



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102460650 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201080028305. 3

(22) 申请日 2010. 04. 16

(30) 优先权数据

2009-150055 2009. 06. 24 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/056855 2010. 04. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/150590 JA 2010. 12. 29

(73) 专利权人 佳能安内华股份有限公司

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 恒川孝二 永峰佳纪 古川真司

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.

H01L 21/26(2006. 01)

H01L 43/12(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2002/0005168 A1, 2002. 01. 17, 说明书第 28、32、38-42 段及附图 2、4.

US 5382311 A, 1995. 01. 17, 说明书第 4 栏第 22-35 行、第 8 栏第 21-39 行及附图 2-3.

WO 2008/032745 A1, 2008. 03. 20, 全文.

CN 1177830 A, 1998. 04. 01, 全文.

JP 特开 2008-166706 A, 2008. 07. 17, 全文.

JP 特开 2003-124134 A, 2003. 04. 25, 全文.

US 7226488 B2, 2007. 06. 05, 全文.

审查员 肖箫

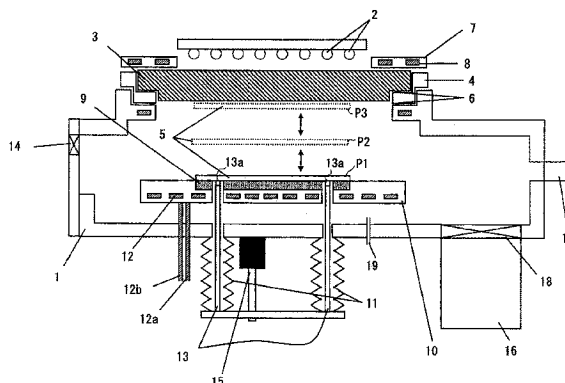
权利要求书2页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

真空加热 / 冷却装置及磁阻元件的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种能够在成膜处理之后在维持高真空度的状态下仅急速地加热和急速地冷却基板的真空加热 / 冷却装置。根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置包括真空室 (1)、发出加热光的卤素灯 (2)、用于允许加热光进入真空室 (1) 的石英窗 (3)、具有冷却功能的基板支撑台 (9)、以及使基板 (5) 停在加热位置 (P3) 和冷却位置 (P1) 并且使基板 (5) 在加热位置 (P3) 与冷却位置 (P1) 之间移动的升降销 (13)。



CN 102460650 B

1. 一种在真空中加热 / 冷却基板的真空加热 / 冷却装置, 该装置包括:
真空室;
放射能量源, 其被配置在所述真空室的大气侧并且放射加热光;
入射部, 其用于使来自所述放射能量源的加热光进入所述真空室;
配置在所述真空室内部并且具有冷却机构的构件, 该构件能由所述冷却机构冷却; 以及

基板移动机构, 其具有用于保持所述基板的基板保持部, 所述基板移动机构使所述基板保持部停在加热位置和与所述加热位置不同的冷却位置, 并且还使所述基板保持部在所述加热位置和所述冷却位置之间移动, 其中,

所述加热位置是当所述基板被加热时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述放射能量源的位置, 所述冷却位置是当所述基板被冷却时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述构件的位置或者是所述基板被载置于所述构件的位置,

所述构件由介电体制成, 与用于导入电的导线接触或者内置有所述导线, 并通过静电吸附所述基板, 并且

所述由介电体制成的构件在与所述基板的背面接触的面中刻有槽, 并且所述槽被连接到用于从所述大气侧导入气体或者将气体排到所述大气侧的至少一对气体管路。

2. 根据权利要求 1 所述的真空加热 / 冷却装置, 其特征在于,

所述由介电体制成的构件被配置成与由制冷剂冷却的冷却套接触。

3. 根据权利要求 1 所述的真空加热 / 冷却装置, 其特征在于, 还包括

控制部件, 其控制所述基板移动机构, 使得当所述基板通过照射所述加热光而被加热时, 使所述基板停在靠近所述放射能量源的所述加热位置处, 而在完成加热之后, 使所述基板远离所述放射能量源并靠近所述构件, 并且当所述基板被冷却时, 所述基板被载置于所述构件上并且停在所述冷却位置, 所述构件通过静电吸附所述基板。

4. 根据权利要求 1 所述的真空加热 / 冷却装置, 其特征在于, 还包括

控制部件, 其控制所述基板移动机构, 使得当所述基板通过照射所述加热光而被加热时, 使所述基板停在靠近所述放射能量源的所述加热位置处, 而在完成加热之后, 使所述基板远离所述放射能量源并靠近所述构件, 并且当所述基板被冷却时, 所述基板被载置于所述构件上并且停在所述冷却位置处, 所述构件通过静电吸附所述基板, 并且气体被导入到刻在所述构件中的槽内。

5. 一种在真空中加热 / 冷却基板的真空加热 / 冷却装置, 该装置包括:

真空室;

放射能量源, 其被配置在所述真空室的大气侧并且放射加热光;

入射部, 其用于使来自所述放射能量源的加热光进入所述真空室;

配置在所述真空室内部并且具有冷却机构的构件, 该构件能由所述冷却机构冷却;

基板移动机构, 其具有用于保持所述基板的基板保持部, 所述基板移动机构使所述基板保持部停在加热位置和与所述加热位置不同的冷却位置, 并且还使所述基板保持部在所述加热位置和所述冷却位置之间移动; 以及

配置于所述真空室内部的磁体, 其中,

所述加热位置是当所述基板被加热时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述放射

能量源的位置,所述冷却位置是当所述基板被冷却时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述构件的位置或者是所述基板被载置于所述构件的位置,

