显示改变的图 2 所示的磁阻效应器件的横截面图。

图 4 是显示本发明的磁阻效应器件另一实施例的结构的横截面图。

图 5 是显示用本发明的磁阻效应器件的磁头的一个实施例的结构的横截面图。

图 6 是显示图 5 所示磁头的改进的实施例的横截面图。

图 7 是显示用本发明的实施方案 3 形成的溅射靶所制成的抗铁磁材料膜交互耦合力与成分的相互关系的曲线图。

图 8 显示用本发明的实施方案 7 形成的溅射靶制成的交互耦合膜

样品的抗腐蚀性实验结果。

图9是显示用本发明的实施方案7形成的溅射靶制得的交互耦合膜样品的交互耦合力的测量结果的曲线图。

图10是显示用本发明的实施方案7形成的溅射靶制得的交互耦合膜样品的临界温度的测量结果的曲线图。

具体实施方式

下面将描述实现本发明的实施例。

作为本发明溅射靶的第一个实施例，可以列举一个主要由 Mn 和至少一种选自下列一组元素组成的靶：Ni、Pd、Pt、Co、Rh、Ir、V、Nb、Ta、Cu、Ag、Au、Ru、Os、Cr、Mo、W 和 Re。包括用本发明的溅射靶形成的 RMn 合金的抗铁磁材料膜，可以通过把它与各种铁磁材料膜叠层，用作例如一种交互耦合膜。

在本发明的溅射靶中，尽管 Mn 含量以与 R 元素结合为基础而确定，但是 Mn 含量优选确定 10at%以上。若 Mn 含量太低，则得不到优良的交互耦合力。相反，若 R 元素含量太低，则抗腐蚀性下降。因此，Mn 含量优选确定在 10~98at%范围内。对于富 Mn，例如含 Mn 30 at%或更高的溅射靶，本发明尤其有效。

更优选的 Mn 含量的范围根据所选的 R 元素确定。例如，当 R 元素为 Ir、Rh、Au、Ag、Co、Ru、Re 时，Mn 含量优选确定在 40~98at%范围内，更优选确定在 60~95at%范围内。包括上述 R 元素的 RMn 合金在上述成分范围内通常为稳定的面心立方系的晶体结构。由于 RMn 合金包括面心立方晶体结构部分作为其组成部分，因此它具有特别高的奈耳温度(抗铁磁材料消失其抗磁性的温度)，交互耦合膜的临界温度也能够得到显著的改善。

另外，如果 R 元素为 Ni、Pd，当晶体结构为面心四方系时合金的热稳定性可以得到增强。因此 Mn 含量优选确定在晶体结构稳定的

范围，即 30~70at%。如果 R 元素为 Cr，RMn 合金为体心立方晶体结构和体心四方晶体结构，Mn 含量优选确定在 30~70at% 范围内。如果 R 元素 Pt，面心立方晶体结构和面心四方晶体结构对热稳定性都很有利。在这种情况下，Mn 含量优选确定在 30~98at% 范围内，更优选确定在 60~95at% 范围内。

除了上述 R 元素外，本发明的溅射靶还可以包括至少一种选自下列一组元素的 A 元素：Be、Ti、Zr、Hf、Zn、Cd、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn 和 N。尽管基于上述成分范围和晶体组织的 RMn 合金的抗铁磁材料膜与现有的 FeMn 合金相比显示了优良的抗腐蚀性，并且，添加上述 A 组元后还可以进一步增加其抗腐蚀性。然而，如果 A 元素添加过量，交互耦合力会降低。A 元素的化合量优选确定在 40at% 以下，进一步优选确定在 30at% 以下。

本发明的溅射靶包括至少选自由 R 元素和 Mn 形成的合金相和化合物相中一种相作为其结构的至少一部分。

通过结合 R 元素和 Mn 得到的溅射靶通常很难用粉末烧结的方法等进行致密化，更难均匀地把 R 元素分布在 Mn 内。当采用富 Mn 成分范围时，R 元素尤其难于分布均匀。

在 R 元素和 Mn 元素的这种结合中，本发明的 R 元素在溅射靶中以与 Mn 形成的合金相或化合物相分布于溅射靶中。例如当 Ir 用作 R 元素时， IrMn_3 可能是 Ir 和 Mn 之间形成的化合物相。通过把 R 元素以一种富 Mn 的合金相或化合物相的形式分布在靶结构内并因此把存在于单相的 R 元素降至最低水平，可以得到均匀的靶成分。此外，靶结构(冶金结构)也达到均匀的状态。尤其当靶子整个成分富 Mn 时，通过把 R 元素以合金相或化合物相的形式分布，靶子成分和结构的均匀性可以得到改善。

当选用两种或更多的 R 元素时，R 元素和 Mn 形成的合金相和化合物相可能是各个 R 元素与 Mn 形成的、或两个或更多的 R 元素与

Mn 之间形成的任意合金或化合物。例如，当选用 Ir 和 Rn 作为 R 元素时，可能存在 Ir 和 Mn、Rh 和 Mn 之间形成的任意一种或多种二元合金和二元化合物，以及 Ir、Rh、Mn 之间形成的三元合金和三元化合物。

另外，非形成上述合金相和化合物相的 Mn 可能以单相 Mn 的形式存在。在本发明中，尽管可以允许一部分 R 元素以单相形式存在，但是鉴于上述原因，作为靶子的一部分优选尽可能地降低其量。

此外，非形成上述合金相和化合物相的残余 Mn 的粒径优选为 50 μm 或更小。当单相残余 Mn 的粒径较大时，从显微结构的观点来讲。可以认为是 Mn 的偏析。为了消除由于这种 Mn 的偏析引起的成分和结构的不均匀性，单相 Mn 的最大粒径优选为 50 μm 或更小。另外，Mn 的平均粒径优选在 10 μm ~40 μm 范围内。

当靶成分富 Mn 时，使 Mn 粒径减小尤其有效。但是，由于如果 Mn 平均粒径太小氧含量可能增加，优选确定平均粒径为 10 μm 或更大。进一步优选确定 Mn 的最大粒径为 30 μm 或更小。此处，Mn 的粒径(晶粒尺寸)是指包围 Mn 粒的最小圆的直径。

采用本发明的上述溅射靶形成抗铁磁材料膜，可以稳定地获得膜面成分均匀的抗铁磁材料膜。制得成分和结构均匀的溅射靶也能有效地减小溅射初期和末期的成分偏差。如上所述，通过采用本发明的溅射靶，可以重现性地获得膜成分稳定性优异的抗铁磁材料膜。所获得的抗铁磁材料膜的膜面成分的均匀性优异。

本发明的溅射靶进一步优选包括 1wt% 或更低的氧含量(包括 0)。当溅射靶的氧含量太高时，尤其是烧结过程中 Mn 的含量难以控制，并且通过溅射方法所获得的抗铁磁材料膜的氧含量会增加。这将导致抗铁磁材料膜性能的下降。此外，如果靶子的氧含量很高，则靶的致密化变得困难。再者，除了工艺性差外，在溅射过程中靶子有裂纹倾向。氧含量优选为 0.7wt% 以下，更优选为 0.1wt% 以下。

另外，如果靶的碳含量太高，在烧结和塑性成形过程中有产生缺陷如裂纹的趋势。而且所得抗铁磁材料膜的诸如交互耦合磁场和临界温度之类的性能会降低。因此，靶的碳含量优选确定为 0.3wt%或更低(包括 0)，更优选为 0.2wt%或更低，进一步优选为 0.01wt%。

