



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410005490.0

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100336109C

[22] 申请日 2004.2.19

[21] 申请号 200410005490.0

[30] 优先权

[32] 2003.3.11 [33] US [31] 10/386,834

[73] 专利权人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

[72] 发明人 华·V·多 玛丽·F·多尔纳

埃里克·E·夫勒顿

戴维·T·玛古利斯

纳塔查·F·苏帕

[56] 参考文献

CN1291769A 2001.4.18

US6372330B1 2002.4.16

US6383668B1 2002.5.7

WO02/13190A1 2002.2.14

US5465185A 1995.11.7

审查员 张明霞

[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

代理人 李德山

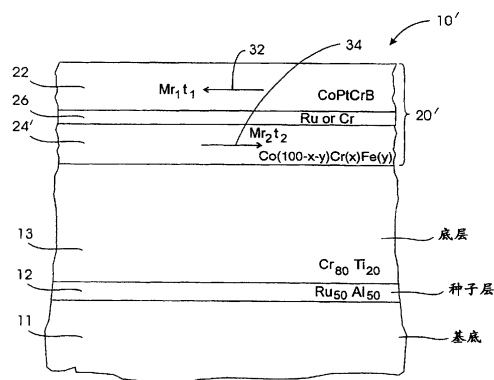
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

有钴铬铁第一铁磁膜的反铁磁耦合磁记录介
质

[57] 摘要

用于数据存储的磁记录介质使用一种至少包含两层铁磁膜的磁记录层，这两层铁磁膜通过非铁磁间隔膜反铁磁交换耦合在一起。在这个反铁磁耦合 (AFC) 记录层中，两个铁磁膜的磁矩反平行，于是 AFC 记录层的净剩余磁化强度 - 厚度积 (Mrt) 是这两层铁磁膜的 Mrt 的差值。 Mrt 的这个缩减不会降低记录介质的热稳定性。AFC 记录层中的下部铁磁薄膜是铁磁 CoCrFe 合金，在其与 Cr 合金底层之间不需要晶核形成层。以 CoCrFe 合金作为 AFC 记录层中的第一或下部铁磁薄膜的方式减小了固有的介质噪声。



1. 一种磁记录盘, 包括:

基底;

基底上的非铁磁底层;

直接在底层上形成并且与底层接触的第一铁磁膜, 第一铁磁膜是只具有 Co, Cr 和 Fe 的合金;

第一铁磁膜上的非铁磁间隔膜; 和

间隔膜上的第二铁磁膜, 第二铁磁膜是包括 Co 和 B 的合金, 第二铁磁膜通过间隔膜与第一铁磁膜反铁磁交换耦合;

其中底层是只具有 Cr 和钛 Ti 的合金。

2. 如权利要求 1 所述的磁记录盘, 还包括在基底与底层之间的种子层, 其中底层直接在种子层上形成并且与种子层接触,

其中种子层是只具有钌 Ru 和铝 Al 的合金。

3. 如权利要求 1 所述的磁记录盘, 还包括在基底与底层之间的种子层, 其中底层直接在种子层上形成并且与种子层接触, 其中种子层是只具有镍 Ni 和铝 Al 的合金。

4. 如权利要求 1 所述的磁记录盘, 其中第二铁磁膜是还包括 Cr 和 Pt 的合金。

5. 如权利要求 1 所述的磁记录盘, 其中第一铁磁膜的组成为 $\text{Co}_{(100-x-y)}\text{Cr}_x\text{Fe}_y$, 其中 x 介于 2 和 25 之间, y 介于 2 和 30 之间。

6. 如权利要求 1 所述的磁记录盘, 其中第一铁磁膜具有厚度 t_1 和磁化强度 M_1 , 第二铁磁膜具有厚度 t_2 和磁化强度 M_2 , 第一和第二铁磁膜的单位面积磁矩 ($M_1 \times t_1$) 和 ($M_2 \times t_2$) 互不相同。

7. 一种磁记录盘, 包括:

玻璃基底;

基底上的、从由 Cr, CrV 合金和 CrTi 合金构成的组中选出的底层;

底层上的磁记录层, 包括: 第一铁磁膜, 其为只具有 Co、Cr 和 Fe 的合金, 其中 Cr 的原子百分数介于大约 2 和 25 之间, Fe 的原子百分数

介于大约 2 和 30 之间，第一铁磁膜直接在底层上并且与底层接触；第一铁磁膜上的、具有从由 Ru, Cr, Rh, Ir, Cu 及其合金构成的组中选择的材料的非铁磁间隔膜；和间隔膜上的第二铁磁膜，为包括 Co 和 B 的合金，间隔膜的厚度足够使第二铁磁膜通过间隔膜与第一铁磁膜反铁磁交换耦合；和

磁记录层上形成的保护外涂层。

8. 如权利要求 7 所述的磁记录盘，还包括在基底和底层之间的种子层，其中底层是只具有 Cr 和 Ti 的合金，其直接在种子层上形成并且与种子层接触。

9. 如权利要求 8 所述的磁记录盘，其中种子层是从由 RuAl 合金和 NiAl 合金构成的组中选出的。

10. 如权利要求 9 所述的磁记录盘，其中间隔膜是 Ru。

有钴铬铁第一铁磁膜的反铁磁耦合磁记录介质

相关申请

本申请涉及 2000 年 8 月 4 日提交的题为“以无硼第一铁磁膜为晶核形成层的反铁磁耦合磁记录介质”的未决申请 09/631, 908, 在这里作为参考文献。

技术领域

本发明涉及磁记录介质, 尤其涉及带反铁磁耦合(AFC)磁记录薄膜的磁记录盘。

背景技术

传统的磁记录介质, 例如硬盘驱动器里的磁记录盘, 通常利用粒状铁磁层, 如溅射沉积的钴铂(CoPt)合金作为记录介质。磁层中的每个磁化区域均包括很多个小磁粒。磁化区域间的切换代表记录数据的“比特”。IBM 公司的美国专利 4,789,598 和 5,523,173 描述了这种传统的硬盘。

随着磁记录盘的存储密度的提高, 剩余磁化强度 M_r (这里, M_r 以单位体积铁磁材料的磁矩为单位进行测量)和磁层厚度 t 的乘积降低。类似地, 磁层的矫顽磁场或矫顽力(H_c)也跟着增强。这导致 $M_r t / H_c$ 比的降低。这种降低的原因在于参数 $M_r t / H_c$ 与记录头以高密度解析磁比特的能力有关。降低 $M_r t / H_c$ 会增加这种能力。要使 $M_r t$ 减小, 可以减小磁层的厚度 t , 但是厚度减小也有一定的限度, 因为厚度过小, 则存储在磁层的磁信息会衰减。磁化的衰减归因于小磁粒的热激发(超磁效应)。磁粒的热稳定性很大程度上取决于 $K_u V$ 的值, 其中 K_u 是层的磁各向异性常数, V 是磁粒的体积。 V 的值随着薄膜厚度的减小而减小。如果层厚度太薄, 那么在正常的盘驱动器操作条件下, 磁盘上存储的磁信息就不再稳定。

解决这个问题的一個方法就是转而采用具有更高各向异性的材料(即

K_u 值更高)。但是 K_u 的增大也有一个限制, 即如果矫顽力 H_c 过大, 则无法用传统记录磁头写出, 这里 H_c 近似等于 K_u/M_s (M_s 为饱和磁化强度)。类似的方法是把固定层厚的磁层的 M_s 值减小, 这使得由于 M_r 与 M_s 相关而使 M_r 减小, 然而这同样受到能够写出的矫顽力的限制。另外一个方法就增强粒间交换能力, 以增加磁粒的有效磁体积(magnetic volume) V 。然而, 事实证明这样做对磁层的固有信噪比(SNR)不利。