所述磁体产生与所述基板位于所述冷却位置时的基板面平行并且也在所述基板面中平行排列的磁力线,

所述构件由介电体制成,与用于导入电的导线接触或者内置有所述导线,并通过静电吸附所述基板,并且

所述由介电体制成的构件在与所述基板的背面接触的面中刻有槽,并且所述槽被连接到用于从所述大气侧导入气体或者将气体排到所述大气侧的至少一对气体管路。

6. 根据权利要求 5 所述的真空加热 / 冷却装置,其特征在于,

所述磁体被反射器包围,所述反射器反射所述加热光使得所述磁体不被所述加热光直接照射。

7. 根据权利要求 6 所述的真空加热 / 冷却装置,其特征在于,
所述反射器通过与制冷剂接触而被冷却。

8. 根据权利要求 5 所述的真空加热 / 冷却装置,其特征在于,
所述磁体是电磁体,并且对所述基板施加 25 高斯以上的磁场。

9. 根据权利要求 5 所述的真空加热 / 冷却装置,其特征在于,
所述磁体是永磁体,并且对所述基板施加 25 高斯以上的磁场。

真空加热 / 冷却装置及磁阻元件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在真空中高速加热 / 冷却半导体器件、电子器件、磁性器件、显示器件等的真空加热 / 冷却装置以及磁阻元件的制造方法。

背景技术

[0002] 具有氧化镁隧道阻挡层的用作磁性随机存取存储器 (MRAM) 的传感器元件或者磁头的隧道磁阻元件形成金属膜 (磁性膜和非磁性膜) 和绝缘体膜以多层形式被层叠 (laminate) 的结构。这种磁阻元件是通过具有良好生产性的溅射法成膜的, 然后, 在其他装置 (磁场中的热处理炉) 中在施加 1 特斯拉 (tesla) 以上的高磁场的状态下实施热处理 (参见非专利文献 1)。作为氧化镁隧道阻挡层的形成方法, 已公开了如下方法: 通过 RF 溅射氧化镁靶的直接溅射成膜方法 (参见专利文献 1), 通过反应性溅射法在氧气氛中形成金属镁膜, 并且在形成金属镁膜之后在最后阶段施加氧化处理的方法 (参见专利文献 2); 在形成金属镁膜之后施加氧化处理, 然后在最后阶段再次形成金属镁膜的方法 (参见专利文献 3); 在形成金属镁膜之后施加氧化处理, 并且经受热处理, 然后再次形成金属镁膜以及再次经受热处理 (参见专利文献 4) 等。

[0003] 作为更高质量氧化镁隧道阻挡层的形成方法, 如非专利文献 2 中公开的, 已知如下方法: 在通过 RF 溅射法使氧化镁靶直接经受溅射成膜之后立即在将基板保持在真空的同时用红外线照射基板并且促进氧化镁膜的结晶化。

[0004] 作为在真空中高速加热基板的方法, 在形成半导体元件的步骤中, 如专利文献 5 公开的, 已知如下方法: 经由诸如 O 形环等真空密封构件透过加热光的窗被设置在真空室中, 并且被保持在真空室中的基板由配置在大气侧并且放射辐射热的放射能量源加热, 该放射能量源例如为红外线灯等。

[0005] 此外, 作为急速地冷却被加热的基板的方法, 如专利文献 6 中公开的, 已知通过将基板移到与加热室相邻并且与加热室热隔离的室来冷却基板的方法。在该方法的冷却方法中, 设计出通过直接将基板放置在被冷却的基板支撑台上, 并且通过热传递急速地冷却所述基板。作为在基板留在加热室而未移动到冷却室的状态下冷却基板的方法, 如专利文献 7 中公开的, 已知将冷却气体导入到加热室利用气体的对流来进行冷却的方法。在该方法中, 公开了通过在加热之后在放射能量源和基板之间插入用于切断来自放射能量源的余热的遮避板来提高冷却效率的思想。

[0006] 作为进一步提高冷却效率的方法, 如专利文献 8 中公开的, 已知使用设置有冷却源和固定于作为加热室的同一空间内的可移动冷却板的热处理装置的方法。在专利文献 8 中公开的方法中, 可移动的冷却板被配置并且被冷却以便在加热基板过程中与冷却源接触。接着, 在完成基板的加热之后, 可移动的冷却板与冷却源分离并且与基板接触, 使得通过基板与可移动的冷却板之间的热传递来实现冷却。

[0007] 作为在作为加热室的同一空间中冷却基板的另一方法, 专利文献 9 公开了通过使可移动的冷却源与装有加热抵抗体 (heating resistor body) 的基板支撑台接触来间接地

冷却基板的方法。此外,在专利文献 10 和 11 中,公开了通过使基板支撑台与加热源或者冷却源接触来加热或者冷却基板的类似方法。

[0008] 在专利文献 11 中,基板支撑台本身已具有加热和冷却功能 以及用于提高加热和冷却效率的静电吸附功能,而且该具有静电吸附功能的基板支撑台还具有刻在与基板的背面接触的面上的槽,并且用于促进热交换的气体被导入到该槽中。

[0009] 作为加热源和冷却源分别地设置在一个真空室中以直接地加热和冷却仅基板本身的示例,在专利文献 12 中已经公开了示例,其中,溅射装置的装载锁定室 (load lock chamber) 设置有利来自灯加热器的加热光加热的机构和通过静电吸收而使基板与被冷却的基板支撑台接触并且冷却基板的机构。在该示例中,由于这两个机构均设置在装载锁定室中,所以不能连续地进行加热和冷却。然而,通过分别地在装载锁定室的抽真空和通气时进行加热和冷却,减小了用于实现基板加热的溅射成膜的处理时间。

[0010] 在专利文献 13 至 15 中公开了将磁场施加到配置于真空中的基板以处理基板的示例。专利文献 13 和 14 中的示例中均涉及在真空中施加磁场的同时对多个基板实施加热处理的装置,并且设计成能够在均匀的磁场中进行大量的热处理。然而,他们都不能在连续真空中进行成膜处理和加热/冷却处理。此外,专利文献 15 中的示例具有如下思想:在将磁场施加到基板的同时进行溅射成膜的装置中,设置使产生与基板面平行的磁场的磁体与基板的转动同步地转动的机构,使得能够施加相对于基板总是沿一个方向的平行的磁场。