尤其是，通过降低靶的氧含量和碳含量，即，使靶子富 Mn，它仍然可以很容易地致密化。再者，降低靶的氧含量和碳含量有利于提高用该溅射靶形成的抗铁磁材料膜的高纯度、膜质量，以及降低膜成分与靶成分的偏差。这可以改善诸如抗铁磁材料膜的耦合磁物和临界温度的性能。

基于溅射靶的相对密度，本发明溅射靶的密度优选大于等于 90%。如果溅射靶密度太低，由于缺陷处发生不规则放电，在溅射过程中有产生颗粒的趋势。若这些颗粒弥散于抗铁磁材料膜中，除降低性能外，还使产率降低。更优选的相对密度为大于等于 95%。

此外，在本发明的溅射靶中，通过满足下列两个条件中的一个条件，就可以至少得到所需的效果：以合相或化合物相形成作为靶成分的一部分，把氧含量降至 1wt%以下。但是，优选地是同时满足这两个条件。

在制造本发明的溅射靶时，烧结方法和熔炼方法都可以应用。但是，考虑到制造成本和原材料产率，优选烧结方法。

当选用烧结方法制造本发明的溅射靶时，首先，为了获得上述靶结构(包括合金相和化合物相的冶金结构)，优先选用尽可能细的原材料粉(分别为 R 元素和 Mn 原材料粉)。例如，选用细的作为 R 的 Ir 粒和细 Mn 粉，在烧结之前可以得到均匀的混合物状态，并且可以增强 R 元素和 Mn 之间的反应。这样有利于增加烧结过程中 R 元素和 Mn 之间形成的合金相和化合物相的数量。另外，这样还能有效地使得剩余单相 Mn 的颗粒直径变小。

然而，当原材料粉 R 元素粉和 Mn 粉的实际直径太小时，原材料

阶段的氧含量增加而导致靶子氧含量增加。尤其是 Mn 具有吸氧趋势，因此有必要考虑到这一因素来确定粒径。鉴于上述原因，优选确定把 R 元素原材料粉的粒径确定在 20~50 μm 范围内。而 Mn 原材料粉的粒径优选确定为小于等于 100 μm ，尤其优选确定在 40~50 μm 范围内。

接着，上述 R 元素和 Mn 的原材料粉以预定比例化合，并充分混合。为了实施原材料粉的混合操作，可以选用各种已知的方法，如球磨机、V 型混料机。在这种情况下，重要的是设定混合条件应避免金属杂质污染和氧含量增加。考虑到原材料粉中含氧，可以加入少量碳作为脱氧剂以进一步降低氧含量。然而，由于碳本身也能导致抗铁磁材料膜的性能退化，因此，如上所述，优选设定碳含量小于等于 0.3wt%。

例如，当采用球磨时，为了避免金属杂质污染，选用树脂(例如尼龙)容器和球或选用友好材料内衬，如尤其选用与原材料粉相同的材料内衬。尤其是优选使用与原材料粉性质相同的材料。另外，在混料过程中，为了避免原材料粉吸收或吸附容器内的气体，容器内部优选为真空或充惰性气体。当采用球磨以外的混料方法时，避免杂质污染的理想方法优选为能具有相同预防作用的方法。

混料时间大概取决于混料方法、输入粉量、混料器容量等。如果混料时间太短，将得不到均匀的混合粉。相反，如果混料时间太长，杂质含量有增加的趋势。因此，应考虑这些因素从而适当地确定混料时间。例如，当采用 10 升容量的混料筒对 5kg 粉进行球磨混料时，混料时间定在 48h 左右合适。

接下来，通过烧结上述 R 元素和 Mn 原材料粉末的混合粉得到靶原材料。优选热压或 HIP 方法进行烧结以便获得高密度的烧结体。尽管烧结温度的确定要根据原材料粉的种类，但是为了增强尤其是 R 元素和 Mn 之间的反应，优先设定在 1150°C~1200°C 范围内，即刚刚

在 Mn 熔点 1244°C 之下。在这样高的烧结温度下，靶子中 R 元素和 Mn 之间形成的合金相或化合物相的数量增加。也就是说，存在于单相中的 R 元素减少。热压在 HIP 工艺过程中的压力优选设定在 20MPa 以上，以便获得致密的烧结体。

对所得到的靶原材料进行机加工形成预定形状。用如一种低熔点焊剂将其焊接在底板上便得到本发明的溅射靶。

采用满足上述条件的这种烧结方法可以稳定地制得溅射靶，其制造成本低于后而所述的熔炼方法的成本，并且靶子中存在 R 元素和 Mn 形成的合金相或化合物相，而氧含量和碳含量又被降低。另外，还有其它优点，即烧结法的金属原材料利用率比熔炼方法的高。

当采用熔炼方法生产本发明的溅射靶时，首先，熔化按预定比例配制的 R 元素和 Mn 的混合料制得的混合原材料。可以采用现有的感应电炉熔炼上述混合原材料。当采用感应法熔炼时，为了增强杂质的挥发，优选在低压条件下(在真空气氛下)进行熔炼。然而，当需要抑制因 Mn 等挥发造成的成分偏差时，可以在惰性气体气氛下实现熔炼。此外，根据原材料的形状，还可以选用电弧熔炼法或电子束熔炼法。

用上述熔炼法得到的锭子再经过塑性成形例如压力加工使之形成预定的形状。然后采用低熔点焊剂将其焊接到底板上则得到本发明的溅射靶。采用熔炼法与采用上述烧结法一样，可以制得溅射靶，其中存在 R 元素和 Mn 形成的合金相或化合物相而氧含量和碳含量均被降低。

用现有的溅射方法和上述本发明的溅射靶可以形成本发明的抗铁磁材料膜。如前面所述，用本发明的溅射靶形成的这种抗铁磁材料膜的膜成分稳定、膜面内的成分均匀。当它与铁磁材料膜叠层用作交互耦合膜时，这种抗铁磁材料膜具有交互耦合力高、抗腐蚀性好和热稳定性好等优异性能。

本发明的抗铁磁材料膜也可以与例如铁磁材料膜叠层而用作交

互耦合膜。图 1 是一简图，显示了用本发明抗铁磁材料膜形成的交互耦合膜的例子。形成于基片 1 上的交互耦合膜 2 包括由抗铁磁材料膜 3 和铁磁材料膜 4 形成的叠层膜。该叠层膜可以以这种方式形成，即抗铁磁材料膜 3 和铁磁材料膜 4 至少部分堆叠以便在它们之间产生交互耦合。

此外，如果满足了产生交互耦合的条件，可以在上述抗铁磁材料膜 3 和铁磁材料膜 4 之间插入第三层。进一步地，上述抗铁磁材料膜 3 和铁磁材料膜 4 的堆叠顺序可以根据用途而定，上述抗铁磁材料膜 3 也可形成为上层膜。

可以通过堆叠许多抗铁磁材料膜 3 和铁磁材料膜 4 形成交互耦合材料膜。

由 RMn 合金(或 RMnA 合金)组成的抗铁磁材料膜 3 的膜厚不需要限定为具体值，只要它在能产生抗铁磁性的范围内即可。为了获得很高的交互耦合力，其厚度优先设定为大于铁磁材料膜 4 厚度的厚度。当抗铁磁材料膜 3 堆叠在铁磁材料膜 4 之上时，从热处理之后的交互耦合力等角度来讲，其厚度优选设定在 3~15nm 范围内，更优选设定为 10nm 或更小。另外，从理想角度看，铁磁材料膜 4 的厚度优选设定在 1~3nm 范围内。相反，当抗铁磁材料膜 3 堆叠在铁磁材料膜 4 之下时，抗铁磁材料膜 3 的厚度优选为 3~50nm，而铁磁材料膜 4 的厚度优选为 1~7nm。