美国专利 6,280,813 描述了一种磁记录介质, 其中磁记录层是至少两个铁磁膜, 这两个铁磁膜通过非铁磁间隔膜反铁磁耦合在一起。在这种被称为 AFC 介质的磁介质中, 两个反铁磁耦合膜的磁矩的取向是反平行的, 结果记录层的净剩余磁化强度-厚度积(Mrt)就是两个铁磁薄膜的 Mrt 值的差。在无需减少体积 V 的情况下实现了 Mrt 的降低。因此记录介质的热稳定性没有降低。使其中的一个铁磁薄膜比另外一个更厚, 然而如此选择厚度, 使得零施加磁场中的净磁矩较低, 然而非零。在 AFC 介质的一个实施例中, 两个铁磁薄膜是溅射沉积的 CoPtCrB 合金薄膜, 其被 Ru 间隔薄膜隔开, Ru 间隔薄膜的厚度使得两个 CoPtCrB 薄膜之间的反铁磁耦合最大。

将类似 CoPtCrBAFC 的含硼合金用作 AFC 介质中的铁磁膜成分的方式需要使用一个特殊的启动或者晶核形成层(onset or nucleation layer), 以增强 CoPtCrB 膜的生长, 使得这些膜的 C 轴处于膜的平面上。晶核形成层通常是非铁磁 CoCr 合金, 它在生产线上仍需要另一个溅射工位。在前面提到的未决申请中, AFC 介质中的下部铁磁膜是无硼铁磁 CoCr 合金, 在它与 Cr 或 Cr 合金底层之间不需要晶核形成层。这种铁磁 CoCr 合金具有足够的饱和磁化强度(M_s)和颗粒结构, 以产生 AFC 记录层的优良磁记录性能, 这种合金还可以作为晶核形成层, 以通过间隔层诱导上部 CoPtCrB 铁磁膜的平面内 C 轴生长。

磁记录介质中另一个仍然存在的问题是固有的介质噪声, 它是决定硬盘驱动器中总体信噪比的重要因素。所以我们需要一种降低介质噪声的 AFC 介质。

发明内容

本发明是一种 AFC 磁记录介质，它具有通过非铁磁间隔膜反铁磁交换耦合在一起的至少两层铁磁膜。在这种反铁磁耦合(AFC)的记录层中，两个铁磁膜的磁矩的取向是反平行的，这样，AFC 记录层的净剩余磁化强度-厚度积(Mrt)是两层铁磁膜的 Mrt 值的差值。Mrt 值的减小并不减小记录介质的热稳定性。AFC 记录层的下部铁磁膜是铁磁 CoCrFe 合金，在它和 Cr 合金底层之间不需要晶核形成层。以 CoCrFe 合金作为第一或下部铁磁膜的 AFC 介质减少了介质的固有噪声。

为了更全面地理解本发明的本质和优点，参照下面结合附图所进行的详细说明。

附图说明

图 1 是前面提到的未决申请中描述的 AFC 磁记录盘的现有技术示意截面图。

图 2 是根据本发明的 AFC 磁记录盘的示意截面图。

图 3 的图表针对具有 CoCrFe 下部 AFC 膜的几种磁盘，示出了不同密度(千磁通变化/英寸或 kfc i)下记录的转变的隔离信号脉冲与测量噪声(S_0NR)的测量比值。

具体实施方式

AFC 盘的总体结构

本发明的磁记录盘具有磁记录层，磁记录层由两个或更多的铁磁膜构成，所述铁磁膜通过一个或多个非铁磁间隔膜与其相邻铁磁膜反铁磁(AF)耦合。图 1 图解了具有反铁磁耦合(AFC)磁层 20 的盘 10 的截面结构。