[0011] 专利文献 16 和 17 公开了在同一室中设置有加热基板的加热机构、冷却基板的冷却机构、以及使基板在靠近加热机构或与加热机构接触的位置和靠近冷却机构或与冷却机构接触的位置之间移动的移动机构的热处理装置。

[0012] 在专利文献 16 中,装有加热器的基板支撑体被用作加热机构,水冷型或者制冷剂冷却型的冷却板被用作冷却机构。如果用加热机构加热基板,那么通过使基板与由加热器加热的基板支撑体接触来加热基板。在与基板加热相关的另一个示例中,基板与基板支撑体在配置上是分开的,并且通过允许被加热的诸如氮等干燥气体在基板与基板支撑体之间流动来加热基板。另一方面,如果冷却基板,则通过冷却流体冷却冷却板,并且通过使基板接触或靠近被冷却的冷却板来冷却基板。

[0013] 在专利文献 17 中,设置了加热板和冷却板,并且当加热或者冷却基板时,以预定间隔将加热板或者冷却板与所述基板隔开。

[0014] 现有技术文献

[0015] 专利文献

[0016] 专利文献 1:日本特开 2006-080116 号公报

[0017] 专利文献 2:美国专利第 6841395 号说明书

[0018] 专利文献 3:日本特开 2007-142424 号公报

[0019] 专利文献 4:日本特开 2007-173843 号公报

[0020] 专利文献 5:日本特开平 6-13324 号公报

[0021] 专利文献 6:日本特开平 5-251377 号公报

[0022] 专利文献 7:日本特许第 2886101 号公报

[0023] 专利文献 8:日本特许第 3660254 号公报

[0024] 专利文献 9:日本特表 2002-541428 号公报

- [0025] 专利文献 10 :日本特开 2003-318076 号公报
- [0026] 专利文献 11 :日本特开 2002-76105 号公报
- [0027] 专利文献 12 :日本特开 2003-13215 号公报
- [0028] 专利文献 13 :日本特开 2001-102211 号公报
- [0029] 专利文献 14 :日本特开第 3862660 号公报
- [0030] 专利文献 15 :日本特开 2002-53956 号公报
- [0031] 专利文献 16 :日本特开 2001-196363 号公报
- [0032] 专利文献 17 :日本特开平 7-254545 号公报
- [0033] 非专利文献
- [0034] 非专利文献 1 :恒川等人的“半导体生产线中的磁性隧道结的成膜和微细加工工艺”(日本应用磁气学会第 2 卷,第 7 期,358 至 363 页(2007))
- [0035] 非专利文献 2 :S. Isogami 等人的“*In situ* heat treatment of ultrathin MgO layer for giant magnetoresistance ratio with low resistance area product in CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions”(应用物理快报,93,192109(2008))

发明内容

[0036] 在层叠膜的界面起作用的磁阻元件中,器件性能在很大程度上取决于未形成膜时吸附于膜表面的杂质(主要是残留气体)。在真空中入射到膜表面的残留气体量一般与表示真空度的压力 P 与膜表面暴露到真空气氛期间的时间 T 的乘积 PT 成比例,因此,需要使基板的加热、冷却和传送期间的气氛的压力和各处理所需的时间分别地小。

[0037] 在将基板传送到用于冷却的另一个室的现有技术中,存在的问题是,浪费了传送所需的时间,也就是说,暴露时间 T 变大。通过将冷却气体导入加热室来冷却基板的方法具有如下问题:真空度变差,也就是说,压力 P 升高。在加热和冷却基板支撑台本身的方法中,存在的问题是,由于基板支撑台的热容量,升温速度和降温速度变慢,特别是当基板温度降低到大约室温时,花费时间长,这也增加了暴露时间 T 。

[0038] 在装载锁定室中进行加热处理或者冷却处理的现有设计方法中,急速且连续地进行薄膜的加热或者冷却处理是不可能的。即使在成膜后基板被返回到装载锁定室并且继续地进行加热/冷却处理,由于装置的操作程序而不能接着进行成膜。而且,也存在如下问题:由于在各处理处与大气压通气的装载锁定室具有低的真空度,即,高的压力 P ,所以乘积 PT 异常的高。

[0039] 在磁场中对大量基板进行热处理的装置中,已经在另一个成膜装置中被施加成膜处理的基板一度被取出到大气中,然后被再次放入用于在磁场中加热的装置中以进行加热处理,因此不能在连续的真空进行成膜处理与加热/冷却处理。还是在成膜期间施加磁场的装置中,没有提供加热/冷却功能,所以在成膜之后在连续真空中进行加热/冷却处理是不可能的。

[0040] 此外,如专利文献 16 和 17 那样,甚至考虑到在连续真空中的热处理而将加热机构和冷却机构设置相同的室的模式也具有以下问题。例如,在专利文献 16 和 17 公开的发明中,如果通过加热基板支撑体或者加热板来加热基板,则归因于基板支撑体或者加热板的热容量,温度升高需要时间,乘积 PT 变大。

[0041] 此外,在专利文献 16 中,如果基板不是通过加热基板支撑体自身而被加热,而是基板支撑体和基板是分开的,并且将被加热的气体供给在基板支撑体和基板之间以加热基板,则基板能够被加热而不管基本支撑体的热容量如何。然而,由于供给用于加热的气体的量而增加了压力 P,结果,增加了乘积 PT。

[0042] 鉴于上述现有技术的问题做出了本发明,并且本发明具有提供一种能够在成膜处理之后在维持高真空度的状态下急速地加热和急速地冷却仅基板本身的真空加热 / 冷却装置以及磁阻元件的制造方法的目的。

