

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 5/66

G11B 5/84



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03110162.3

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1230801C

[22] 申请日 2003.4.14 [21] 申请号 03110162.3

[30] 优先权

[32] 2002.6.10 [33] JP [31] 168411/2002

[71] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72] 发明人 井原宣孝 児玉宏喜 渦卷拓也

审查员 李 迪

[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

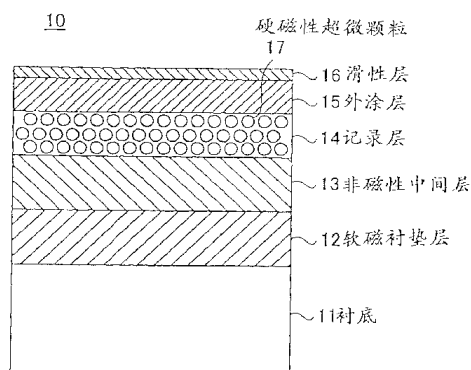
代理人 李德山

权利要求书 1 页 说明书 17 页 附图 11 页

[54] 发明名称 垂直磁存储媒体、其制造方法和磁存储装置

[57] 摘要

本发明涉及一种垂直磁存储媒体、其制造方法和磁存储装置，其中能够高密度记录和再现的垂直磁存储媒体包括软磁衬垫层(12)、非磁性中间层(13)、通过设置硬磁性超微颗粒(17)形成的记录层(14)、外涂层(15)和滑性层(16)，所有这些层都以上述顺序设置在衬底(11)上，其中该超微颗粒的平均直径的范围在 2 纳米和 10 纳米之间，该超微颗粒的直径的标准偏差为超微颗粒的平均直径的 10% 或更小，超微颗粒的平均间隔在 0.2 纳米和 5 纳米之间，并且记录层(14)的易磁化轴垂直于衬底(11)的表面，以使通过该垂直磁存储媒体能够进行高密度记录和再现。



ISSN 1008-4274

1. 一种垂直磁存储媒体, 包括通过将硬磁性超微颗粒设置在衬底上形成的记录层, 其中该硬磁性超微颗粒的平均直径在 2 纳米和 10 纳米之间, 该硬磁性超微颗粒的直径的标准偏差为硬磁性超微颗粒的平均直径的 10% 或更小, 在硬磁性超微颗粒之间的平均间隔在 0.2 纳米和 5 纳米之间, 并且该记录层的易磁化轴垂直于该衬底的表面。

2. 如权利要求 1 所述的垂直磁存储媒体, 其中硬磁性超微颗粒包含从由 Fe、Co、Ni、Pt 和 Pd 组成的组中选择的至少两种或更多种元素。

3. 如权利要求 1 所述的垂直磁存储媒体, 其中软磁衬垫层形成在衬底和记录层之间, 并且该软磁衬垫层包含由 Fe、Co、Ni、Al、Si、Ta、Ti、Zr、Hf、V、Nb、C 和 B 组成的组中选择的至少一种元素。

4. 如权利要求 1 所述的垂直磁存储媒体, 其中比率 H_{c2}/H_{c1} 为 30% 或更小, H_{c1} 表示在与衬底表面垂直的方向上的矫顽磁力, H_{c2} 表示在与衬底表面平行的方向上的矫顽磁力。

5. 一种磁存储装置, 包括如权利要求 1 所述的垂直磁存储媒体。

6. 如权利要求 5 所述的磁存储装置, 其中比率 H_{c2}/H_{c1} 为 30% 或更小, H_{c1} 表示在与衬底表面垂直的方向上的矫顽磁力, H_{c2} 表示在与衬底表面平行的方向上的矫顽磁力。

垂直磁存储媒体、其制造方法和磁存储装置

技术领域

一般地说本发明涉及垂直磁存储媒体、其制造方法和包含该垂直磁存储媒体的磁存储装置，具体地说涉及适合于高密度记录和再现的垂直磁存储媒体、其制造方法和包含该垂直磁存储媒体的磁存储装置。

背景技术

近年来，磁存储装置的存储容量已经极大地扩大了，它的物理尺寸显著减小，并且例如面内磁存储器的磁盘驱动器的记录密度以每年100%的速度增长。

因为相邻的磁化区彼此不相互干扰，对反磁性场几乎不产生影响，因此可以设计出垂直磁存储器提供记录密度远高于面内磁存储器，从而垂直磁存储器再次引起了人们的注意。

为了增加垂直磁存储媒体的记录密度，必须减小记录层的记录媒体噪声，同时稳定输出信号。为实现这一点，用于记录层的硬磁性金属薄膜的晶体超微颗粒（nanoparticle）的直径必须细微并且均匀。通常，已经将 CoCr 体系合金的薄膜用作记录层。为了使超微颗粒的直径较小，元素比如 V、Nb 等已加入到 CoCr 体系合金中。但是，由于这种直径变得越来越小，控制超微颗粒的直径的分布已经变为很难，因此很难制造适合于更高的密度记录的记录层。

作为相对容易获得用于记录层的细微的并且均匀的直径的硬磁性超微颗粒的技术，Sun 等人在 Science (287th volume No.17 (2000) pp.1989) 中和 JP, 2000-54012, A 中提出了化学方法。根据这种方法，硬磁性超微颗粒在化学上化合并通过分子间的力自发地取向，由此获得有序地取向的硬磁性超微颗粒。在记录层中，其中使超微颗粒以这种方式取向，减小超微颗粒的交换相互作用和静磁交互作用，并降低

记录媒体噪声。但是，由于这些交互作用减小，记录的磁化的热稳定性也降低了。

为提高热稳定性，需要考虑使用具有高磁各向异性性能的材料。有序合金比如 FePt、CoFe 和 FePd 都是适合的材料。

如果通过上述的技术化学地化合，则比如 FePt 的超微颗粒具有较低的磁各向异性性能和低的矫顽磁力，通过上述的技术化合的超微颗粒并不能用于记录和再现。然后，为提高磁各向异性性能，在大约 600 °C 的温度下执行热处理以使超微颗粒成为有序合金。从防止超微颗粒的氧化的观点看在真空的环境中实施热处理。

但是，即使简单地执行热处理，硬磁性超微颗粒的磁性取向在三维中保持随机。因此，即使试图将垂直记录方法用于高密度记录和再现，并不能获得足够的再现和输出，并且不能执行高密度的记录和再现。

此外，热处理降低了包括在垂直磁存储媒体中的软磁性衬垫层的性能，该垂直磁存储媒体是由多晶体比如非晶体材料和微晶体的坡莫合金制成。更具体地说，通过在高温下的热处理，矫顽磁力和磁性变形增加，软磁性衬垫层的软磁性的高频特性降低，因此不能进行高密度记录和再现。

此外，在高温热处理中，使垂直磁存储媒体的玻璃衬底和铝衬底软化，并且降低衬底的平整性。再现头必须接近垂直磁存储媒体几十纳米以再现高密度记录和再现。具有较差的平整性的垂直磁存储媒体可能造成比如磁头碰撞的问题，并且不能实施高密度的记录和再现。

发明内容

因此，考虑到上述的问题作出了本发明，本发明的一个目的是提供一种用于高密度记录和再现的垂直磁存储媒体、其制造方法和包含该垂直磁存储媒体的磁存储装置，它们基本消除由已有技术的限制和缺陷造成的一种或多种问题。

下文阐述本发明的特征和优点，其中部分从说明书和附图中可以

清楚看出，部分通过在说明书中的教导实践本发明可以得出。用于高密度记录和再现的垂直磁存储媒体、其制造方法和包含该垂直磁存储媒体的磁存储装置可以实现并达到本发明的目的以及其它特征，在说明书中完整、清楚、简明和精确的术语描述这些以使本领域的普通技术人员能够实现本发明。

根据本发明的目的并为实现这些和其它的优点，如在此的具体表述和一般地描述，本发明提供如下的用于高密度记录和再现的垂直磁存储媒体、其制造方法和包含该垂直磁存储媒体的磁存储装置。