对于铁磁材料膜 4 来说，可以采用由各种类型的 Fe、Co、Ni 或它们组成的合金的单层结构的铁磁层、呈现铁磁性能的磁性多层膜以及晶粒膜。具体地，可以列举一种各向异性磁阻效应膜(AMR 膜)和巨大磁阻效应膜(GMR 膜)，例如一种旋压阔膜、一种人造点阵膜、以及一种晶粒膜。在这些材料中，由于通过堆叠尤其 Co 或 Co 合金与包括 RMn 合金的抗铁磁材料膜 3，可以得到临界温度很高的交互耦合膜 2，因此优先选用之。

上述交互耦合膜 2 可以用来有效地清除磁阻效应器件(MR 器件)中铁磁材料膜的巴克豪森噪音或固定人造点阵膜或旋压膜中铁磁材料的磁化效应。但是，抗铁磁材料膜和交互耦合膜 2 的用途并不仅限于 MR 器件，还可以用在各个方面，例如，各种磁回路(如包括铁磁材料膜的磁轭)中磁各向异性的调节。

接着，下面将参照图 2 至图 5 解释应用上述交互耦合膜的磁阻效应器件(MR 器件)的例子。尽管该 MR 器件在例如用于磁记录装置(例如 HDD)的磁头、或磁场探测元件的重现器件上非常有效，但是它还可以有效地用在除上述用途以外的其它磁记忆装置，例如磁阻效应存储器上(MRAM=磁阻随机存储器)。

图 2 是 AMR 器件 5 的举例性结构，其中，本发明的交互耦合膜用于清除各向异性磁阻效应膜(AMR 膜)的巴克豪森噪音。该 AMR 器件 5 包括一个 AMR 膜 6 作为其铁磁材料膜，该 AMR 膜 6 包括铁磁材料例如 Ni₈₀Fe₂₀ 等，其电阻随着电流方向和磁膜中磁矩方向之间的夹角的变化而变化。在 AMR 膜 6 的两个边缘部分，分别堆叠抗铁磁材料膜 3。这些 AMR 膜 6 和抗铁磁材料膜 3 组成交互耦合膜，而且从上述抗铁磁材料膜 3 给 AMR 膜 6 施加一个磁偏。

此外，在 AMR 膜 6 的两个边缘部分之间形成一对由 Cu、Ag、Au、Al 或合金组成的电极 7，该电极 7 通过抗铁磁材料膜 3 与上述 AMR 膜电接触，并且通过该电极对给 AMR 膜 6 提供电流(感知电流)。AMR 膜 6、抗铁磁材料膜 3 以及一对电极 7，所有这些组成 AMR 器件 5。此外，电极 7 还可以以与 AMR 膜 6 直接接触的形式形成。更进一步地，这些组成元件都形成于基片 1(例如，由 Al₂O₃ · TiC 组成)的一个主面上。

在上述 AMR 器件 5 中，通过利用 AMR 膜 6 和抗铁磁材料膜 3 之间形成的交互耦合，给该 AMR 膜 6 施加磁偏以控制磁畴，通过对 AMR 膜 6 磁畴的控制，得以抑制巴克豪森噪音的产生。

为 AMR 膜 6 施加的穿过抗铁磁材料膜 3 的磁偏，可以按图 3 所示方法实施，即，以堆叠方式穿过交互偏磁场控制 8 在 AMR 膜 6 上形成抗铁磁材料膜 3，因而在 AMR 膜 6 和抗铁磁材料膜 3 之间形成穿过上述交互偏磁场控制膜 8 的交互耦合。这种情况下，在抗铁磁材料膜 3 的两个边缘部分形成部分堆叠的一对电极 7。

当本发明的抗铁磁材料膜用来给 AMR 器件 5 的 AMR 膜 6 施加磁偏时，如上所述，由于包括 RMn 合金等的抗铁磁材料膜 3 的基本性能可以充分地和稳定地显示，并由于在室温和高温区中能够稳定地获得高的交互耦合力，因此，在各种条件下都可以重现性地抑制巴克豪森噪音的发生。

图 4 显示了一个 GMR 器件 9 的结构例子，该 GMR 器件 9 是这样制得的，通过把本发明的抗铁磁材料膜磁固定巨磁阻效应膜(GMR 膜)而制得。该 GMR 器件 9 包括作为铁磁材料膜的夹层结构的多层膜，即铁磁层/非磁层/铁磁层，通过堆叠旋压膜而形成的多层膜，其电阻随这些铁磁材料膜或铁磁层和非磁层和磁化方向之间夹角而变化，并且该 GMR 膜 10 包括显示 GMR 的人造点阵膜。

如图 4 所示的 GMR 器件 9 包括一个包括旋压膜的 GMR 膜(旋压膜 GMR 膜)10。该旋压膜 GMR 膜 10 具有由铁磁材料层 11/非磁层 12/铁磁层 13 形成的夹层结构，其中，在上边的铁磁层 13 上叠一层抗铁磁材料膜 3。该铁磁材料层 13 和抗铁磁材料膜 3 组成交互耦合膜。该上边铁磁层 13 是所谓的闭合层，它通过交互耦合力与抗铁磁材料膜 3 磁固定。除此之外，下边铁磁层 11 是所谓的自由层，其磁化方向根据来自磁记录介质等的信号磁场(外磁场)而变化。另外，在该旋压膜 GMR 膜 10 中，上述闭合层和自由层可以倒置其位置。

该铁磁层 11 可以根据需要形成于磁性基层(或非磁性基层)14 上。该磁性基层 14 可以由一种磁性层或不同种类磁性层叠层组成。具体地，作为磁性基层 14，可以用非晶形软磁材料或面心立方结构的软

磁材料，例如 NiFe 合金，NiFeCo 合金、以及添加各种附加元素的磁性合金。另外，在图中，标号 15 代表根据需要形成的由 Ta 等组成的保护膜。

在上述旋压阀 GMR 膜 10 的两个边缘部分形成一对由 Cu、Ag、Au、Al、或它们之间形成的合金组成的电极 7，并且由这一对电极给旋压阀 GMR 膜 10 提供电流(感知电流)。这些旋压阀 GMR 膜 10 和一对电极 7 组成 GMR 器件 9。另外，电极对 7 也可以形成于上述旋压阀 GMR 膜 10 之下。

在旋压阀型 GMR 器件 9 中，当用本发明的抗铁磁材料膜固定一侧铁磁层时，如前所述，由于由如 RMn 合金形成的抗铁磁材料膜 3 的基本性能能够充分地和稳定地显示，并且能够稳定地在室温和高温区获得足够高的交互耦合力，上述闭合层的磁固定状态变得稳定和牢固，因此，能够稳定地获得优异的 GMR 性能。

下面将参考图 5 和图 6 描述一个重现 MR 头和一个利用该重现 MR 头的磁记录/重现复合头的例子，其中，应用了本发明的上述 MR 器件(如 GMR 器件)。

如图 5 所示，在由 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ 等组成的基片 21 的一个主面上，穿过由 Al_2O_3 等组成的绝缘层 22，形成由软磁材料组成的下边磁性屏蔽层 23。在该下边磁性屏蔽层 23 上，穿过由非磁性绝缘膜例如 Al_2O_3 组成和重现磁性间隙 24，形成如图 4 所示的 GMR 器件 9。