[0043] 为了实现该目的,本发明是一种在真空中加热 / 冷却基板的真空加热 / 冷却装置,该装置包括:真空室;放射能量源,其被配置在所述真空室的大气侧并且放射加热光;入射部,其用于使来自所述放射能量源的加热光进入所述真空室;配置在所述真空室内部并且具有冷却机构的构件,该构件能由所述冷却机构冷却;以及基板移动机构,其具有用于保持所述基板的基板保持部,所述基板移动机构使所述基板保持部停在加热位置和与所述加热位置不同的冷却位置,并且还使所述基板保持部在所述加热位置和所述冷却位置之间移动,其中,所述加热位置是当所述基板被加热时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述放射能量源的位置,所述冷却位置是当所述基板被冷却时所述基板应当位于的位置并且是靠近所述构件的位置或者是所述基板被载置于所述构件的位置。

[0044] 此外,本发明是一种磁阻元件的制造方法,该磁阻元件包括具有至少磁化固定层、隧道阻挡层或非磁性传导层、以及磁化自由层的三层结构,该制造方法包括:准备形成有所述隧道阻挡层或者非磁性传导层的基板的步骤;利用加热光加热所述基板的加热步骤,所述加热光从内部配置有所述基板的真空室的外部入射;和在所述真空室中的与利用所述加热光进行加热的位置不同的位置冷却该被加热的基板的冷却步骤。

[0045] 另外,本发明是一种磁阻元件的制造方法,该磁阻元件包括具有至少第一磁性层、隧道阻挡层或非磁性传导层、以及第二磁性层的三层结构,该制造方法包括:在基板上形成所述第一磁性层和所述隧道阻挡层或非磁性传导层的步骤;在预定位置配置形成有所述第一磁性层和所述隧道阻挡层或非磁性传导层的所述基板的步骤;通过用加热光照射形成有所述第一磁性层和所述隧道阻挡层或非磁性传导层的所述基板来加热所述基板的加热步骤,其中,所述加热光从内部配置有形成有所述第一磁性层和所述隧道阻挡层或非磁性传导层的所述基板的真空室的外部被导入所述真空室中;和在所述真空室中的与所述预定位置不同的位置处冷却被加热后的基板的冷却步骤,其中,所述隧道阻挡层或非磁性传导层是氧化镁层;并且在所述加热步骤和所述冷却步骤中的至少一个步骤中,施加磁场以使所述第一磁性层的磁化方向一致。

[0046] 根据本发明,即使在成膜处理之后,也能够在维持高真空度的状态下仅基板被急速加热或者急速冷却。

附图说明

[0047] 图 1 是根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置的构造图。

[0048] 图 2 是连接有根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置的溅射装置的构造图。

[0049] 图 3 是示出根据本发明的真空加热 / 冷却装置中的控制系统的概略构造的框图。

- [0050] 图 4 是根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置的构造图。
- [0051] 图 5 是示出根据本发明的实施方式对加热处理后的基板进行冷却时的时间与基板温度之间关系的降温曲线。
- [0052] 图 6 是根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置的构造图。
- [0053] 图 7 是用于说明图 6 中示出的磁场施加机构 (磁路) 的配置的俯视图。
- [0054] 图 8A 是根据本发明的实施方式的用于比较形成于已热处理基板上的磁性膜的磁化方向的图, 并且是示出在热处理期间未施加磁场时磁化方向的图。
- [0055] 图 8B 是根据本发明的实施方式的用于比较形成于已热处理基板上的磁性膜的磁化方向的图, 并且是示出在热处理期间施加磁场时磁化方向的图。
- [0056] 图 9 是根据本发明的实施方式的真空加热 / 冷却装置的构造图。
- [0057] 图 10A 是用于说明根据本发明的实施方式的使基板在加热位置和冷却位置之间移动的机构的图, 是该机构的概略主视图。
- [0058] 图 10B 是用于说明根据本发明的实施方式的使基板在加热位置和冷却位置之间移动的机构的图, 示出该机构的上面。
- [0059] 图 10C 是用于说明根据本发明的实施方式的使基板在加热位置和冷却位置之间移动的机构的图, 是当使用该机构时基板支撑台的俯视图。
- [0060] 图 11 是示出根据本发明的实施方式的隧道磁阻元件的 MR-RA 的图。

具体实施方式

[0061] 下面将参照附图详细地说明本发明的实施方式。在下面说明的附图中, 功能相同的部件使用相同的附图标记, 并且将省略重复说明。

[0062] (第一实施方式)

[0063] 图 1 是根据本实施方式的真空加热 / 冷却装置的装置构造图。

[0064] 在图 1 中, 在真空室 1 的上部, 经由真空密封构件 (未示出) 固定有用于透过来自卤素灯 2 的加热光的石英窗 (quartz window) 3。该石英窗 3 起到使从卤素灯 2 输出的加热光进入真空室 1 的入射部的作用。真空密封构件优选具有高耐热性, 例如为 Viton (注册商标) 或者 Kalrez (注册商标) 等。如图 1 所示, 通过在真空室 1 与石英窗 3 之间设置用于安装 / 拆卸石英窗的环 4, 来方便石英窗 3 的安装 / 拆卸。石英窗 3 的尺寸优选为基板 5 的尺寸的 1.5 倍以上。并且, 作为放射加热光的放射能量源的卤素灯 2 配置在大气侧。也就是说, 卤素灯 2 配置在真空室 1 的外部, 以使用加热光照射石英窗 3。作为放射能量源, 并不限于卤素灯, 只要例如能够放射诸如红外线等加热光即可。环状遮蔽板 7 设置在卤素灯 2 与石英窗 3 之间, 使得来自卤素灯 3 的加热光不直接照射 O 型环 6。遮蔽板 7 由导热良好的铝制成, 并且具有通过设置冷却水路 8 而用冷却水冷却的结构。