本发明提供包括通过将硬磁性超微颗粒设置在衬底上形成的记录层的垂直磁存储媒体，其中该硬磁性超微颗粒的平均直径的范围在 2 纳米和 10 纳米之间，它的标准偏差小于该超微颗粒的平均直径的 10%，在硬磁性超微颗粒之间的平均间隔的范围在 0.2 纳米和 5 纳米之间，并且记录层的易磁化轴垂直于衬底的表面。

在本发明中，使硬磁性超微颗粒的直径极小，控制超微颗粒的直径的分布，并且在硬磁性超微颗粒之间的平均间隔被控制到一个固定的范围。因此，抑制了在硬磁性超微颗粒之间的交换作用和静磁交互作用，并且减小了记录媒体噪声。此外，记录层的易磁化轴设置成垂直于衬底表面，即记录层具有垂直的磁各向异性，以使通过垂直磁存储器实现足够的再现输出。以这种方式可以实现高密度记录和再现。

在此“记录层的易磁化轴垂直于衬底的表面”是指每个硬磁性超微颗粒的易磁化轴大致垂直地对齐，并且呈一定角度分布。角度分布以比率 H_{C2}/H_{C1} 表示，这里 H_{C1} 表示在与衬底表面（即记录层的薄膜的表面）垂直的方向上的矫顽磁力的垂直矫顽磁力， H_{C2} 表示在与衬底表面平行的方向上的矫顽磁力的面内矫顽磁力。比率 H_{C2}/H_{C1} 优选为 30% 或更小，更为优选的是 10% 或更小。这里，比率足够小，在记录之后的剩余磁性的磁化跃迁区的宽度变窄，并且实现了适合于高密度记录和再现的垂直磁存储器。

本发明的硬磁性超微颗粒包含从由 Fe、Co、Ni、Pt 和 Pd 组成的组中选择的至少两种或更多种元素。

本发明使用合金，比如 FePt 和 CoPd 用于形成记录层的硬磁性超微颗粒。该合金具有铁磁性、高磁各向异性能和高垂直矫顽磁力，因为易磁化轴垂直于衬底设置。因此，形成了具有较小的磁化跃迁区的记录位，并且在高密度记录和再现中可以实现足够再现输出。此外，例如通过在磁场中热处理合金可以提供更强的矫顽磁力，这种热处理调整了原子排列，并且可以使硬磁性超微颗粒的易磁化轴与衬底表面垂直对齐。在此，Fe、Co 和 Ni 中的仅一种元素的硬磁性超微颗粒具有铁磁性，但是磁各向异性能并不足以适合于高密度记录和再现。

本发明提高了一种由 Fe、Co、Ni、Al、Si、Ta、Ti、Zr、Hf、V、Nb、C 和 B 中至少一种元素的合金制成的软磁性衬垫层，由此可以防止单极磁头的磁场在记录层的水平（面内）方向扩展，以使磁场垂直地施加到记录层，形成了具有微小的磁化跃迁区的记录位。

本发明也提供这种垂直磁存储媒体的制造方法，这种方法包括如下的处理：在该处理中将磁性垂直地施加到记录层，同时对记录层实施在气体环境中的热处理。在磁场中的热处理过程使记录层的易磁化轴垂直于衬底表面。

这样，调整了合金的原子（形成了顺序合金），并且使易磁化轴垂直于衬底表面，提供了适合于高密度记录和再现的增加的垂直矫顽磁力。

本发明的制造方法提供在磁场中的热处理，这种热处理采用这样的原理：气体环境压力越高，热处理温度越低。

更低的热处理温度可以防止具有所需垂直矫顽磁力的存储媒体的记录层的平整性的降低，并且防止软磁性衬垫层的高频特性的质量降低。

本发明的热处理使用防止硬磁性超微颗粒被氧化的气体。这样，可以防止由氧化造成的矫顽磁力的质量降低。可取的是，N₂ 气体用作热处理的气体。在较低的热处理温度下可以实现所需的垂直矫顽磁力。

本发明也提供了装备有根据本发明的垂直磁存储媒体的磁存储装置。

这样，本发明的磁存储装置能够进行高密度记录和再现。

附图说明

附图 1 所示为本发明的一种实施例的垂直磁存储媒体的结构的剖面图；

附图 2 所示为本发明的一种实施例的垂直磁存储媒体的制造过程的视图；

附图 3 所示为旋涂器的轮廓结构的视图；

附图 4 所示为浸涂器的轮廓结构的视图；

附图 5 所示为使用常规状态的磁体在磁场设备中的热处理的结构剖视图；

附图 6 所示为使用超导磁体在磁场设备中的热处理的结构剖视图；

附图 7 所示为说明在垂直矫顽磁力和热处理温度之间的关系的关系的视图；

附图 8 所示为说明在构成硬磁性超微颗粒的 FePt 的 c 轴的晶格常数和热处理温度之间的关系的关系的视图；

附图 9 所示为说明在本发明的第五实施例中在垂直磁存储媒体的垂直矫顽磁力和 N₂ 气体环境压之间的关系的关系的附图；

附图 10 所示为本发明的第六和第七实施例的垂直磁存储媒体的 X-射线衍射图形的视图；

附图 11 所示为磁存储装置的实施例的原理部分的剖面图；和

附图 12 所示为在附图 11 所示的磁存储装置的实施例的原理部分的平面视图。

具体实施方式

在下文中参考附图描述本发明的实施例。

附图 1 所示为本发明的实施例的垂直磁存储媒体 10 的剖视图。如附图 1 所示，垂直磁存储媒体 10 包括衬底 11，在衬底 11 上以如下

顺序层叠有如下的层：软磁衬垫层 12、非磁性中间层 13、由硬磁性超微颗粒 17 制成的记录层 14、外涂层 15 和滑性层 16。

例如衬底 11 是结晶的玻璃衬底、钢化玻璃衬底、铝衬底、Si 晶片、塑料衬底、PET 薄膜等。从耐热的观点看优选使用结晶的玻璃衬底、Si 晶片等。

软磁衬垫层 12 是由软磁性材料形成，其厚度在 100 纳米和 2 微米之间，并且具有较高的饱和通量密度 B_s ，比如由 Fe、Co、Ni、Al、Si、Ta、Ti、Zr、Hf、V、Nb、C 和 B 中至少一种元素的细微晶体的合金和无定型合金以及合金的层叠膜。例如，使用 FeAlSi、FeTaC、NiFeNb ($B_s=0.7T$)、CoCrNb ($B_s=1.2T$) 等。软磁衬垫层 12 由电镀法、溅射法、真空蒸发法、CVD 法（化学汽相淀积法）等形成。在通过单极磁头记录时软磁衬垫层 12 用于从单极磁头中吸收所有的磁通量。为了实施饱和的记录，理想的是包含饱和通量密度 B_s 和薄膜厚度的乘积尽可能地大。此外，理想的是软磁性的高频特性例如高频导磁率尽可能地高，以便实现以较高的传递速度进行记录。在此，在环形磁头执行记录时，不需要提供软磁衬垫层 12。

非磁性中间层为 1 纳米至 50 纳米厚度，并且由非磁性材料构成，比如 Ti、C、Pt、TiCr、CoCr、SiO₂、MgO 和 Al₂O₃。此外，非磁性中间层 13 可以是包含这些材料的层叠膜。非磁性中间层 13 由溅射法、真空蒸发法、CVD 法等形式形成。形成非磁性中间层 13 例如用于截断软磁衬垫层 12 和记录层 14 的静磁相互作用。

记录层 14 包括硬磁性超微颗粒 17，每个超微颗粒为球形并且该超微颗粒对齐，无定型碳填充了在硬磁性超微颗粒 17 之间的间隙。记录层 14 的厚度设定在 3 纳米和 50 纳米之间。在此，记录层 14 可以由硬磁性超微颗粒 17 的单层或在膜厚度的方向上层叠的叠加层组成。

至于硬磁性超微颗粒 17，使用材料的合金，例如 FePt、FePd、CoPt 和 CoPd。这些合金具有较高的磁各向异性性能，提供了较高的垂直矫顽磁力。在此，合金的成分以 Fe_{100-x}Pt_x、Fe_{100-x}Pd_x、Co_{100-x}Pt_x 和 Co_{100-x}Pd_x 表示，下标表示含量的百分比。理想的 X 的范围在 20at% 和