图中标号 25 是一种由 CoPt 合金等组成的硬磁膜(硬偏磁膜)，它把偏磁场提供给上述旋压阀 GMR 膜 10。该偏磁膜可由上述抗铁磁材料膜组成。在该硬磁膜 25 上形成一对电极 7，且上述旋压阀 GMR 膜 10 和一对电极 7 通过硬磁膜 25 电接触。该硬磁膜 25(给上述旋压阀 GMR 膜 10 提供偏磁场，如图 6 所示)可事先在上述下边重现磁间隙 24 上形成。在该例中，在包括一对硬磁膜 25 的下边重现磁间隙 24 上，形成上述旋压阀 GMR 膜 10，再在它上面形成一对电极 7。

在上述 GMR 器件 9 上，形成由非磁性绝缘膜如 Al_2O_3 组成的上边重现磁性间隙 26，再在它上面形成由软磁材料组成的上边磁性屏蔽层 27，因此组成一个起重现头作用的屏蔽型 GMR 头 28。

在由屏蔽型 GMR 头 28 组成的重现磁头上，形成包括感应型薄膜磁头 29 的记录磁头。上述屏蔽型 GMR 头 28 的上边磁屏蔽层 27 同时起上述感应型薄膜磁头 29 的下记录磁极的作用。该下记录磁极 27 同时起上边磁屏蔽层的作用，通过由非磁性绝缘膜例如 Al_2O_3 组成的记录间隙 30，在其上形成一个以预定形状构型的上记录磁极 31。

用包括这样屏蔽型 GMR 头 28 的重现头和包括感应型薄膜磁头 29 的记录磁头，形成磁记录/重现复合头。另外，通过镶嵌于设置在由 SiO_2 等组成的绝缘层(形成在记录磁间隙上)上的沟槽内，形成上记录磁极 31，因而一个窄细轨迹可以实现其重现性。利用如一种半导体工艺的成形或分离操作，可以形成磁记录/重现复合头 32。

在上述例子中描述的屏蔽型 GMR 头 28(由磁记录/重现复合头形成)中，在包括 RMn 合金的抗铁磁材料膜和铁磁材料膜之间形成的交互耦合膜所显示的高交互耦合力和高的临界温度能够充分实现。此外，即使在重现磁头中使用本发明的 AMR 器件，也能类似地形成磁记录/重现复合头。

下面将对本发明的具体实施例及其评价结果进行描述。

实施例 1、2

作为 R 元素的原材料粉末，制备平均粒径均为 $20 \mu \text{m}$ 的 Ir 粉、Pt 粉、Rh 粉、Ni 粉、Pd 粉、Ru 粉、Au 粉。此外，还制备平均粒径为 $40 \mu \text{m}$ 的 Mn 粉作为 Mn 原材料粉。按照表 1 所给的混合比例(原材料成分)分别混合原材料粉，为了防止金属杂质污染，在尼龙球磨机中进行混料操作。各混料操作均在低压下球磨 48 小时。

用真空热压装置分别对上述混合粉进行 25MPa 压力下烧结。热

压温度为 1150°C，即刚刚在 Mn 的熔点以下。

用 XRD 和 EPMA 方法对所得各靶材的平面内的组成相进行分析。结果表明，各靶材均包括由 R 元素和 Mn 形成的合金相和化合物相。各靶材的主要合金相和主要化合物相列于表 1。此外，用 SEM 方法对以单相存在的 Mn 颗粒直径进行测定。各靶材中 Mn 的最大粒径为 30 μm、平均粒径为 20 μm。

然后，把上述各靶材成形为一个靶子的形状，再在它上面焊接一个底板从而形成溅射靶。分别把各溅射靶安装在高频磁控溅射装置中，在基片不加热的情况下于磁场中形成抗铁磁材料膜。该抗铁材料膜成形为薄膜以形成交互耦合膜。

具体地，在覆盖了热氧化膜的 Si(100)基片上，顺序形成 5nm 厚的 Ta 基膜、5nm 厚的 Co 基铁磁材料膜、以及 15nm 厚的各种成分的抗铁磁材料膜。

这样便形成了各个交互耦合膜。在这个阶段，测量交互偏转力。但是，就 Ni₅₀Mn₅₀ 和 Pd₅₀Mn₅₀ 膜来讲，由于没有热处理，所以不会获得交互耦合力，经过 270°C、5h 热处理后再测量其交互偏转力。所得结果示于表 1(实施例 1)。

本发明的另一实施例(实施例 2)，除了 Mn 粉平均粒径为 150 μm 外，均用相同的工艺生产与实施例 1 相同的各溅射靶，与实施例 1 相同的方法评价各溅射靶，结果也列于表 1(实施例 2)。

然后，用 XRD 和 EPMA 方法对实施例 2 各溅射靶膜面内的组成相进行分析。结果表明与实施例 1 溅射靶所含的合金相或化合物相相同，但是，用 SEM 方法进行测定时，发射 Mn 的最大粒径为 100 μm、最小粒径为 40 μm、平均粒径为 80 μm。

此外，作为本发明的一个比较例，利用与实施例 1 和实施例 2 相同的原材料粉和相同的工艺，但热压温度为 1000°C(在该温度下不形成任何合金相和化合物相)，形成各溅射靶。当用 XRD 和 EPMA 方

法对比较例 1 的各溅射靶进行分析时, 没有发现任何合金相或化合物相。

表 1

样 品 号	原材料 成分 (at%)	靶成分 (at%)	主要 合金相	主要 化合物相	交互偏耦合力		
					实施 方案 1	实施 方案 2	比较 例 1
1	Ir22,Mn78	Ir ₂₂ Mn ₇₈	IrMn 合金	IrMn ₃	250	180	170
2	Pt18,Mn82	Pt ₁₈ Mn ₈₂	PtMn 合金	PtMn ₃	190	140	140
3	Rh20,Mn80	Rh ₂₀ Mn ₈₀	RhMn 合金	RhMn ₃	210	150	140
4	Ir20,Mn80	Ir ₂₀ Mn ₈₀	IrMn 合金	IrMn ₃	260	180	170
5	Ni40,Mn60	Ni ₄₀ Mn ₆₀	NiMn 合金	NiMn	250	180	180
6	Pd40,Mn60	Pd ₄₀ Mn ₆₀	PdMn 合金	PdMn	180	130	120
7	Pt20,Pd20, Mn60	Pt ₂₀ Pd ₂₀ Mn ₆₀	PtPdMn 合金	(Pt,Pd)Mn 化合物	250	220	210
8	Pt20,Ru20, Mn60	Pt ₂₀ Ru ₂₀ Mn ₆₀	PtRuMn 合金	(Pt,Ru)Mn 化合物	230	200	180
9	Pd20,Ru20, Mn60	Pd ₂₀ Ru ₂₀ Mn ₆₀	PdRuMn 合金	(Pd,Ru)Mn 化合物	200	170	160
10	Au10,Pt10, Mn80	Au ₁₀ Pt ₁₀ Mn ₈₀	AuPtMn 合金	(Au,Pt)Mn 化合物	180	160	160
11	Rh10,Ru10, Mn80	Rh ₁₀ Ru ₁₀ Mn ₈₀	RhRuMn 合金	(Rh,Ru)Mn 化合物	240	210	200
12	Rh10,Pt10, Mn80	Rh ₁₀ Pt ₁₀ Mn ₈₀	RhPtMn 合金	(Rh,Pt)Mn 化合物	240	200	210

从表 1 可以清楚地看到, 包括用本发明的溅射靶形成的抗铁磁材料膜的所有交互耦合膜均表现出很大的交互耦合力, 因此, 也表现出优异的性能。相反, 用各个比较例的溅射靶形成的各个交互耦合膜, 只能获得较小的交互耦合力。