[0065] 在卤素灯 2 下方的真空室 1 的内部, 配置了直径与基板 5 的直径大体相同的基板支撑台 9。而且, 水冷套 10 被配置成与基板支撑台 9 接触。也就是说, 在本实施方式中, 具有冷却机构的构件包括基板支撑台 9 和与基板支撑台 9 接触的水冷套 10。作为基板支撑台 9, 优选地使用具有高导热率的介电材料, 在本实施方式中使用 AlN (氮化铝)。水冷套 10 优选地具有能够尽可能大范围地接收来自卤素灯 2 的加热光的尺寸, 使得来自卤素灯 2 的加热光不直接照射真空室 1 的内壁。对于内置有冷却水路 12 的水冷套 10, 其中冷却水路 12 成

为作为制冷剂的冷却水的通道,该水冷套 10 优选地使用具有低气体放出率 (gas emission rate) 和高导热率的材料,在本实施方式中使用铝。

[0066] 此外,冷却水导入口 12a 和冷却水排出口 12b 被连接到冷却水路 12,泵 (未示出) 被连接到冷却水导入口 12a。由此,通过驱动泵,经由冷却水导入口 12a 将冷却水导入冷却水路 12,该冷却水通过包含在冷却套 10 中的冷却水路 12 以冷却冷却套 10,并且经由冷却水排出口 12b 排出。当冷却套 10 由冷却水冷却时,冷却效果到达基板支撑台 9,如果基板 5 载置于基板支撑台 9,则能够冷却该载置的基板 5。

[0067] 在本实施方式中,使用了具有冷却水路 12 的水冷套 10 与基板支撑台 9 彼此接触的模式,但是冷却水路 12 也可以置于基板支撑台 9 中。也就是说,在本发明中,重点在于基板支撑台 9 具有冷却功能,由此,基板支撑台 9 与用于使制冷剂流动的冷却机构 (诸如水冷套 10、冷却水路 12 等) 接触或者基板支撑台 9 内置有冷却机构。

[0068] 在基板支撑台 9 和水冷套 10 中,在基板 5 的尺寸范围内的外周部上的至少三个位置处分别开有通孔,并且使基板 5 上下移动的升降销 (lift pin) 13 被插入这些通孔。升降销 13 经由波纹管 11 被连接到位于大气侧的上下驱动机构 15,并且通过上下驱动机构 15 的驱动而上下升降。作为上下驱动机构 15,可以使用电动机驱动型或者使用采用压缩空气的气缸型。上下驱动机构 15 被连接到稍后将说明的控制部 (在图 1 中未示出),并且借助于由控制部对上下驱动机构 15 的驱动的控制,控制升降销 13 的 (上下) 升降。

[0069] 在本实施方式中,通过用至少三个升降销 13 的末端 13a 支撑基板 5 的下面 (与待处理的面相反的面),由升降销 13 保持基板 5。也就是说,基板 5 由升降销 13 的末端 13a 保持,从而各升降销 13 的末端 13a 分别起到基板保持部的作用。由升降销 13 保持的基板 5 能够借助于通过控制部对上下驱动机构 15 的控制而停在冷却位置 P1、传送位置 P2 和加热位置 P3 (静止),并且也能在冷却位置 P1 和加热位置 P3 之间移动。在图 1 中,为了方便,用虚线示出停在传送位置 P2 和加热位置 P3 的基板 5。

[0070] 在本说明书中,“冷却位置”是当基板将被冷却时基板应当被配置的位置,在本实施方式中,基板 5 载置于基板支撑台 9 的位置被称为冷却位置 P1。该冷却位置不限于基板载置于基板支撑台的位置,还可以是靠近基板支撑台的位置,只要基板在具有冷却功能的基板支撑台产生的冷却效果起作用的范围即可。

[0071] 此外,“加热位置”是与冷却位置不同并且当基板将被加热时基板应当配置的位置,该加热位置是位于放射能量源与具有冷却功能的基板支撑台之间的位置,并且被设定在比冷却位置 P1 靠近放射能量源的位置。在本实施方式中,加热位置 P3 被设定在石英窗 3 附近。

[0072] 此外,“传送位置”是从外部传送来的基板首先被保持并且被设定在冷却位置 P1 与加热位置 P3 之间的位置。在本实施方式中,传送位置 P2 被设定在面向传送基板用的闸阀 14 的开口的空间内以及在该开口的宽度范围内的空间内。从外部传送来的基板 5 在传送位置 P3 处由升降销 13 的末端保持,然后通过升降销 13 的升降被移动到加热位置 P3 或者冷却位置 P1。传送位置 P3 优选被设定在上述空间内,不过也可以被设定在该空间外侧的位置。这是因为,在本发明中,重点在于在连续真空中进行急速加热和急速冷却。为此目的,必要的是:在相同的真空室内分别地设置加热位置 P3 和冷却位置 P1,并且在加热位置 P3 处进行加热处理,在冷却位置 P1 处进行冷却处理。因此,只要实现该必要的要求,传送位置可以

在任何地方。

[0073] 在真空室 1 的侧面,配置了传送基板用的闸阀 14,使得能够在与其他相邻的真空室一起保持真空的状态下取出/放入基板 5。在真空室 1 中的与传送基板用的闸阀 14 相对的一侧,经由真空密封用的闸阀 18 配置有抽真空的真空泵 16。

[0074] 真空室 1 由气体放出率低的铝或者不锈钢制成,并且在该真空室的大气侧,卷绕有用于烘烤 (baking) 的护套式加热器 (sheath heater) (未示出) 和用于冷却的冷却水管路 (未示出)。如果从大气抽空真空室 1,那么使护套式加热器通电以将真空室 1 加热到 150℃ 以上并且进行至少 2 个小时以上的烘烤以促进从室内壁的气体释放。当室的烘烤完成时,使水流动通过冷却水管路以便将真空室冷却到室温。当真空室 1 中的真空度饱和时,准备完成,但是为了防止真空室 1 在加热处理期间升温而使冷却水继续流动。而且,分别在真空室 1 中的至少一个位置处安装真空计 17 和气体导入口 19。