60at%之间，更为可取的是在 35at%和 55at%之间。通过将组成成分设定在该范围中，可以实现更加高的磁各向异性性能，并获得较高的垂直矫顽磁力。

此外，N、B、C 或 P 可以加入到这些合金中作为第三元素，以实现更高的磁各向异性性能和更高的垂直矫顽磁力。

硬磁性超微颗粒 17 的超微颗粒的平均直径设定在 2 纳米和 10 纳米之间。如果该超微颗粒的平均直径超过 10 纳米，则在硬磁性超微颗粒 17 之间的间隔空间（该间隔是非磁性的）变大，造成记录媒体噪声增加。如果设定该超微颗粒的平均直径小于 2 纳米，则在室温下硬磁性超微颗粒 17 易于变成超顺磁，造成不能维持铁磁性。

此外，硬磁性超微颗粒 17 的直径的标准偏差设定在硬磁性超微颗粒 17 的平均直径的 10%或更小。如果标准偏差超过硬磁性超微颗粒 17 的平均直径的 10%，则硬磁性超微颗粒 17 的静磁交互作用的分布变大，并且记录媒体噪声增加。

此外，在硬磁性超微颗粒 17 之间的间隙的平均值（即在相邻的硬磁性超微颗粒 17 的平均间隔）设定在 0.2 纳米和 5 纳米之间。如果平均间隔超过 5 纳米，在硬磁性超微颗粒 17 之间的非磁性的间隔部分的体积变大，并且记录媒体噪声增加，或者再现输出降低。如果平均间隔小于 0.2 纳米，则在硬磁性超微颗粒 17 之间的交换交互作用增加，并且记录媒体噪声增加。

一般，记录层 14 的易磁化轴垂直于衬底表面。更详细地说，硬磁性超微颗粒 17 的易磁化轴大致垂直，并且具有角度分布。该角度分布以比率 H_{C2}/H_{C1} 表示，这里 H_{C1} 表示垂直矫顽磁力，而 H_{C2} 表示面内矫顽磁力。该比率优选设定为小于 30%，更为可取的是小于 10%。在这个范围中，在记录之后的剩磁的磁化跃迁区的宽度变窄，由此实现了适合于高密度记录和再现的垂直磁存储媒体。

外涂层 15 的厚度为 0.5 纳米至 15 纳米，并且由碳、碳化氢、碳氮化合物等构成。外涂层 15 通过溅射法、CVD 等方法形成。

滑性层 16 的厚度为 0.5 纳米至 5 纳米，并且形成在外涂层 15 上。

滑性层 16 由例如包含全氟代聚醚作为主要链的润滑剂等构成。滑性层 16 通过浸涂法等形成。

在下文中，参考附图 2 解释本实施例的垂直磁存储媒体 10 的制造方法，该附图所示为垂直磁存储媒体 10 的制造过程。

参考附图 2，垂直磁存储媒体 10 的制造过程包括制备超微颗粒的己烷溶液的过程（步骤 101-步骤 103）、从在其中施加超微颗粒的己烷溶液的衬底 11 中制备衬底 21 的过程（步骤 104 和步骤 105）和将超微颗粒的己烷溶液施加到衬底 21 以形成记录层 14 并在磁场中执行热处理等的过程（步骤 106-步骤 109）。

首先，在制备超微颗粒的己烷溶液的过程（步骤 101-步骤 103）中，以这样顺序执行金属前体溶液的形成（步骤 101）、超微颗粒的产生（步骤 102）和超微颗粒的提炼（步骤 103）。

（金属前体溶液的形成（步骤 101））

在步骤 101 中，在 N_2 气环境中在 $100^\circ C$ 下将 Pt 的合成物（例如，0.5m mol 的乙酰丙酮铂 $Pt(C_5H_7O_2)$ ）和还原剂（例如，1.5m mol 的 1, 2-六癸烷二醇（1, 2-hexa decandiol））溶解在作为溶剂的 $20cm^3$ 的二辛醚中。

然后，Fe 的合成物（例如 1m mol 的五羰基铁 $Fe(CO)_5$ ）和稳定剂（例如 0.5m mol 的油酸和 0.5m mol 的油烯基胺）混合。这就形成了金属前体溶液。将该溶液加热到 $297^\circ C$ ，同时分馏并搅拌。通过 Pt 合成物和 Fe 的合成物的量的比率可以控制要形成的 FePt 的超微颗粒的组成成分。

（超微颗粒的产生（步骤 102））

接着，在 $297^\circ C$ 下搅拌该金属前体溶液 30 分钟，以使超微颗粒长大。因此，形成了直径为 6 纳米和平均间隙为 4 纳米的 $Fe_{50}Pt_{50}$ 的超微颗粒。通过覆盖超微颗粒的表面的稳定剂稳定该超微颗粒，并且在空气中处理该超微颗粒。

此外，通过选择稳定剂可以控制在超微颗粒之间的平均间隙。例如，如果使用己二酸和己胺（hexylamin），则可以将超微颗粒的平均

间隙设定为 1 纳米。如下文所述，虽然将要通过在磁场进行的热处理把超微颗粒转换为硬铁磁超微颗粒，但是在这个阶段它们并不具有铁磁性。

（超微颗粒的精炼（步骤 103））

接着，消除合成的副产品和与超微颗粒相关的剩余（未反应）试剂。为此，加入乙醇，并沉淀超微颗粒并离心机消除上层清液。此外，超微颗粒重新分布在己烷中，并加入乙醇。然后，沉淀超微颗粒并离心机消除上层清液，以便再次执行精炼。

接着，参考附图 2，在制备将超微颗粒的己烷溶液施加到其中的衬底 21 的过程中，以如下的顺序执行这两个过程：在衬底 11 上的软磁衬垫层 12 的薄膜形成（步骤 104）和非磁性中间层 13 的薄膜形成（步骤 105）。

（软磁衬垫层的薄膜形成（步骤 104））

在衬底 11（例如具有通过热氧化在它的表面上形成的 SiO_2 的 2.5 英寸的 Si 衬底）上，通过电镀法、真空蒸发法等方法形成软磁衬垫层 12 的薄膜。

（非磁性中间层 13 的薄膜形成（步骤 105））

通过电镀法、溅射法、真空蒸发法、CVD 等方法在软磁衬垫层 12 上形成非磁性中间层 13 的薄膜。

接着，参考附图 2，在在磁场中实施热处理的过程（步骤 106-步骤 109）等中，给已经处理为非磁性中间层 13 的衬底 21 施加超微颗粒的己烷溶液。然后，在磁场中执行热处理（步骤 107）以调整超微颗粒并产生铁磁性以及执行垂直磁各向异性。然后，以如下的顺序执行在记录层 14 上的外涂层 15 的薄膜形成（步骤 108）和将滑性层 16 应用到涂层 15（步骤 109）。

（超微颗粒的己烷溶液的应用（步骤 106））

密度为 $5\text{mg}/\text{cm}^3$ 的大约 1.3cm^3 的己烷溶液施加（例如通过旋涂器 30）到在其中已经形成了非磁性中间层 13 的衬底 21 上，在该己烷溶液中超微颗粒重新分布。附图 3 所示为旋涂器 30 的主要结构。参考

附图 3, 旋涂器 30 包括滴定包含超微颗粒的己烷溶液的进料器 31 和旋转衬底 21 的主轴 32。首先, 非磁性中间层 13 已经形成到其中的衬底 21 连接到主轴 32, 并且在附图 3 所示的箭头方向上以较低的速度旋转主轴 32。在滴定了预定量的溶液之后, 主轴 32 在箭头的方向上以较高的速度旋转主轴 32, 以使己烷溶液在整个衬底 21 上扩散。通过调整主轴 32 的旋转速度和己烷溶液的密度可以控制超微颗粒的层的数量。

可替换的是, 使用浸涂法, 而不使用旋涂法, 以便在一次操作中将己烷溶液涂在衬底 21 的两侧上。附图 4 所示为浸涂器 40 的主要结构。参考附图 4, 衬底 21 浸入填充了调整到预定密度的己烷溶液的管 41 中预定的周期, 然后在箭头表示的 Z 的方向上以恒定的速度拉衬底 21。通过调整速度和己烷溶液的密度控制超微颗粒的层数。