接下来, 对上述实施例 1 的各抗铁磁材料膜的成分随溅射时间的变化进行了研究。用 X 射线荧光分析法测定了溅射初期(1 小时后)和

溅射 20 小时后抗铁磁材料膜的成分。结果列于表 2。

表 2

	样品号	靶成分 (at.%)	膜成分偏差(at.%)	
			1 小时后	20 小时后
实施方案 1	1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	Ir ₂₂ Mn ₇₈	Ir _{21.8} Mn _{78.2}
	2	Pt ₁₈ Mn ₈₂	Pt ₁₈ Mn ₈₂	Pt _{18.3} Mn _{81.7}
	3	Rh ₂₀ Mn ₈₀	Rh ₂₀ Mn ₈₀	Rh _{19.5} Mn _{80.5}
	4	Ir ₂₀ Mn ₈₀	Ir ₂₀ Mn ₈₀	Ir _{20.3} Mn _{79.7}
	5	Ni ₄₀ Mn ₆₀	Ni ₅₀ Mn ₅₀	Ni _{49.5} Mn _{50.5}
	6	Pd ₄₀ Mn ₆₀	Pd ₅₀ Mn ₅₀	Pd _{49.5} Mn _{50.5}
实施方案 2	1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	Ir ₂₅ Mn ₇₅	Ir ₃₀ Mn ₇₀
比较例 1	1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	Ir ₂₁ Mn ₇₉	Ir ₂₇ Mn ₇₃

另外,对用实施例 1 中的样品溅射靶所形成的抗铁磁材料膜(IrMn 合金膜)和用比较例 1 的溅射靶所形成的抗铁磁材料膜(IrMn 合金膜)的膜面内的成分分布进行了分析。测量了 Si 基片中心点 A 和该点周围对角线方向上距中心点 3cm 的 4 个点 B、C、D、E 的成分。结果列于表 3。

表 3

	靶成分 (at.%)	基片中各点的 Ir 含量(at.%)				
		A 点	B 点	C 点	D 点	E 点
实施方案 1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	22.0	21.8	21.7	21.6	21.5
比较例 1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	25.0	23.8	23.5	24.1	23.4

从表 2 和表 3 中可以清楚地看出,用本发明的溅射靶形成的抗铁磁材料膜表现出随溅射时间很小的成分偏差,以及基片平面内优良的成分分布均匀性。

实施例 3

分别用与实施例 1 相同的方法制得各种成分的 IrMn 靶、RhMn 靶、PtMn 靶。再用与实施例 1 相同的方法从各种成分的 IrMn 靶、RhMn 靶、PtMn 靶制得交互耦合膜。测量各交互耦合膜的交互耦合力、研究交互耦合力的成分相关性。结果示于图 7。

从图 7 可以清楚地看出, 用本发明的一溅射靶形成的包括抗铁磁材料膜的各交互耦合膜在很宽的成分范围内表现出足够高的交互耦合力。

实施例 4

用表 4 所列的各不同平均粒径的 Mn 粉, 采用与实施例 1 相同的工艺制得如表 4 所示的不同 Mn 粒径的溅射靶。

对所得各溅射靶的氧含量进行了测量, 按与实施例 1 相同的工艺形成膜后, 测量了交互耦合偏转力。另外, 与实施例 1 所采用的方法相同, 对膜面内的成分分布进行了研究。结果列于表 4。

表 4

样 品 号	靶成分 (at.%)	Mn 粉原 材料平 均粒径 (μm)	靶中 Mn 颗 粒尺寸(μm)		基片内各点的 Ir 含量(at.%)					交互偏 转力 (\times 80A/m)
			平均	最大	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	
1	Ir ₂₂ Mn ₇₈	10	<10	<10	22.0	21.7	21.6	21.7	21.5	200
2	Ir ₂₂ Mn ₇₈	40	20	30	22.0	21.8	21.6	21.5	21.6	250
3	Ir ₂₂ Mn ₇₈	80	30	40	22.3	22.0	22.2	21.8	22.0	250
4	Ir ₂₂ Mn ₇₈	150	80	130	25.0	23.8	23.5	24.1	23.4	240

从表 4 可以清楚地看出, 用最大粒径和平均粒径大的 Mn 粒形成的膜膜成分表现出在基片平面内有很大的变化, 因此, 可以理解这些靶在批量生产上会引起问题, 相反地, 用最大粒径和平均粒径小的溅射靶制得的膜没有表现出基片平面内成分变化的问题, 但是其交互耦合偏转力有降低的趋势。

实施例 5

表 5 所示的各溅射靶是分别用与实施例 1 相同的烧结方法和与之不同的熔炼方法制得的。对各溅射靶的工艺性能和气体含量(包括氧和碳含量)进行了研究。此外, 经过采用与实施例 1 相同的方法形

成交互耦合膜后，测量了每个交互耦合膜的交互偏转和临界温度。结果列于表 5。另外，实施例 3 的各溅射靶的组成相与实施例 1 各靶的组成相相同。

此外，作为本发明的比较例 2，用与上述实施例相同的烧结方法制得各溅射靶，但是所用的原材料粉的碳杂质含量高并且混料操作是在空气中进行的。再者，用与上述实施例相同的熔炼方法制得各溅射靶，但是所用原材料粉的碳杂质含量高并且熔炼过程中的除气时间比上述实施例的短。对本比较例的各溅射靶的工艺性能、气体含量、以及交互耦合膜的交互偏转力进行了测定，结果列于表 5。

表 5

	靶成分 (at.%)	制备 方法	气体含量(wt.%)		交互偏转力 (× 80A/m)	临界温度 (°C)
			氧	碳		
实施 方案 5	Ir ₂₂ Mn ₇₈	烧结法	0.600	0.200	250	290
	Ir ₂₂ Mn ₇₈	熔炼法	0.028	0.005	250	280
	Pt ₁₈ Mn ₈₂	烧结法	0.580	0.160	180	390
	Pt ₁₈ Mn ₈₂	熔炼法	0.025	0.005	180	400
比较例 2	Ir ₂₂ Mn ₇₈	烧结法	3.120	1.010	180	210
	Ir ₂₂ Mn ₇₈	熔炼法	1.580	0.980	180	200
	Pt ₁₈ Mn ₈₂	烧结法	2.140	1.220	130	350
	Pt ₁₈ Mn ₈₂	熔炼法	1.760	0.790	130	360

从表 5 可以清楚地看出，采用本发明的氧含量和碳含量都很低的溅射靶后，由它们所形成的包括上述抗铁磁材料膜的交互耦合膜的性能得到增强。

实施例 6

在本实施例中，用与实施例 1 相同的溅射靶形成抗铁磁材料膜，在该抗铁磁材料膜和铁磁材料膜之间形成交互耦合膜，这样制得分别包括图 4 或图 6 所示的旋压阀膜的 GMR 器件，并用这些器件制成磁头。

在上述旋压阀膜 GMR 膜 10 中，分别用 3nm 和 2nm 厚的 Co₉₀Fe₁₀

膜作为铁磁层 11 和 13, 用 3nm 厚的 Cu 膜作为非磁层 12。每个 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 膜都形成为包括面心立方晶体结构的膜。对于抗铁磁材料膜 3, 使用按照上述实施例 1 和实施例 3 所生产的各种抗铁磁材料膜(膜厚为 8nm)。

另外, 对于上述磁性基片层 14, 使用在 10nm 厚的 $\text{Co}_{88}\text{Zr}_5\text{Nb}_7$ 膜和 2nm 厚的 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 膜之间形成的叠层膜, 对于电极 7, 使用 0.1nm 厚的 Cu 膜, 对于保护膜 15, 使用 20nm 厚的 Ta 膜。还有, 对于硬磁层 25, 采用 40nm 厚的 $\text{Co}_{83}\text{Pt}_{17}$ 膜。