[0075] 图 3 是示出本实施方式的真空加热/冷却装置中的控制系统的概略构造的框图。

[0076] 在图 3 中,附图标记 1000 表示作为控制整个真空加热/冷却装置的控制部件的控制部。该控制部 1000 具有:执行诸如各种演算、控制、判断等处理操作的 CPU 1001;和存储由该 CPU 1001 执行的各种控制程序的 ROM 1002。而且,控制部 1000 还具有:临时存储 CPU 1001 的处理操作期间的数据、输入数据等的 RAM 1003;和诸如闪存、SRAM 等非易失性存储器 (nonvolatile memory) 1004。

[0077] 而且,该控制部 1000 还连接有:包括用于输入预定指令或数据等的键盘或者各种开关在内的输入操作部 1005;和做出包括真空加热/冷却装置的输入/设定状态在内的各种显示的显示部 1006。并且,控制部 1000 还通过驱动回路 1007、1008、1009、1010、1011 和 1012 分别与卤素灯 2、上下驱动机构 15、真空泵 16、用于导入冷却水的泵 1013、用于传送基板的闸阀 14 以及用于真空密封的闸阀 18 相连。

[0078] 根据来自 CPU 1001 的指令,卤素灯 2 放射出辐射光 (radiation light),并且上下驱动机构 15 使升降销 13 上下移动。泵 1013 被连接到冷却水导入口 12a,并且根据来自 CPU 1001 的指令将冷却水导入冷却水导入口 12a。并且,根据来自 CPU 1001 的指令,驱动真空泵 16 和用于真空密封的闸阀 18,以便将真空室 1 抽空。另外,根据来自 CPU 1001 的指令,控制用于传送基板的闸阀 14 的开/闭,使得基板 5 能够被传送到真空室 1。

[0079] 随后,将使用附图说明本实施方式的操作。

[0080] 图 2 示出与根据本实施方式的真空加热/冷却装置连接的溅射装置的室的构造。图 2 中示出的溅射装置是能够在连续真空中形成包括具有至少磁化固定层、隧道阻挡层或非磁性传导层、以及磁化自由层的三层结构在内的磁阻元件和形成半导体元件的制造装置。

[0081] 图 2 中示出的溅射装置包括设置有 2 个真空传送机构 (机器人) 21 的真空传送室 22。真空传送室 22 通过闸阀分别与安装有多个溅射阴极 23 的三个溅射成膜室 24、25、26、用于清洁基板表面的蚀刻室 27、用于在大气与真空之间取出/放入基板的装载锁定室 28,以及根据图 1 中说明的实施方式的真空加热/冷却装置 29 相连。因此,能够在不破坏真空的状态下使基板在各室之间移动。在各溅射成膜室 24 至 26 中布置有基板保持件 30a 至 30c。在真空传送室 22 中,可以设置氧化处理室。

[0082] 在本实施方式中,在溅射成膜室 24 中安装钽靶、钨靶、铌靶、钴铁靶和钴铁靶

靶,在溅射成膜室 25 中安装至少氧化镁靶,在溅射成膜室 26 中安装至少钴铁硼靶和钽靶。借助于真空传送机构 21,使硅基板 21 经由装载锁定室 28 导入真空中,并且首先在蚀刻室 27 中将附着在硅基板上的杂质去除。之后,通过真空传送机构 21 将硅基板传送到溅射成膜室 24,并且在溅射成膜室 24 中,在硅基板上形成钽 (5nm)/钇 (2nm)/铌锰 (5nm)/钴铁 (2.5nm)/钇 (0.85nm)/钴铁硼 (3nm) 膜的层叠体。随后,借助于真空传送机构 21,将硅基板从溅射成膜室 24 传送到溅射成膜室 25,并且在溅射成膜室 25 中,在层叠体上形成大约 1nm 的氧化镁膜,以便具有硅基板/钽 (5nm)/钇 (2nm)/铌锰 (5nm)/钴铁 (2.5nm)/钇 (0.85nm)/钴铁硼 (3nm)/氧化镁 (1nm) 的结构。此后,借助于真空传送机构 21,将硅基板从溅射成膜室 25 传送到真空加热/冷却装置 29,并且该真空加热/冷却装置 29 将被传送的硅基板(基板 5)进行传送并且进行加热/冷却处理。最后,借助于真空传送机构 21,将硅基板从真空加热/冷却装置 29 传送到溅射成膜室 26,并且在溅射成膜室 26 中,在形成于被传送的硅基板上的层叠体上层叠钴铁硼 (3nm)/钽 (5nm) 以完成隧道磁阻元件。

[0083] 随后,将详细地说明在根据图 1 所示的本实施方式的真空加热/冷却装置 29 中的处理内容。

[0084] 一旦收到加热/冷却处理的指令,控制部 1000 就执行控制以打开用于传送基板的闸阀 14。此时,通过真空传送室 22 的基板传送机构 21 将直到在溅射成膜室 25 中形成了氧化镁膜的基板(硅基板)5 传送到在真空加热/冷却装置 29 中等在传送位置 P2 的升降销 13。之后,借助于控制部 1000 的控制,将闸阀 14 关闭,并且将升降销 13 升起。此时,控制部 1000 控制上下驱动机构 15 并且升起升降销 13 使得由升降销 13 保持的基板 5 位于加热位置 P3。此时,优选地将加热位置 P3 设定成使得卤素灯 2 与基板 5 之间的距离为 100mm 以下。在这种状态下,根据来自控制部 1000 的指令,将电力输入到卤素灯 2,并且从大气侧用加热光经由石英窗 3 照射基板 5。当基板 5 的温度达到期望温度时,控制部 1000 降低卤素灯 2 的输入电力并且执行控制使得基板温度维持在一定值。如上所述进行基板的加热处理。