施加了己烷溶液的衬底 21 称为衬底 22。干燥衬底 22 大约 5 分钟。形成了 FePt 的超微颗粒的自组织, 这种超微颗粒具有多层台阶状超网格结构。这样, 具有适当取向的超微颗粒的记录层 14 形成在非磁性中间层 13 上。在此, 在这个阶段中, 由于超微颗粒在室温下不具有铁磁性, 因此记录层 14 不具有铁磁性。

(在磁场中的热处理(步骤 107))

接着, 使用热处理设备 50 执行在磁场中的热处理。首先, 具有所形成的记录层 14 的衬底 22 设置在热处理设备的室中, 在下文中详细地描述该热处理设备。排出在这个室中的空气直到气体压力变为大约 10^{-5} pa。然后, 填充预定的气体以达到预定的压力。然后, 将温度升高到预定的热处理温度, 并施加在预定的周期磁场。然后, 降低温度。

附图 5 所示为用于在磁场进行热处理的热处理设备 50。附图 5 所示为说明在正常状态(即, 不是超导磁体)中应用磁体的热处理设备 50 的结构剖视图。

参考附图 5, 热处理设备 50 包括在正常状态中的两个磁体 52, 在两个磁体 52 里面相对着的两个加热器 51 和在两个磁头里面的夹具

(未示), 每个磁体具有彼此不同并且相对着的两个磁极, 该夹具固定在基上已经形成了记录层 14 的衬底 22 和包围着衬底 22 的室 53。至于加热器 51, 使用陶瓷加热器(PBN 加热器(热分解氮化硼加热器))或者加热灯。此外, 在正常状态下的磁体 52 用于均匀地在衬底 22 上施加直流磁场。

衬底 22 固定到夹具上, 并且在垂直的方向上(例如在附图的箭头表示的 H 所示的方向)通过在正常状态下的磁体 52 将直流磁场施加到衬底 22, 同时加热器加热衬底 22。

此外, 热处理设备使用超导磁体而不使用在正常状态下的磁体 52。附图 6 所示为使用超导磁体的热处理设备 60 的结构剖视图。

参考附图 6, 热处理设备 60 包括柱状超导磁体 63、设置在超导磁体 63 的中心开口上的加热器 62、用于在加热器 62 中设置衬底 22 的单盘处理夹具(未示)和包围衬底 22 的室 61。加热器 62 与由热处理设备 50 所使用的加热器 51 相同。衬底 22 设置在单盘处理夹具上, 并且通过加热器 62 加热衬底 22, 同时通过超导磁体 63 将在垂直方向(例如在由附图 6 中的箭头表示的 H 的方向)上的直流磁场施加到衬底 22。

不管通过正常状态下的磁体 52 还是通过超导磁体 63 产生磁场, 该磁场的强度都设置在 790kA/m (10kOe) 和 7900kA/m (100kOe) 之间。如果磁场强度在 790kA/m (10kOe) 之下, 则硬磁性超微颗粒 17 不会垂直取向到满意的程度。另外, 如果磁场强度超过 7900kA/m (100kOe) 之上, 则超导磁体 63 等变大, 使热处理设备不实用。

热处理的温度在 200 和 600°C 之间。如果温度超过 600°C , 则虽然可以获得较高的矫顽磁力, 但是衬底(比如结晶的玻璃衬底)将会变软并且降低平整性。另一方面, 如果温度低于 200°C , 则不能获得硬磁性超微颗粒 17 的足够矫顽磁力。热处理的温度优选设置在 300 和 500°C 之间的范围中。在本温度范围中, 可以使用钢化玻璃作为衬底材料, 并且可以防止软磁衬垫层磁特性的恶化。

为进行热处理, 从 N_2 、 He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe 和 H_2 的组中选择

的至少一种气体可以作为热处理的环境气体。通过应用具有惰性或还原特性的气体，可以防止软磁衬垫层 12 和硬磁性超微颗粒 17 的氧化。理想的是作为热处理的环境气体的气体是 N_2 。 N_2 被认为可用于以处理的合金形成干预型合金，比如 FePt，这种合金构成了硬磁性超微颗粒 17，由此形成了比允许热处理温度更低的 Ar 等具有更高的垂直矫顽磁力。

此外，热处理的气体环境的压力优选设置在 1 和 10^{+6} Pa 之间的范围中。在给定的热处理温度下，压力越高，记录层 14 的矫顽磁力越高。如果压力低于 1Pa，则矫顽磁力不增加。更为可取的是，压力设置在 10^{+3} Pa 至 10^{+6} Pa 的范围中。

热处理的时间是温度保持在预定的温度并且以预定的强度施加磁场的的时间，热处理器的时间设置在 10 至 20 分钟之间的范围中。虽然随着热处理时间设置得更长矫顽磁力会增加，但是从生产效率的观点看该时间优选为大约 30 分钟。

（外涂层 15 的薄膜形成（步骤 108））

接着在记录层 14 上形成外涂层 15。对于外涂层 15，可以使用碳、碳化氢、碳化氮等。例如，通过在 Ar 和 H_2 气体的混合气体环境中通过溅射碳形成碳化氢的外涂层 15，其中通过 H_2 气体调整局部压力。

（滑性层 16 的形成（步骤 109））

接着，将润滑剂施加到外涂层 15 以形成滑性层 16。为此，例如使用包含全氟代聚醚作为主要链的润滑剂。例如，通过浸渍由 Ausimont 生产的 Fomblin AM3001 溶液形成滑性层。

以上述的方式形成在附图 1 中所示的垂直磁存储媒体 10。

在下文中，描述本发明的实施例 1 至 7，与没有根据本发明的比较实例形成对比。

（实施例 1）

实施例 1 的垂直磁存储媒体如附图 1 所示地构造，它包括通过热氧化 Si 晶片的表面形成的 SiO_2 的表面上的衬底 11、由 200 纳米厚度的细微 FeAlSi 晶体构成的软磁衬垫层 12、由 10 纳米厚的 Al_2O_3 构成

的非磁性中间层 13 和由 $\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50}$ 的硬磁性超微颗粒形成的记录层 14、由 4 纳米厚的碳化氢构成的外涂层 16 和由 Fomblin AM3001 构成的 1.0 纳米厚的滑性层。

执行下述的步骤：

在 $1.5 \times 10^4 \text{Pa}$ 下在减压的 N_2 的环境中通过施加 3950KA/m (50kOe) 的磁场执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在三种温度条件（即， 460°C 、 480°C 和 530°C ）下执行热处理。

构成记录层 14 的 $\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50}$ 的硬磁性超微颗粒 17 的平均直径为 6.0 纳米，超微颗粒的直径的标准偏差为超微颗粒的平均直径的 8%，并且在超微颗粒之间的平均间隔是 4.0 纳米。在此，使用 HRTEM（高分辨率传输电子显微镜）通过对记录层 14 的图像照相进行测量。使用照相显示放大 2 百万倍的图像，测量所拍摄的 100 个硬磁性超微颗粒 17 的区域。假设每个超微颗粒的图像为圆形，则获得 100 个超微颗粒的直径，然后获得超微颗粒的平均直径和该超微颗粒的直径的标准偏差。通过测量在 100 个硬磁性超微颗粒 17 之间的间隔获得硬磁性超微颗粒 17 的平均间隔。

（实施例 2）

与实施例 1 类似地构造实施例 2 的垂直磁存储媒体。

在 $1.5 \times 10^4 \text{Pa}$ 下在减压的 Ar 的环境中通过施加 3950KA/m (50kOe) 的磁场执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在四种温度条件（即， 460°C 、 480°C 、 530°C 和 560°C ）下执行热处理。

（实施例 3）

与实施例 1 类似地构造实施例 3 的垂直磁存储媒体。

在 $2.5 \times 10^5 \text{Pa}$ 下在加压的 N_2 气体环境中通过施加 3950KA/m (50kOe) 的磁场执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在两种温度条件（即， 360°C 和 400°C ）下执行热处理。