盘基底 11 是具有 NiP 表面涂层的任何适合的材料，例如玻璃，SiC/Si，陶瓷，石英或 AlMg 合金。种子层 12 是可以用来改进底层 13 的生长的可选层。在基底 11 为非金属材料，如玻璃时，通常使用种子层 12。种子层 12 的厚度大约在 1 到 50nm 的范围内，并且是诸如 Ta，CrTi，NiAl 或 RuAl 的材料中的一种，这些材料可被用作种子材料，以促进后续沉积的层在某些优选晶体取向上的生长。玻璃基底 11 和种子层 12 之间也可以使用预种子层(未示出)。底层 13 被沉积在种子

层(如果存在)上, 或直接沉积在基底 11 上, 并且是一种非磁性材料, 如铬或铬合金, 例如 CrV 或 CrTi. 底层 13 的厚度在 5 到 100nm 的范围内, 通常为接近 10nm.

AFC 磁层 20 由两层铁磁膜 22, 24 组成, 这两层膜被非铁磁间隔膜 26 隔开. 选择非铁磁间隔膜 26 的厚度和组成, 使得邻近的膜 22, 24 的磁矩 32, 34 通过非铁磁间隔膜 26 反铁磁耦合, 并且在零施加场中为反平行. 层 20 的两个反铁磁耦合膜 22, 24 的磁矩的取向为反平行, 其中上部的膜 22 的磁矩更大. 铁磁膜 22, 24 由具有 4-20 at.%(原子百分数)的铂, 10-23 at.%的铬以及 2-20 at.%的硼的 CoPtCrB 合金构成. 非铁磁间隔膜 26 的材料为钌 (Ru).

因为 AFC 磁层 20 的第一铁磁膜 24 是含硼的 CoPtCrB 合金, 一层很薄(厚度通常为 1-5nm)的 Co 合金启动或晶核形成层 14 沉积在底层 13 上. 选择晶核形成层 14 的组成以增强膜 24 的六角形密集(HCP)CoPtCrB 合金的生长, 使得其 C 轴的取向在膜的平面中. 第一 CoPtCrB 膜 24 的合适晶体结构则通过 Ru 间隔膜 26 增强第二 CoPtCrB 膜 22 的生长, 使其 C 轴也在平面内. 如果 CoPtCrB 膜 24 直接生长在没有晶核形成层的 Cr 合金底层 13 上, 则不会以其 C 轴在膜的平面内的方式生长, 这样就会产生很弱的磁记录性能. 众所周知, 硼的存在对在记录层上形成微小颗粒是很重要的, 而微小颗粒的形成对高性能介质是必要的. 因此晶核形成层 14 允许使用含硼合金作为记录层. 晶核形成层 14 通常为非铁磁 Co 合金, 例如 $\text{Cr} \geq 31 \text{ at.}\%$ 的 CoCr 合金. 这种 CoCr 合金的组成产生非铁磁性或轻微铁磁性的相(phase).

如图 1 的层 20 的结构所示, 经由非铁磁转变金属间隔膜的铁磁膜反铁磁耦合在本文中已经进行了广泛研究和说明. 通常, 随着间隔膜厚度的增加, 交换耦合从铁磁性摆动到非铁磁性. 这种所选材料组成的摆动耦合关系在 Parkin 等人的“金属超晶格结构: Co/Ru, Co/Cr 和 Fe/Cr 中交换耦合和磁电阻的摆动”(Phys. Rev. Lett. Vol.64, p.2034(1990))一文中进行过详细的介绍. 材料组成包括 Co, Fe, Ni 及其合金, 例如 Ni-Fe, Ni-Co, Fe-Co 组成的铁磁膜, 和非铁磁间隔膜, 例如 Ru, 铬

(Cr), 铑(Rh), 铱(Ir), 铜(Cu)及其合金。对于每种这样的材料组成, 必须确定摆动交换耦合关系(如果还不知道), 以便选择非铁磁间隔膜的厚度, 以保证两层铁磁膜之间的反铁磁耦合。摆动周期取决于非铁磁间隔膜的材料, 摆动耦合的强度和相位同样取决于铁磁材料和界面质量。