[0085] 在本实施方式中,在加热处理完成之前的预定时刻,开始基板支撑台 9 的冷却操作。在冷却操作中,控制部 1000 执行驱动泵 1013 的控制。借助于该控制,冷却水从泵 1013 被导入到冷却水导入口 12a,并且经由冷却水路 12 从冷却水排出口 12b 排出。此时,基板支撑台 9 由通过冷却水路 12 的冷却水冷却。

[0086] 在经过了期望时间之后,控制部 1000 执行停止为卤素灯 2 提供电力的控制。接着,控制部 1000 控制上下驱动机构 15 以便使用于支撑已经受到加热处理的基板 5 的升降销 13 下降,并且使基板 5 位于冷却位置 P1。也就是说,基板 5 放置在由用于冷却基板 5 的冷却水冷却的基板支撑台 9(冷却位置 P1)上。当基板 5 的温度冷却到大约室温时,控制部 1000 控制上下驱动机构 15 以将升降销 13 升起到传送位置 P2、打开闸阀 14 并且通过基板传送机构 21 将升降销 13 上的基板 5 送出。

[0087] 如上所述,控制部 1000 控制升降销 13 的驱动使得基板 5 在加热处理中位于加热位置 P3,并且使基板 5 停在加热位置 P3 以进行加热处理。接着,控制部 1000 可以执行控制使得冷却水在加热处理期间或者从加热处理之前的阶段流动通过冷却水路 12。因此,当完成加热处理时,基板支撑台 9 已经进入充分冷却状态。随后,控制部 1000 控制升降销 13 的驱动以便使基板 5 位于冷却处理中的冷却位置 P1,并且使得该基板 5 停在用于冷却处理的

冷却位置 P1。

[0088] 如上所述,在本实施方式中,通过在真空室 1 和真空室 1 中的基板支撑台 9 一直被冷却的状态下用加热光仅加热基板 5,能够在维持高真空的状态下急速地实现基板的加热和冷却。

[0089] 也就是说,在本实施方式中,当对基板 5 进行加热时,没有采用基板支撑台 9 自身被加热的构造,而是通过在与具有冷却功能的基板支撑台 9 分开的加热位置 P3 处保持和加热基板 5 来完成加热,因此,能够加热基板 5 而不管基板支撑台 9 的热容量如何。所以,能够减少基板加热所需的时间,并且能够急速加热基板。也就是说,由于放射加热光的卤素灯 2 配置于真空室 1 的外部且用来自卤素灯 2 的加热光加热基板,所以,能够加热基板而不会像专利文献 16 和 17 那样加热包含在加热机构中的基板支撑体本身或者加热板本身。因此,在加热机构和冷却机构设置于同一室的模式下,本实施方不具有加热预定构件并且将该预定构件的热传递给基板来加热基板的构造,能够减小加热所需时间,并且能够减小作为残留气体的指标(index)的乘积 PT 中的时间要素“T”。

[0090] 此外,在专利文献 16 中的另一个示例中,如上所述基板和基板支撑体是分开,并且加热了的干燥气体被导入基板与基板支撑体之间的分开区以便用干燥气体的热加热基板。根据该构造,由于基板支撑体本身不被加热,所以能够省略用于加热基板支撑体本身的时间,并且能够减小乘积 PT 中的时间要素“T”。

[0091] 然而,在该构造中,需要供给用于加热基板的干燥气体,并且增加了用于该供给的干燥气体的那部分压力。因此,即使能够减小乘积 PT 中的时间要素“T”,但是压力要素“P”增加了,所以也不能很好地减小乘积 PT。因此,即使为了减小乘积 PT 而降低室中的压力,由于增加了用于供给加热用气体的那部分压力,所以难以在保持高真空度的同时进行加热处理。

[0092] 另一方面,在本实施方式中,使用了通过加热光加热基板的思想,卤素灯 2 设置在真空室 1 的大气侧(外部),使从卤素灯 2 发出的加热光经由石英窗 2 进入真空室 1,并且用入射的加热光照射待加热的基板。也就是说,在本实施方式中,由于基板是由诸如红外线等加热光加热,该基板能够在无需使用诸如加热了的干燥气体等导致压力增加的要素的状态下被加热。因此,基板能够被加热而不会增加 PT 乘积的压力要素“P”。因此,通过降低真空室 1 中的压力,也降低了压力要素“P”,能够在高真空度下进行加热处理。

[0093] 而且,由于在同一真空室 1 中加热位置 P3 与冷却位置 P1 布置于分开的位置,所以能够在加热位置 P3 处进行加热处理时或者从加热处理之前的阶段开始冷却基板支撑台 9。因此,在当基板的加热处理完成并且该处理进入冷却基板的阶段中,能够充分地冷却基板支撑台 9,并且当基板 5 被载置于基板支撑台 9 上或者配置成靠近基板支撑台 9(即,当基板 9 配置在冷却位置 P1)时,能够使基板支撑台 9 的冷却作用立即对基板 5 起效果。因此,能够实现急速冷却。

[0094] 另外,在本实施方式中,基板 5 由升降销 13 支撑并且在加热位置 P3 和冷却位置 P1 之间移动。因此,由于基板 5 不是由面支撑而是由点支撑,所以能够减小在加热处理过程中支撑基板 5 的构件(升降销 13)的热容量的影响。因此,如果在加热处理之后进行冷却处理,那么由于升降销 13 与基板 5 之间的接触区域小,所以减小升降销 13 的热容量的影响。因此,能够减小基板 5 的温度降低所需的时间,并且能够实现急速冷却。而且,在加热处理

中,也能够减小升降销 13 的热容量对基板 5 的加热的影响,因此能够实现急速加热。

[0095] 如上所述,在本实施方式中,冷却位置 P1 和加热位置 P3 分开地设置在真空室 1 中,另外,通过使加热光进入基板而进行基板的加热处理。因此,在同一室中,在维持高的真空度的状态下,能够同时地且独立地进行用于基板加热处理的准备和用于基板冷却处理的准备。因此,能够高效地减小乘积 PT 的压力要素“P”和时间要素“T”两者。