（实施例 4）

与实施例 1 类似地构造实施例 4 的垂直磁存储媒体。

在 $2.5 \times 10^5 \text{Pa}$ 下在加压的 Ar 的气体环境中通过施加 3950KA/m (50kOe) 的磁场执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在三种温度条件 (即, 360°C 、 400°C 和 430°C) 下执行热处理。

(比较实例 1)

与实施例 1 类似地构造比较实例 1 的垂直磁存储媒体,但这种垂直磁存储媒体不属于本发明。

在 $2 \times 10^4 \text{Pa}$ 下在真空中通过施加 3950KA/m (50kOe) 的磁场执行在形成记录层之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在两种温度条件 (即, 530°C 和 580°C) 下执行热处理。

附图 7 所示为在垂直矫顽磁力和热处理温度之间的关系。附图 7 清楚地显示随着热处理的温度变高实施例 1-4 的垂直磁存储媒体的垂直矫顽磁力 H_{c1} 增加。例如,在实施例 3 的热处理温度为 400°C 时,垂直矫顽磁力 H_{c1} 为 514kA/m 。在这种条件下,测量在水平方向上的面内矫顽磁力 H_{c2} 为 130kA/m 。因此面内 (水平) 矫顽磁力与垂直矫顽磁力之比 H_{c2}/H_{c1} 为 25%,表明易磁化轴垂直于衬底。

相反,附图 7 所示说明了在 580°C 的更高的热处理温度下在比较实例 1 的垂直磁存储媒体的情况下垂直矫顽磁力并不增加。

通过将实施例 1 与实施例 3 进行比较,并且将实施例 2 与实施例 4 进行比较,附图 7 进一步显示对于相同的气体在气体环境的压力更高时在更低的热处理温度下获得相同的垂直矫顽磁力。

此外,如果将实施例 1 与实施例 2 进行比较,或者将实施例 3 与实施例 4 进行比较,显示为获得相同的垂直矫顽磁力对于相同的气体环境压力 N_2 的气体环境比 Ar 气体环境要求更低的热处理温度。

附图 8 所示为构成硬磁性超微颗粒的 FePt 的 c 轴中的晶格常数和热处理温度之间的关系。参考附图 8,热处理温度越高,c 轴的晶格常数越多。通常,FePt 超微颗粒的 c 轴的晶格常数越小,调整超微颗粒越小。因此,附图 8 显示热处理温度越高,调整程度越高。如果将实施例 1 与实施例 3 相比,或者将实施例 2 与实施例 4 相比,可以得知对于相同的气体压力通过热处理使在 N_2 气体环境中的 c 轴的晶格常

数在 Ar 气体环境中的常数更小（即获得更高的调整度）。在此，通过 X-射线衍射计方法测量晶格常数。

（实施例 5）

与实施例 1 类似地构造实施例 5 的垂直磁存储媒体。

在 530℃ 下在 N₂ 气体环境中通过施加 3950KA/m（50kOe）的磁场执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟。在三种气体压力条件（即，5Pa、1.5×10²Pa 和 1.5×10⁴Pa）下执行热处理。

（比较实例 2）

与实施例 1 类似地构造比较实例 2 的垂直磁存储媒体，这种垂直磁存储媒体不属于本发明。

为执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理，将 N₂ 气体压力设定为 2×10⁻⁴Pa，其余所有的系数都与实施例 5 中的系数相同。

附图 9 所示为在实施例 5 和比较实例 2 的垂直磁存储媒体的垂直矫顽磁力和 N₂ 环境气体压力之间的关系。如附图 9 所显示，比较实例 2 并不提供较高的垂直矫顽磁力，而在实施例 5 中随着 N₂ 气体环境压力变高提供了更高的垂直矫顽磁力。如图所示特别是在超过大约 1Pa 时垂直矫顽磁力增加。

（实施例 6）

与实施例 1 类似地构造实施例 6 的垂直磁存储媒体。

在如下的条件下执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟：在 1.5×10⁴Pa 下在减压的 N₂ 气体环境中，施加 3950KA/m（50kOe）的磁场，在 460℃ 下。

（实施例 7）

与实施例 1 类似地构造实施例 7 的垂直磁存储媒体。

在如下的条件下执行在形成记录层 14 之后的在磁场中的热处理 30 分钟：在 2.5×10⁵Pa 下在加压的 N₂ 气体环境中，施加 3950KA/m（50kOe）的磁场，在 460℃ 下。

附图 10 所示为实施例 6 和 7 的垂直磁存储媒体的 X-射线衍射图形。参考附图 10，所示 FePt 顺序合金的面心四方（fct）晶格的峰值，

它显示了通过实施例 6 和 7 获得的 FePt 顺序合金的所需的调整。具体地说，在附图 10 中的上部曲线所表示的实施例 7 在热处理中使用更高的气体压力，获得了更为陡峭的峰值，即实现了比通过下部曲线所表示的使用更低的气体压力的实施例 6 更高的调整程度。

接着参考附图 11 和附图 12 解释本发明的磁存储装置的实施例。附图 11 所示为说明该实施例的磁存储装置的原理部分的剖视图。附图 12 所示为说明该实施例的磁存储装置的原理部分的平面图。

如附图 11 和 12 所示，磁存储装置 120 包括马达 124、轮毂 125、两个或多个垂直磁存储媒体 126、两个或多个记录 and 再现头 127、两个或多个悬架 128、两个或多个臂 129 和致动器单元 121，所有的这些部件都容纳在壳体 123 中。垂直磁存储媒体 126 连接到通过马达 124 旋转的轮毂 125。记录和再现头 127 是复合型磁头，其中记录头使用薄膜型记录头，而再现头使用 MR 元件（磁阻效应型元件）、GMR 元件（较大的磁阻效应型元件）或 TMR 元件（隧道磁效应型元件）。记录头可以使用单极磁头或者环形磁头。每个记录和再现头 127 通过悬架 128 连接到相应的臂 129 的顶部。臂 129 通过致动器单元 121 驱动。这种磁存储装置本身的基本构造是公知的，因此在此省去了对其的详细解释。

本发明的磁存储装置 120 的特征在于安装了本发明的实施例 1-7 的垂直磁存储媒体 126，这种垂直磁存储媒体具有如附图 1 所示的层状结构。垂直磁存储媒体 126 的数量并不限于三个，而是可以使用任何数量的垂直磁存储媒体。

磁存储装置 120 的基本构成并不限于在附图 11 和 12 中所示的结构。本发明所使用的垂直磁存储媒体 126 并不限于磁盘。

虽然上文完整且详细地解释了本发明的优选实施例，但是在不脱离本发明的范围的前提下可以作出各种变型和修改。

此外，虽然解释了本发明的实施例，在实施例中垂直磁存储媒体具有软磁衬垫层 12 和非磁性中间层 13，但是这些层不是必不可少的。例如，根据记录头的方法例如单磁极头方法形成软磁衬垫层 12。此外，

不包括软磁衬垫层 12 和非磁性中间层 13 的结构已经证明它的特征类似于在实施例 1-7 的附图 8 至附图 11 中所示的特征。

如上文详细地描述的那样，本发明提供了一种能够进行高密度记录和再现的垂直磁存储媒体及其制造方法，其中硬磁性超微颗粒具有垂直磁场取向而不降低衬底的平整性和软磁性衬垫层的软磁体特性。