对于层 20 的 AFC 结构, 邻近的层 22,24 的磁矩 32,34 的取向反平行对齐, 于是破坏性相加。箭头 32,34 分别代表通过 AF 耦合膜 26 直接在彼此上面和下面的磁域的磁矩取向。

虽然图 1 示出的是具有双膜结构和单一间隔膜的 AFC 磁层 20, 然而 AFC 磁盘可以具有额外的铁磁膜, 其间存在 AF 耦合间隔膜。

具有 CoCrFe 下部铁磁膜的 AFC 磁盘的结构

使用玻璃基底和 CoPtCrB 单层磁层的高性能市售磁盘可能需要多达六层。这些层分别是玻璃基底上的预种子层(pre-seed layer)(没有在图 1 中示出), 种子层, 底层, 非铁磁(或轻微铁磁) CoCr 晶核形成层, CoPtCrB 磁层和保护外涂层。诸如 Circulus M12 的通用制造飞溅工具当前只有七个工位(station)可用于实际的溅射沉积, 假设使用两个加热工位和一个冷却工位。由于 AFC 磁层用三个层取代单磁层, 产生 AFC 磁盘所需的飞溅阴极的总数为八个。这个数字大于上述配置的 Circulus M12 中当前可用的飞溅阴极数。其它类型的制造飞溅工具也会具有有限数目的飞溅阴极, 这造成了 AFC 介质实现的难度。

某些材料可具有双重目的: 在 AFC 层中作为下部铁磁膜, 和通过 Ru 间隔层促进第二 CoPtCrB 膜的平面内 C 轴生长。这允许将 AFC 层的晶核形成层和下部铁磁膜组合成一个层, 因此只需要一个飞溅阴极。这样便减少了 AFC 磁盘结构中的溅射层的总数, 从而克服了潜在的可制造性问题。前面列举的未决申请已经证明, 铁磁性 $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{22}$ (它的饱和磁化强度 (M_s) 为 425 emu/cc) 在 AFC 结构中既作为启动或晶核形成层, 又作为下部的膜。

在本发明中, CoCrFe 合金在 AFC 记录中既作为启动或晶核形成层, 又作为下部的膜, 并且还显著提高了 AFC 介质的信噪比。这是一个出人意料的结果, 因为已知把 Fe 加到 Co 合金中会增加颗粒间交换耦

合, 这通常被认为对记录性能有害。如在前面列举的美国专利 6,280,813 中所解释的, 使用具有孤立磁粒, 即没有颗粒间交换耦合的颗粒铁磁材料对于降低介质噪声是有利的, 因为上面已经说明颗粒间交换耦合会增加介质噪声。因此没有预料到使用 CoCrFe 下部薄膜会降低 AFC 介质中的介质噪声。

图 2 示出了根据发明的 AFC 磁盘 10' 的优选结构。优选实施例中各种层的厚度和组成如下所述:

预种子层: $\text{Cr}_{50}\text{Ti}_{50}$ (20-50nm)

种子层 12: $\text{Ru}_{50}\text{Al}_{50}$ (8-20nm)

底层 13: $\text{Cr}_{80}\text{Ti}_{20}$ (6-20nm)

直接在底层 13 上的下部 AFC 薄膜 24'

$\text{Co}_{(100-x-y)}\text{Cr}_x\text{Fe}_y$, 其中 $2 < x < 25$ 并且 $2 < y < 30$

间隔层 26: Ru 或 Cr(0.4-1.0nm)

上部 AFC 薄膜 22:

$\text{Co}_{(100-y-x-z)}\text{Pt}_y\text{Cr}_x\text{B}_z$, 其中 $6 < y < 25$, $10 < x < 25$ 并且 $6 < z < 15$.