上述铁磁性层 11 和 13、非磁性层 12 和抗铁磁材料膜 3 的膜的形成是在磁场中进行的, 之后又在磁场中对它们进行热处理, 再给铁磁层 13 和抗铁磁膜 3 之间的交互耦合施加单轴的磁各向异性。此外, 磁性基层 14 也在磁场中成膜和经过热处理, 并施加单轴磁各向异性, 并且, 通过磁化硬磁层 25, 上述单轴磁各向异性得到加强。最后, 用现有的半导体工艺加工该器件, 制造 GMR 器件并由它制造磁头。

尽管对根据本实施例形成的 GMR 器件施加了外磁场, 仍对其磁场响应性能进行了检验。获得了等于或高于在抗铁磁材料中使用 $\gamma\text{-FeMn}$ 合金的 GMR 器件的输出稳定性。此外, 没有检测到由于磁壁漂移而引起的巴克豪森噪音。还有, 与使用 $\gamma\text{-FeMn}$ 合金抗铁磁材料膜的 GMR 器件相比, 由于抗铁磁材料膜的抗腐蚀好、交互耦合膜的临界温度高、交互耦合力大, 因此可以高产率地得到能实现稳定输出的高灵敏度 GMR 器件。

此外, 在包括这种 GMR 器件的磁头中, 当使用抗腐蚀好的 IrMn 基抗铁磁材料膜时, 可以制成 0.1 μm 厚(而用 FeMn 合金时由于腐蚀的原因, 这样薄的厚度的不可能), 因此, 可以得到很大的重现输出。

实施例 7

分别选用 IrMn 合金和添加 Ge、Si、Ga、Al、Zn、Hf、Zr、Ti

中一种元素的 IrMn 合金，采用与实施例 1 相同的工艺制取溅射靶。

用这样制取的溅射靶，采用与实施例 1 相同的方法制备交互耦合膜样品，之后分别对其抗腐蚀性进行试验。在腐蚀试验中，把上述样品浸入水中 24 小时之后测量产生的腐蚀麻点。结果示于图 8。

此外，作为本发明的比较例，选用包括 $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{89.5}Ir_{10.5}$ 合金和 Fe₅₀Mn₅₀ 合金代替 IrMn 合金的抗铁磁材料膜，进行相同的抗腐蚀性试验。结果示于图 8。

从图 8 所示的抗腐蚀性试验结果可以清楚地看出，在 IrMn 合金中加入其它元素后，产生的腐蚀麻点减少。

另外，图 9 和图 10 示出了各样品的交互偏磁场和临界温度的测定结果。清楚地表明交互偏磁场和临界温度均得到提高。

根据本发明的溅射靶，包括优良抗腐蚀性和耐热性的 Mn 合金的抗铁磁材料膜可以在其膜成分和膜质量方面得到稳定。因此，能够稳定地获得交互耦合力足够高的膜，这可以重现地实现。本发明的这种抗铁磁材料膜可以有效地用于磁阻效应器件等。此外，根据应用本发明的抗铁磁材料膜的磁阻效应器件，稳定性能和输出能够重现地获得。

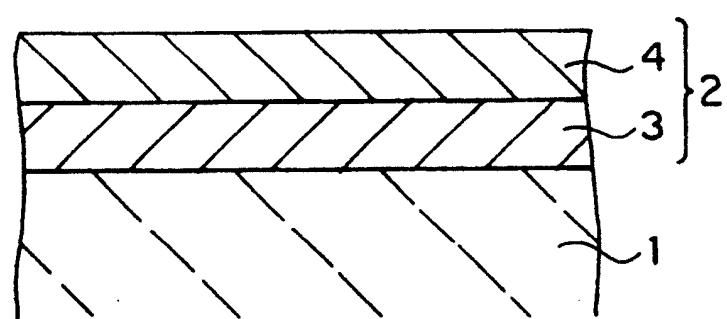
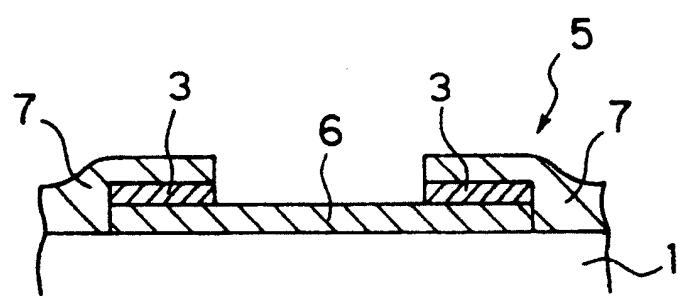
图1**图2**

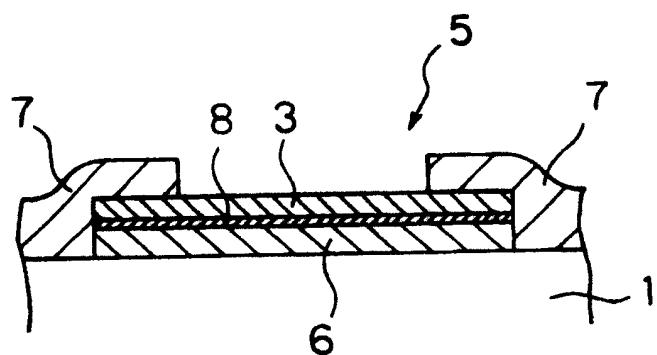
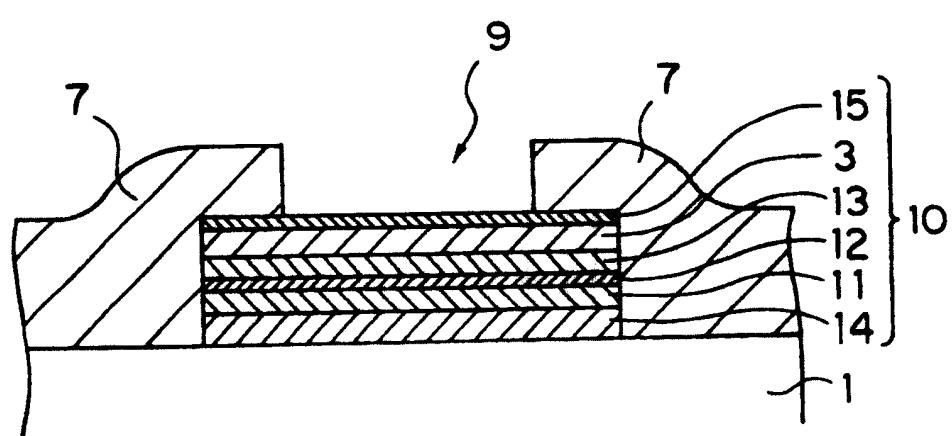
图3**图4**