此外，本发明并不限于这些实施例，而是在不脱离本发明的范围的前提下可以作出各种变型和修改。

本申请基于在日本专利局 2002 年 6 月 10 日申请的日本优先权申请 No.2002-168411，在此将其整个内容结合在本申请中。

图1

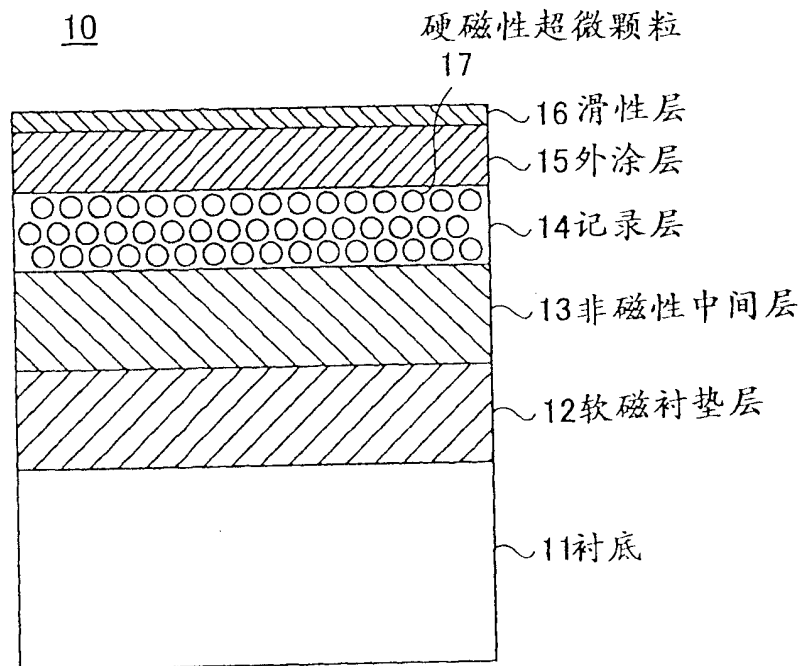


图2

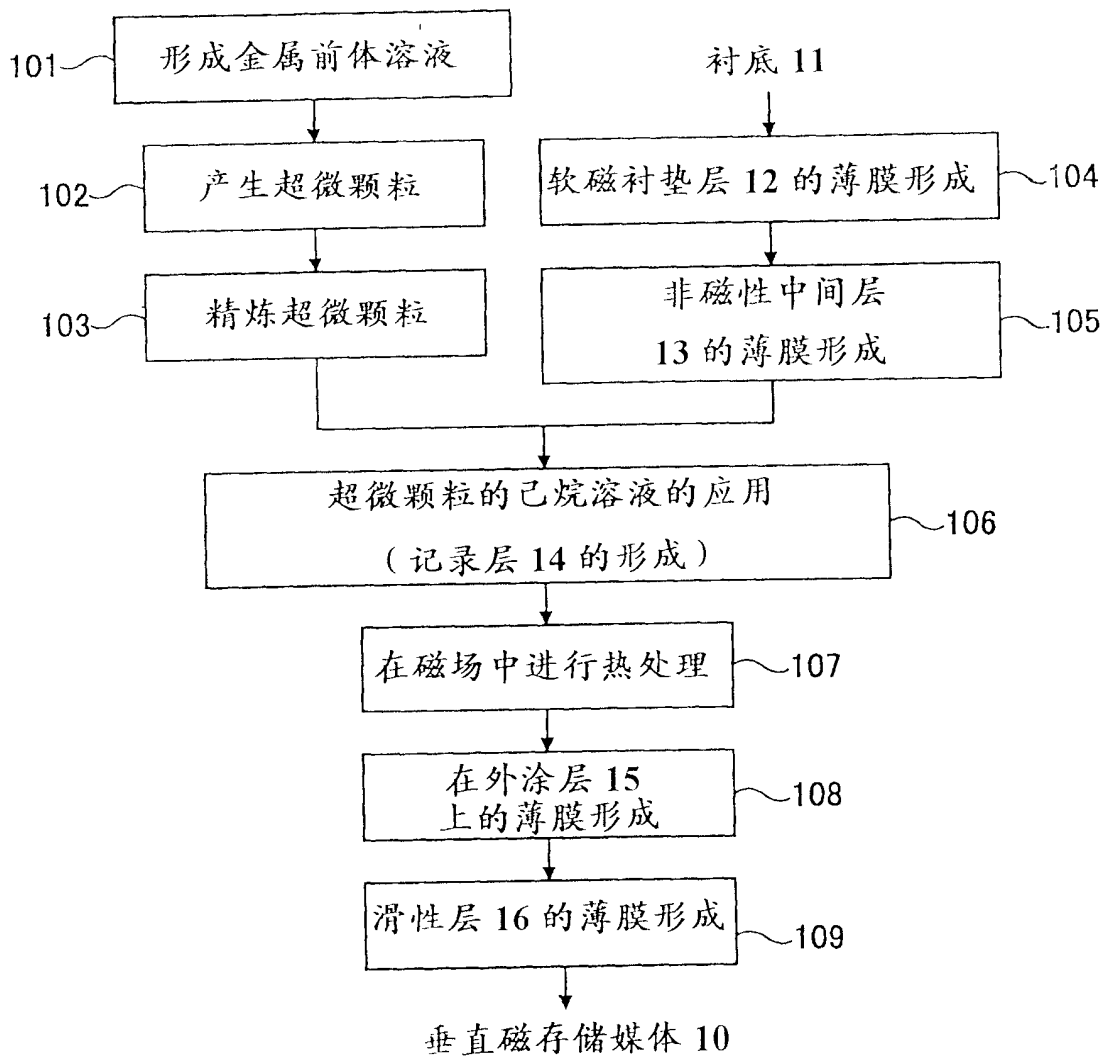


图3

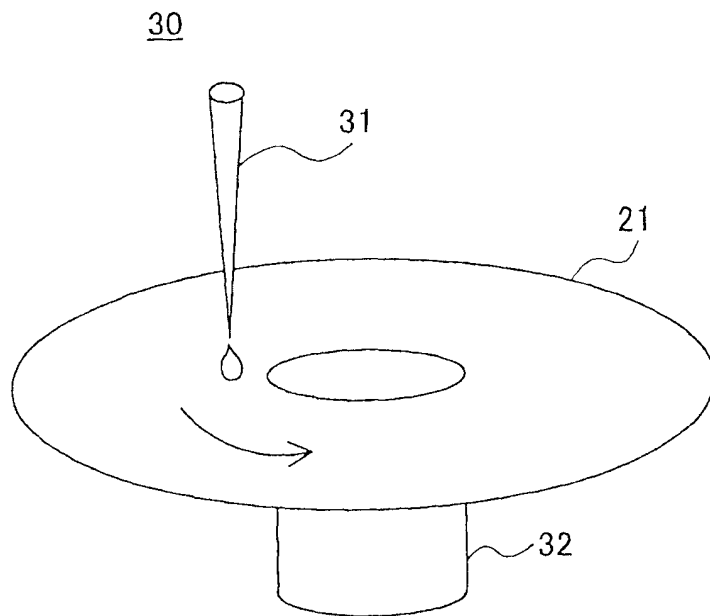


图4