在优选实施例中, 作为不需要特殊晶核形成层的底部 AFC 膜的 CoCrFe 合金具有大约 2-30 at.% 的 Fe 和大约 2-25 at.% 的 Cr 成分。Fe 的浓度主要由厚度和底部 AFC 膜的 Mrt 决定。对于指定厚度, Fe 和 Cr 的 at.% 决定 CoCrFe 膜的 Mrt。Fe 的上限是这样的值, 即在该值附近 CoCrFe 合金的 hcp 结构会消失, 于是破坏上部 CoPtCrB 膜的后续平面内 C 轴生长。Cr 的大约为 25 at.% 的上限是这样的值, 即在该值附近 CoCrFe 合金变为非铁磁性。CoCrFe 合金的期望厚度由最优膜生长和记录性能来决定, 一般在大约 0.5 和 3.5nm 之间。

图 3 针对几种磁盘示出了不同密度(千磁通变化/英寸或 kfc i)下记录的转变的隔离信号脉冲和测量噪声($S_0\text{NR}$)的测量比。这些介质全部在相同的生长条件下生长, 底层和上部 AFC 膜具有相同的厚度和合金。上部 AFC 膜的 $\text{Mrt}=0.39 \text{ emu/cm}^2$ 。合成的 Mrt 值以图符形式列出, 并且通过从上部 AFC 膜的 Mrt 中减去下部 AFC 膜的 Mrt 来得到。图 3 表明, 相比于使用前面提到的待决申请所述的 CoCr 合金作为下部膜的

AFC 介质, 使用 CoCrFe 合金作为下部膜的 AFC 介质具有明显更高的 S_0NR 。图 3 还表明, 即使与使用具有不同 Mrt 值的 CoCr 下部膜的 AFC 介质相比, 在具有 CoCrFe 下部膜的 AFC 介质中也可以提高 S_0NR 。

虽然上面参照优选实施例具体示出和说明了本发明, 然而本领域技术人员应当理解, 在不偏离本发明的实质、范围和教导的前提下可以在形式和细节方面进行各种改变。因此, 所公开的发明仅仅被认为是说明性的, 其范围应当由所附权利要求来限定。