图5

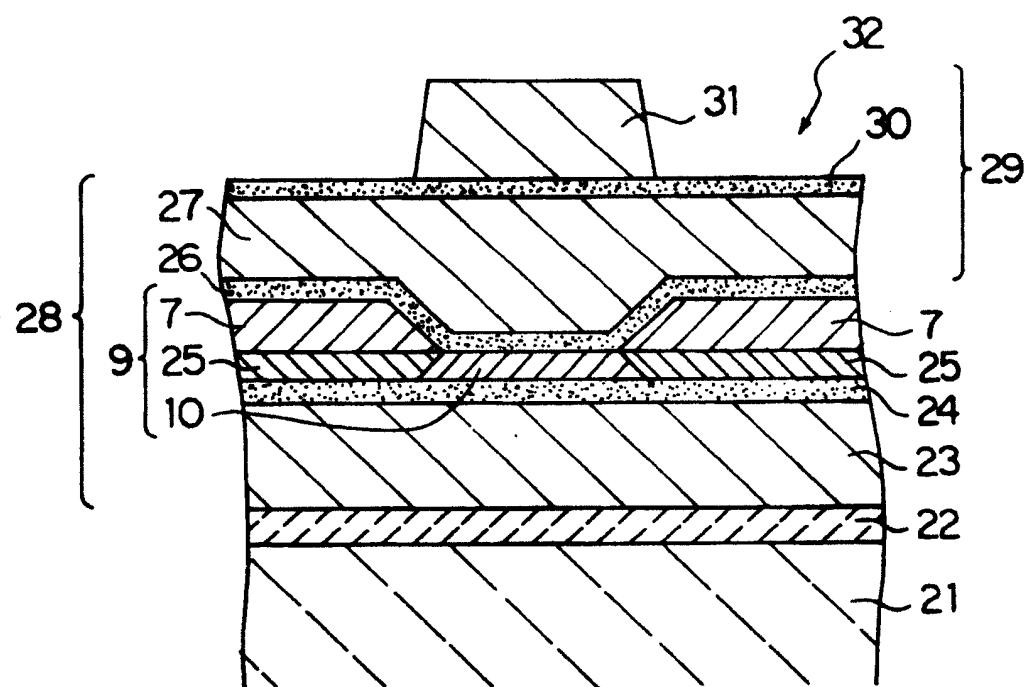


图6

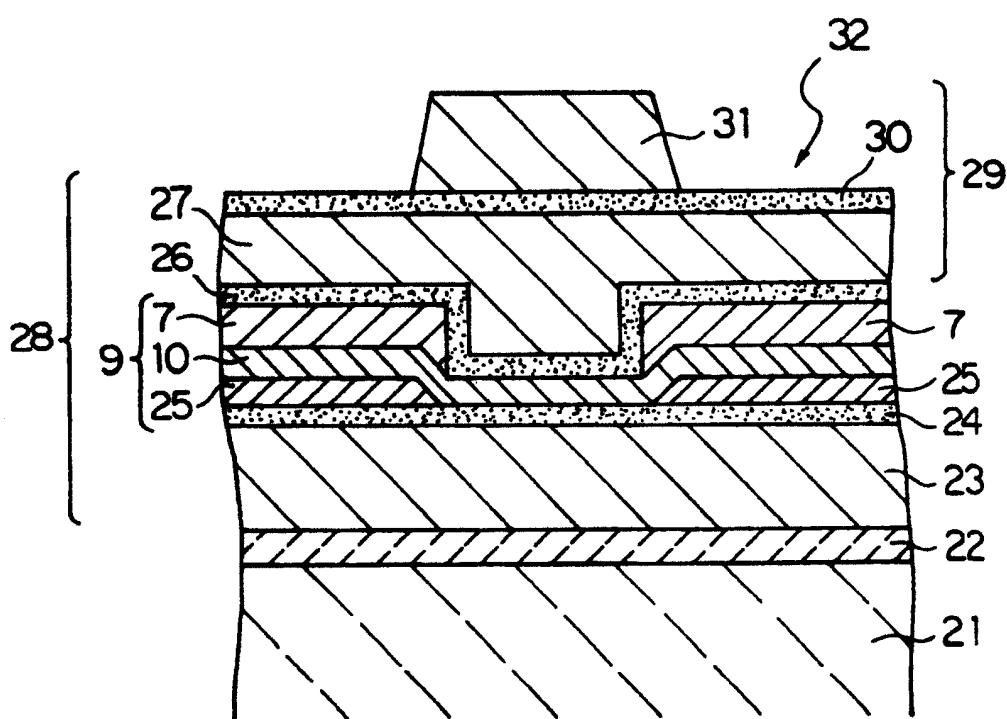


图 7

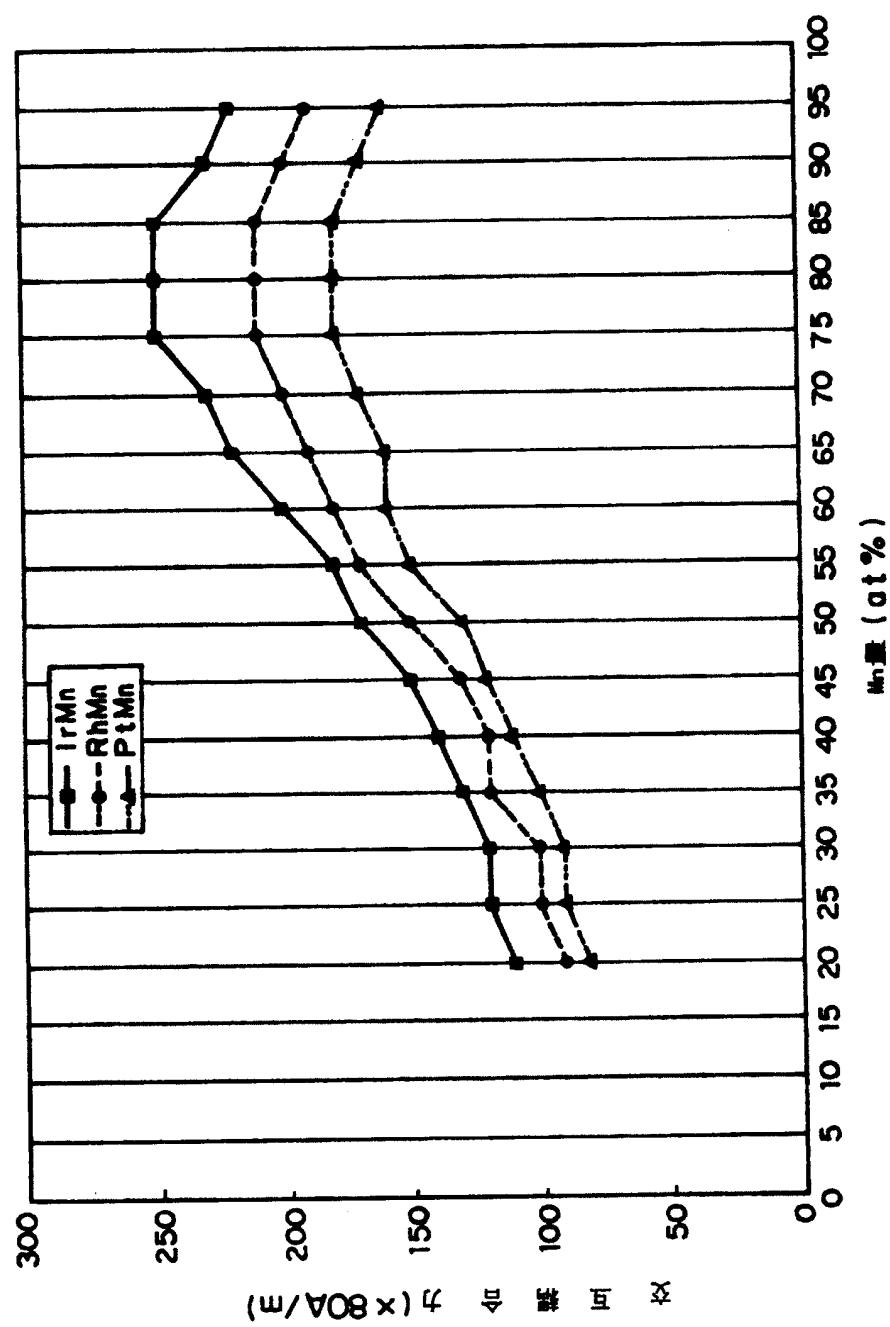