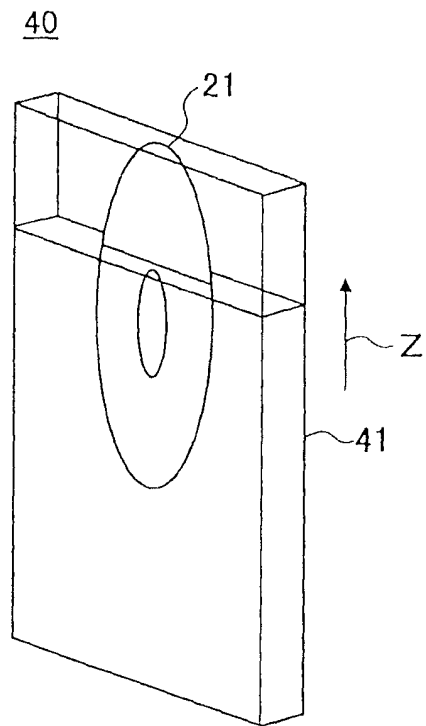


图5

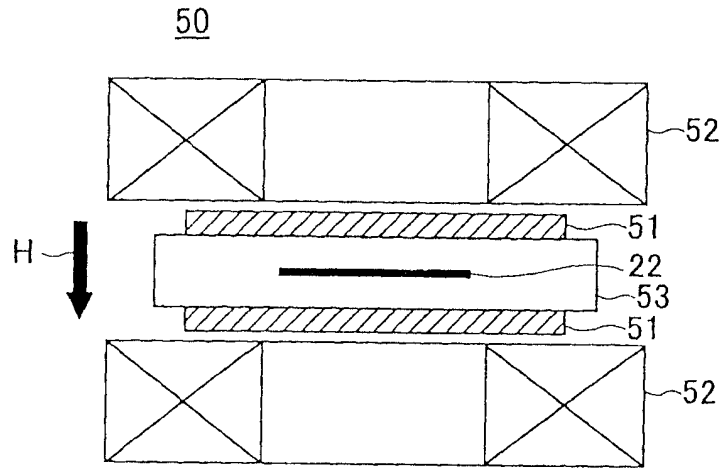


图6

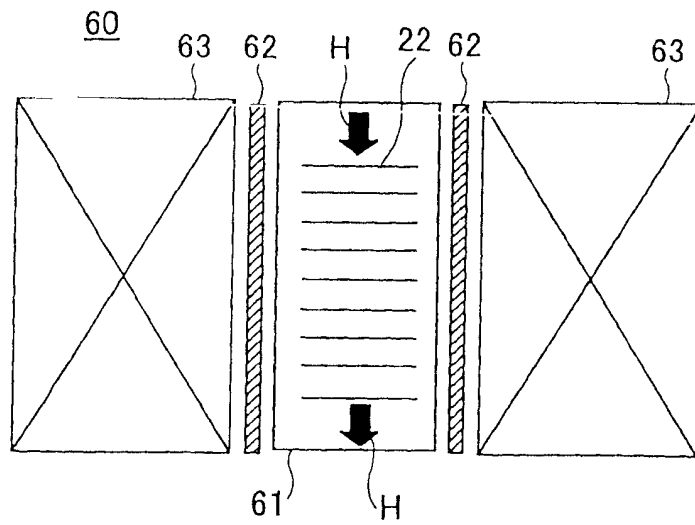


图7

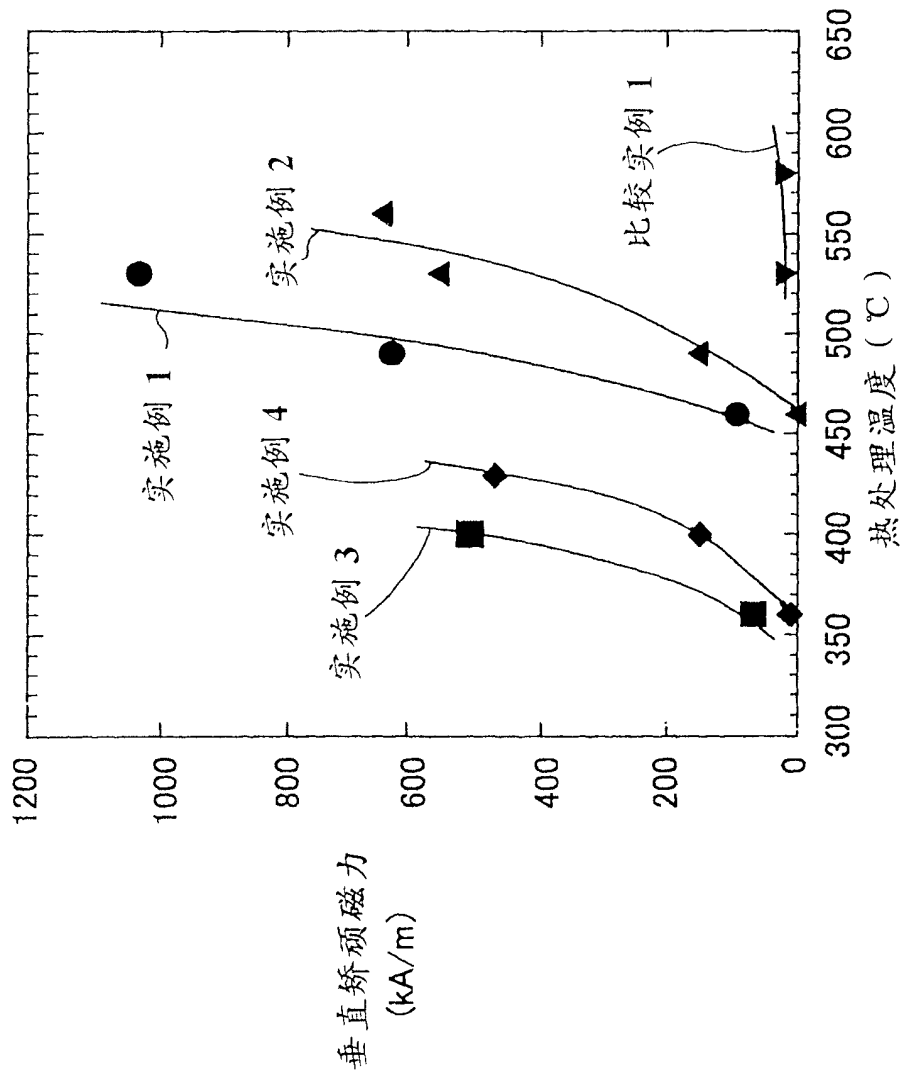


图8

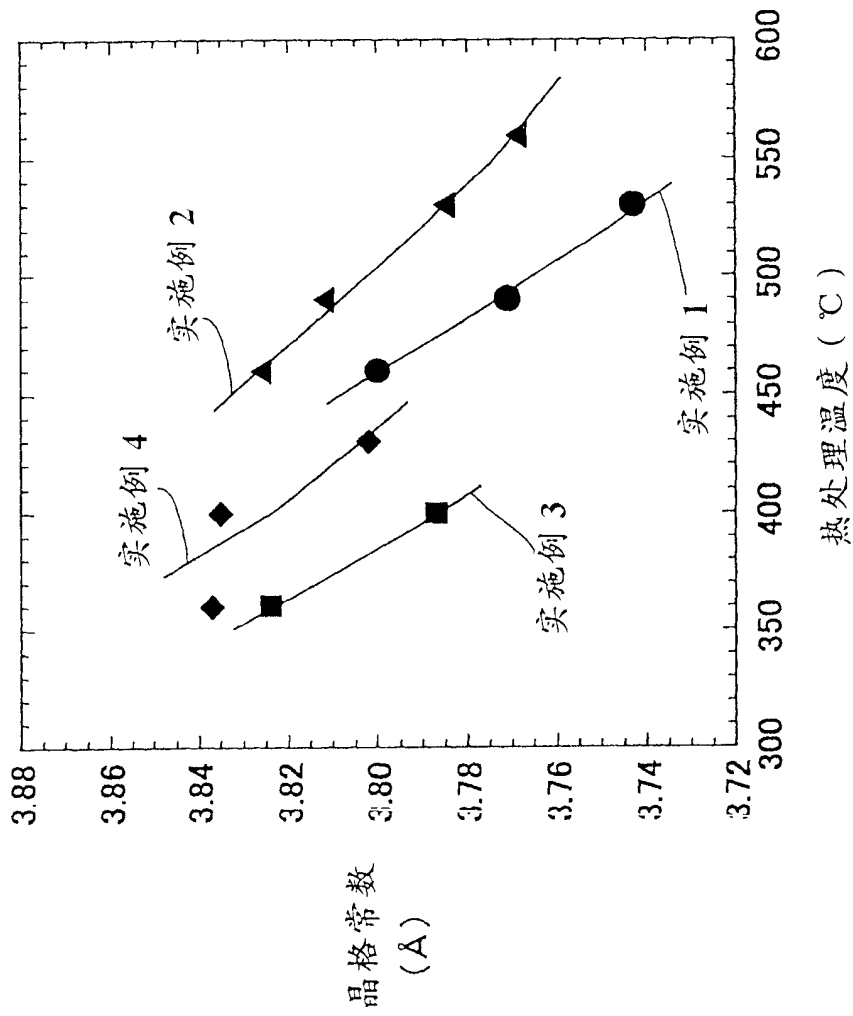
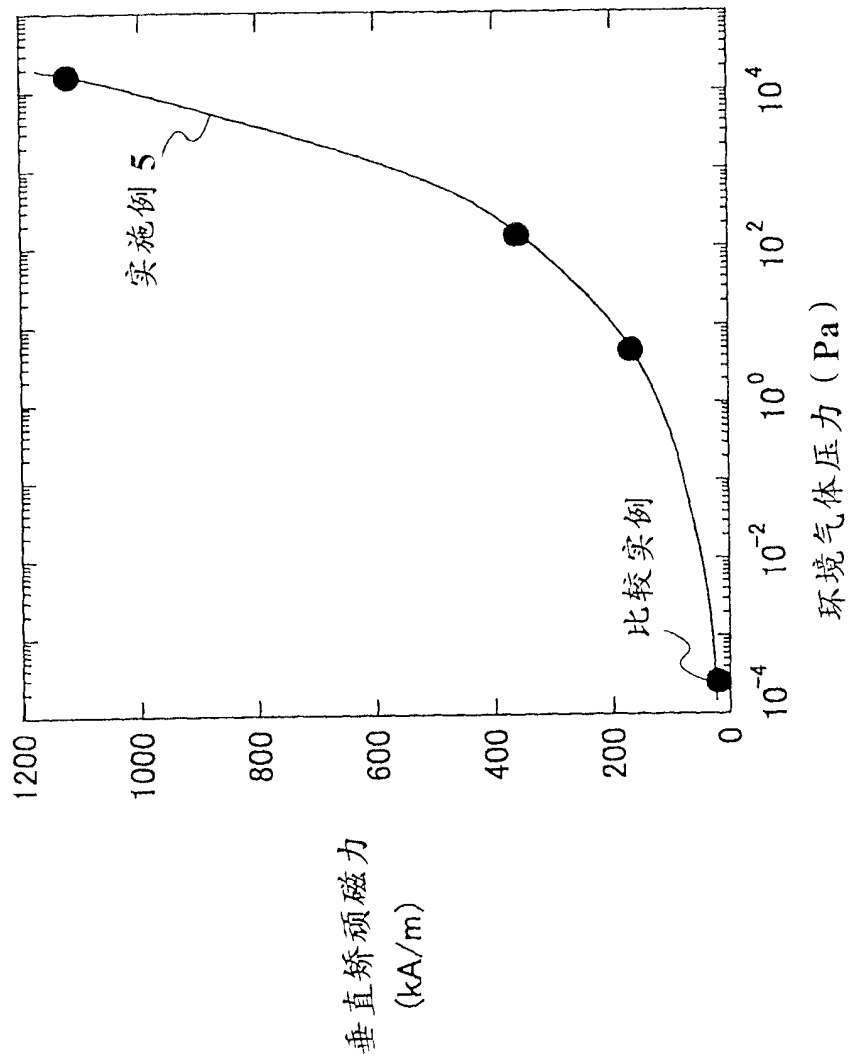