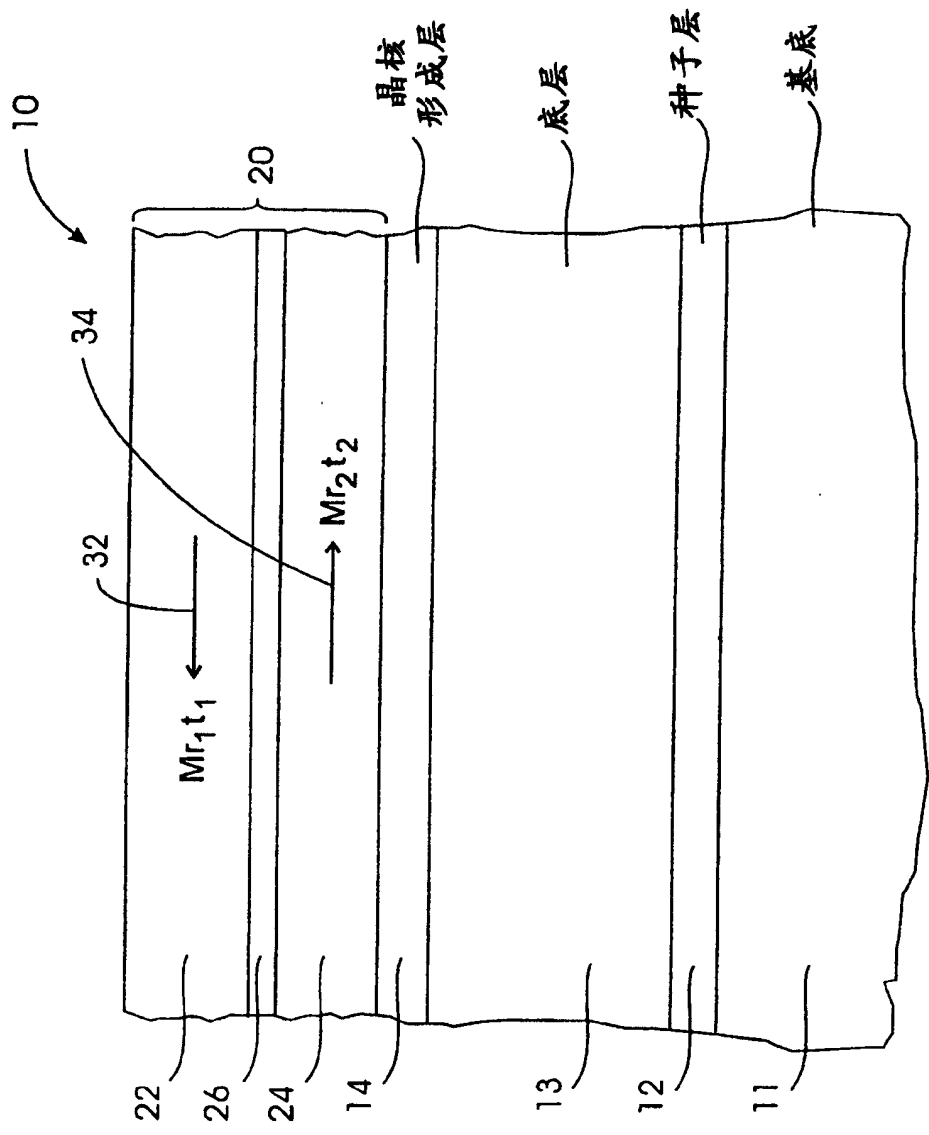


图1

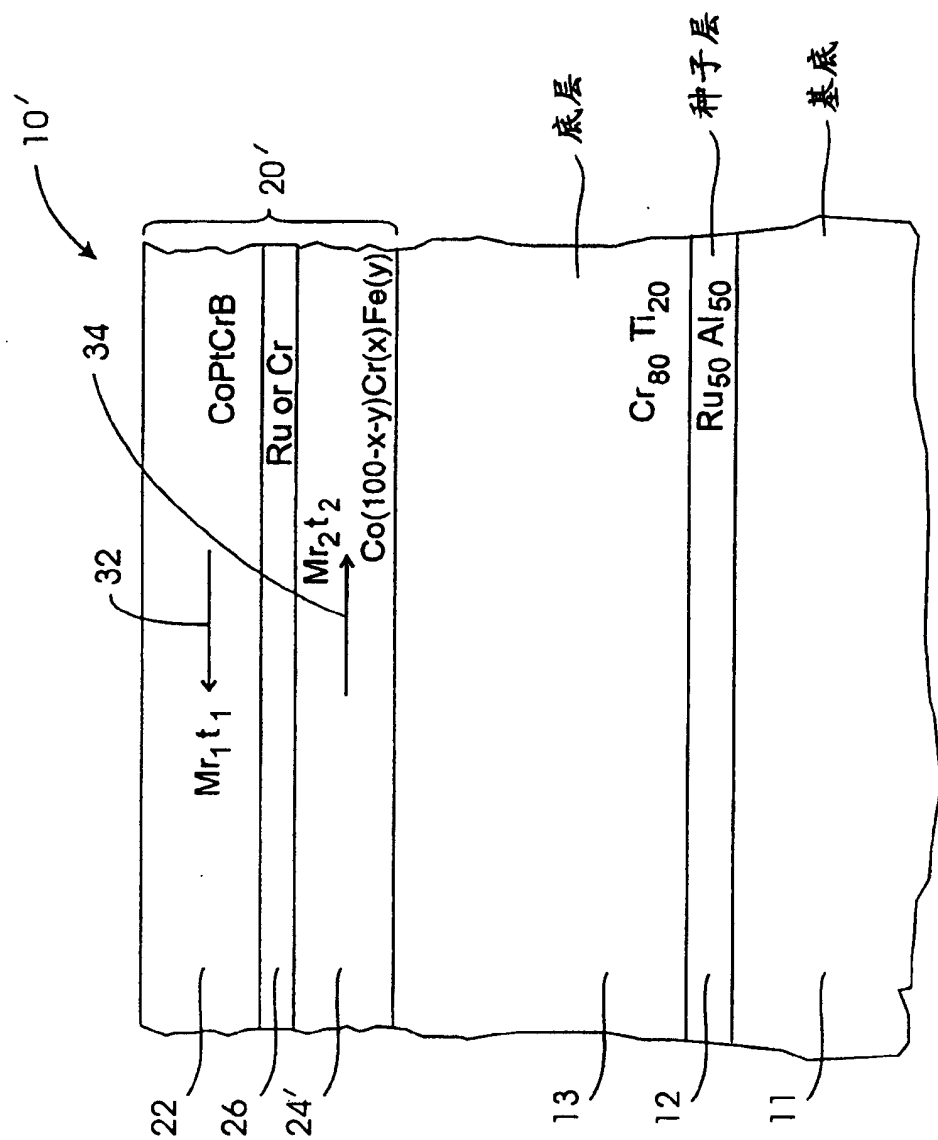