图8

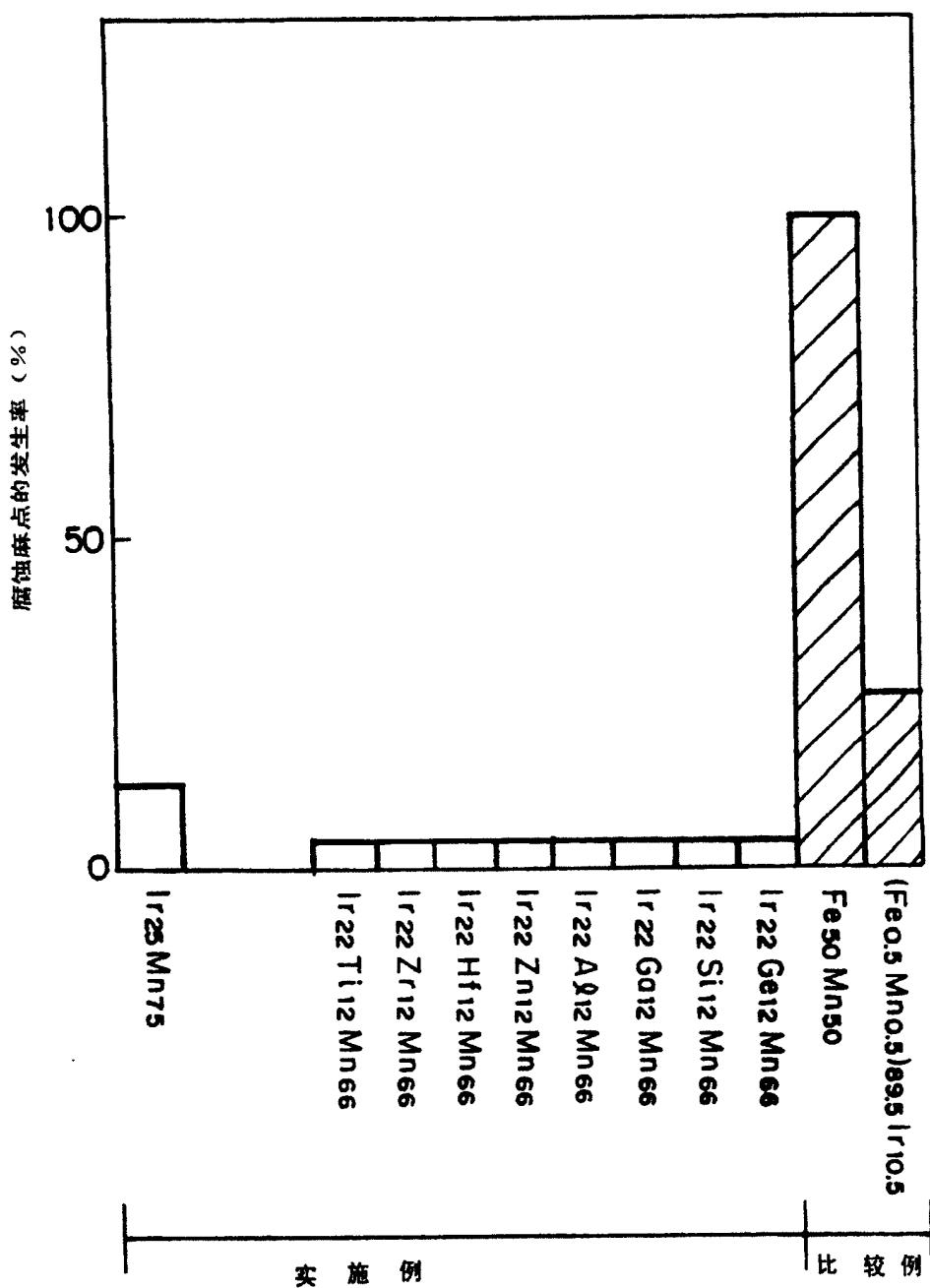


图9

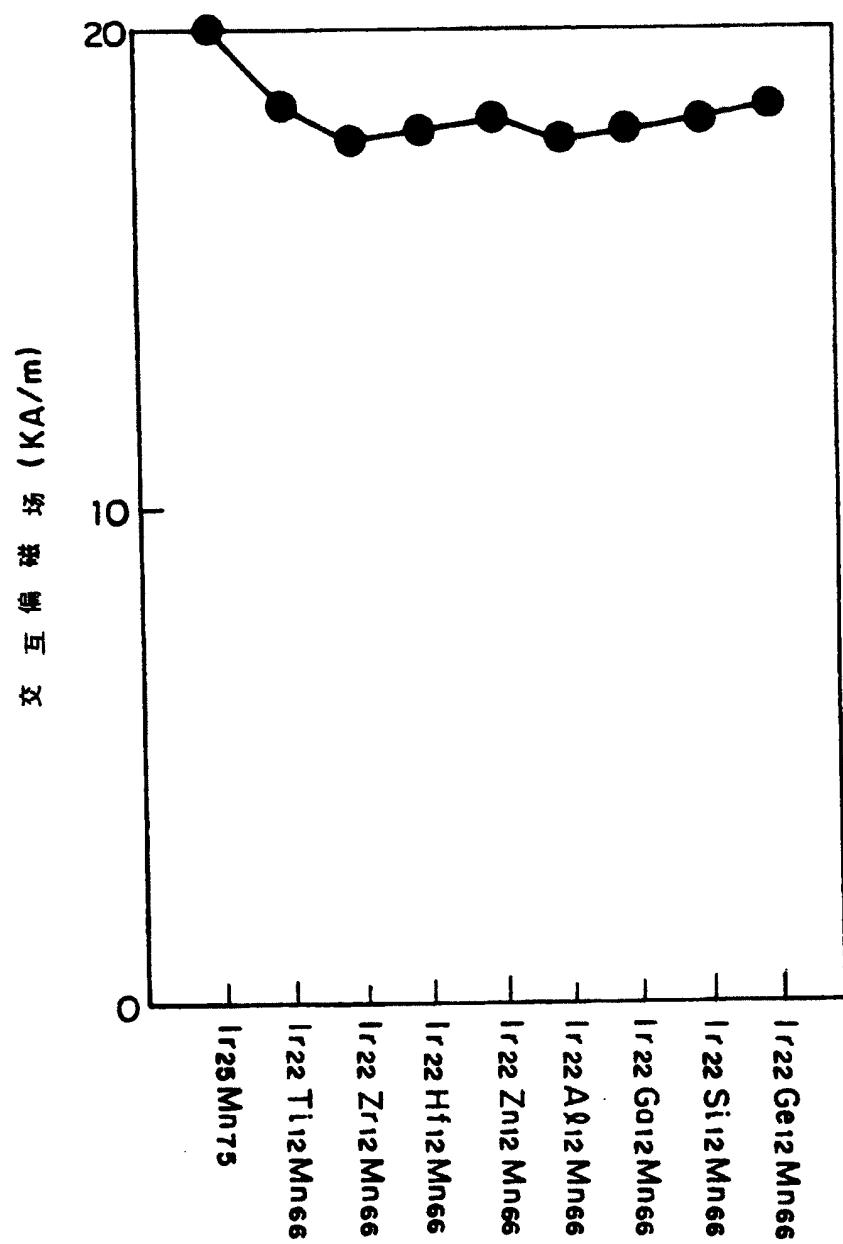


图10