图9



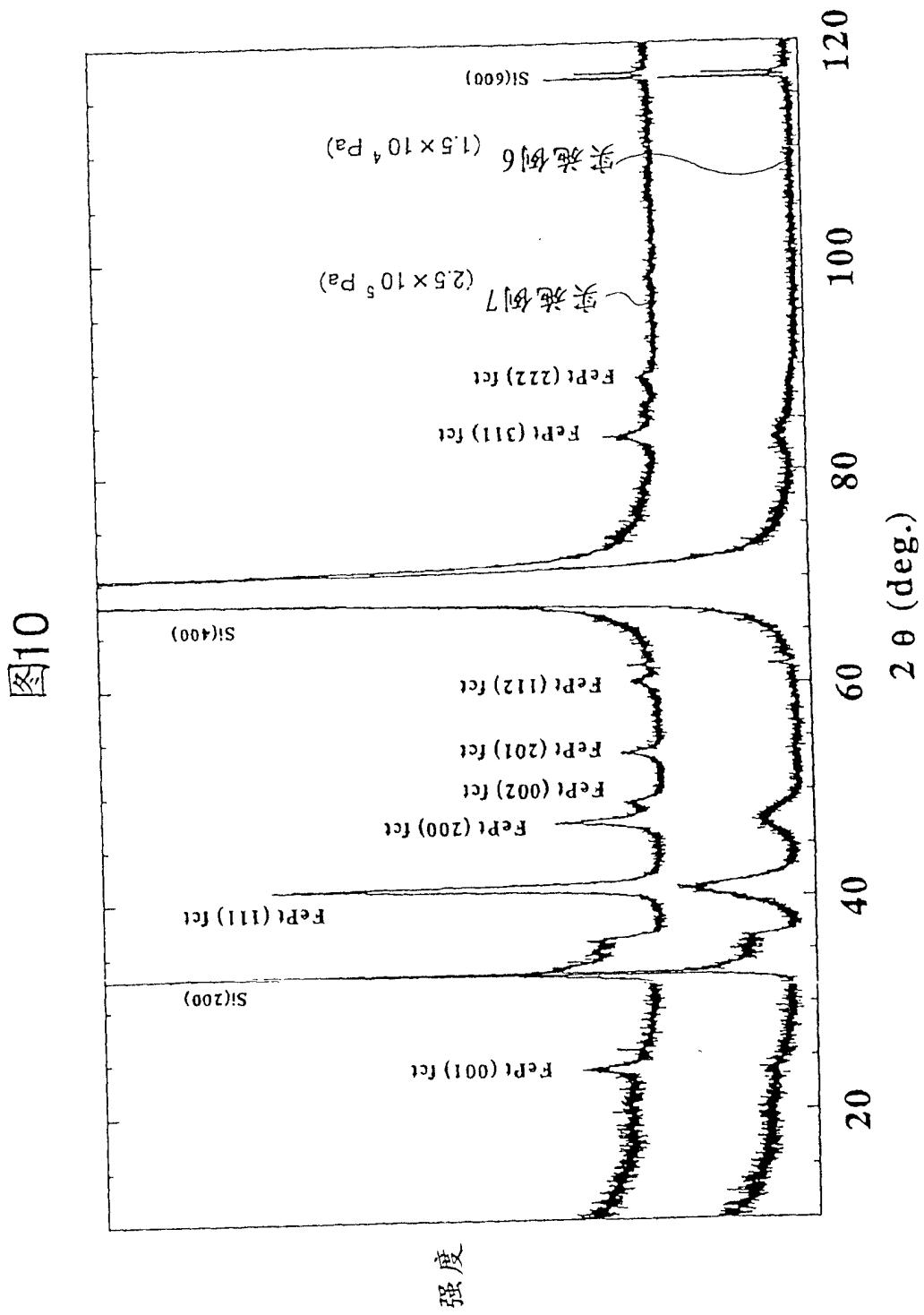


图11

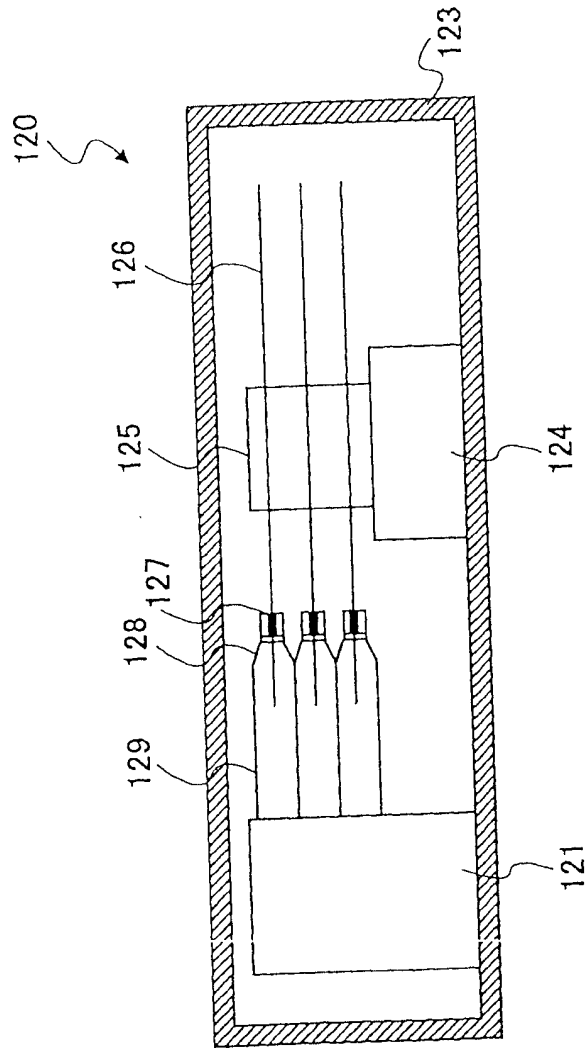


图12