图 2

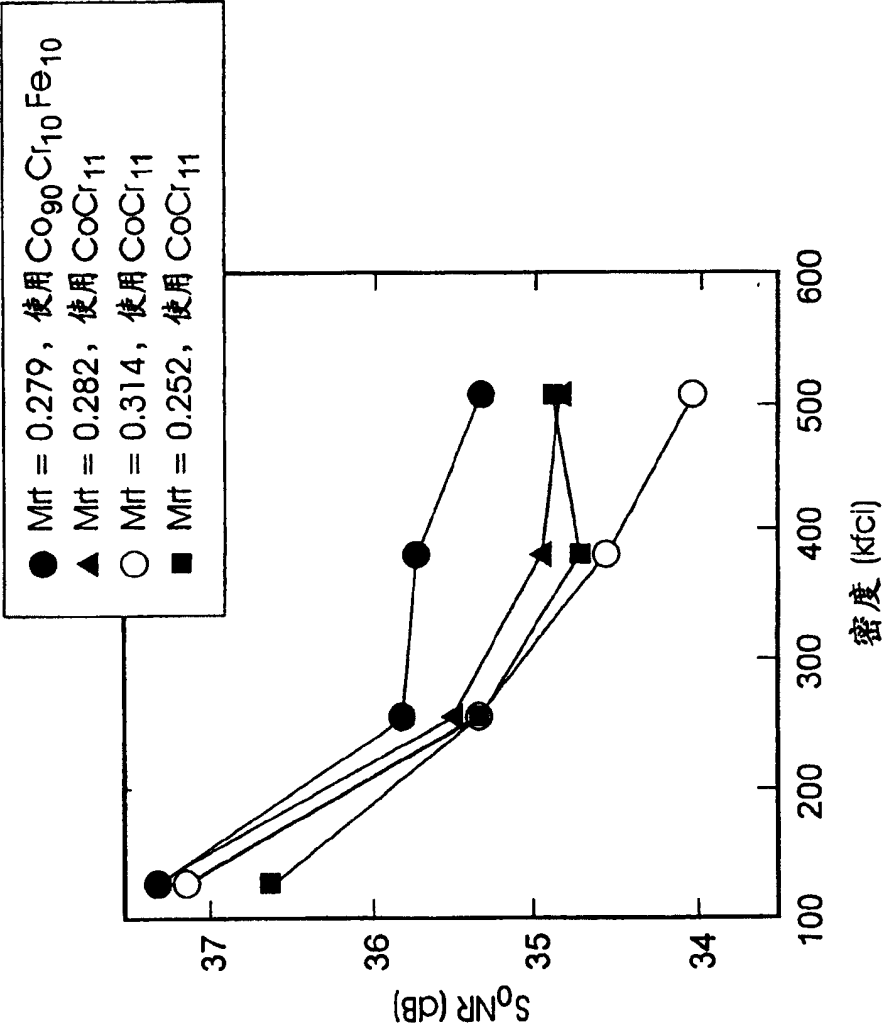


图 3