[0096] 图 11 是示出在上述隧道磁阻元件成膜中在形成氧化镁膜之后不加热地形成随后的层的情况、在形成氧化镁膜之后进行加热且接着在同一室中进行冷却并且形成随后的层的情况(本实施方式)以及在形成氧化镁膜之后进行加热但在不冷却的状态下形成随后的层的情况的 MR-RA 的曲线图。

[0097] 如果隧道磁阻元件被用作磁头的传感器,优选在 RA 较低的区域获得较高的 MR 比。如图 11 所示,如果在形成氧化镁膜之后不进行加热,在 RA 大约为 $6\Omega\mu\text{m}^2$ 至 $7\Omega\mu\text{m}^2$ 时 MR 比急速地下降。另一方面,如图 11 所示,如果在形成氧化镁膜之后进行加热,虽然 MR 比随着 RA 下降而劣化的现象是相同的,但是 MR 比的下降率比在形成氧化镁膜之后不进行加热的情况缓和,并且保持高的 MR 比。另外,如果在加热之后不进行冷却,MR 比从 $2\Omega\mu\text{m}^2$ 附近开始急速地下降,但是,通过在加热之后进行冷却,MR 比的下降率能够被抑制。

[0098] 如上所述,根据本实施方式,当制造隧道磁阻元件的氧化镁膜时,通过在加热位置 P3 用加热光加热所形成的氧化镁膜并且还通过在同一室中在与加热位置 P3 不同的冷却位置 P1 处冷却该氧化镁膜,可以使乘积 PT 小,另外,能够在较低的 RA 实现较高的 MR 比,这是特别有利的。

[0099] 如上所述,在本实施方式中,能够在同一真空室中进行基板的加热处理和基板的冷却处理,而且,加热处理所需的时间和冷却处理所需的时间都能够减小。因此,表示真空度的压力 P 和暴露时间 T 均能够减小,并且能够减小入射到基板的膜表面的残留气体。

[0100] (第二实施方式)

[0101] 在第一实施方式中,如果加热温度高或者依据基板 5 的类型,当基板 5 被载置于被冷却的基板支撑台 9 上时,基板可能由于热冲击而破裂(split)。为了防止基板的这种破裂,在本实施方式中,在完成第一实施方式中的加热之后,当升降销 17 降低时,并不立即使基板 5 载置于基板支撑台 9 上,而是使基板一度停止在基板支撑台 9 上方的预定位置。该预定位置优选在基板支撑台 9 上方 20mm 的范围内。作为选择,在非加热期间,基板 5 可以一度停止在卤素灯 2 和基板 5 之间的距离为 100mm 以上的位置。

[0102] 通过上述构造,能够在避免破裂的情况下冷却基板。也就是说,在本实施方式中,如果基板 5 的温度已经下降到即使基板载置于被冷却的基板支撑台 9 之后基板也不会破裂的温度,那么升降销 13 被降低到冷却位置且基板 5 载置于基板支撑台 9 上,使得基板温度能够在避免基板 5 破裂的情况下急速地冷却到室温附近。

[0103] (第三实施方式)

[0104] 在第一和第二实施方式中,为了在基板 5 载置于被冷却的基板支撑台 9 上之后进一步减小基板温度达到室温的时间,在基板支撑台 9 上设置诸如静电卡盘(electrostatic chuck)等静电吸附机构和为基板支撑台 9 的表面供给冷却气体两者中的至少一个是有效的。

[0105] 图 4 是用于说明在图 1 中示出的真空加热/冷却装置的基板支撑台中设置静电卡

盘功能的模式的图。

[0106] 在图 4 中,基板支撑台 41 是根据本实施方式将静电卡盘功能增加到图 1 所示的基板支撑台 9 的基板支撑台。具体地,由介电体制成的基板支撑台 41 与导入电(电力)的导线(未示出)接触或者内置有导线,并且该导线与外部电源电连接。外部电源被构造成根据来自控制部 1000 的指令将电压施加到导线。由此,如果根据来自控制部 1000 的静电吸附的指令将电压施加到导线,那么基板能够被电压产生的静电吸附到基板支撑台 41 上。

[0107] 而且,槽 42 形成于基板支撑台 41 的与基板 5 的背面接触的一面(载置基板 5 的一面),并且用于将冷却气体导入到大气侧并且从大气侧排出冷却气体的至少一对气体导入管路 43 被连接到槽 42。该气体导入管路 43 被连接到用于将冷却气体导入到气体导入管路 43 或者从气体导入管路 43 排出冷却气体的气体导入机构(未示出),并且该气体导入机构根据来自控制部 1000 的指令将冷却气体导入气体导入管路 43。

[0108] 在本实施方式中,在第一和第二实施方式中,在完成加热处理之后的使升降销 13 降下并且使基板 5 载置于基板支撑台 41 之后,控制部 1000 控制外部电源以便为基板支撑台 41 的静电卡盘机构(导线)提供电力并且借助于静电使基板 5 与被冷却的基板支撑台 41 紧密接触。此外,控制部 1000 控制气体导入机构以便将作为冷却气体的氩气导入到刻在基板支撑台 41 中的用于导入冷却气体的槽 42,并且氩气与基板 5 的背面直接接触,使得能够大幅地改善到达室温的冷却时间。

[0109] 图 5 是直径为 300mm 且被加热到 550℃的硅片(基板 5)仅载置于被冷却的基板支撑台 41 上的情况(仅由冷却水路 12 冷却),和基板 5 载置于被冷却的基板支撑台 41 上然后经受静电卡盘并且使氩气在基板 5 的背面流动的情况的降温曲线的比较图。

[0110] 在图 5 中,虚线是基板 5 仅载置于基板支撑台 41 上的情况的降温曲线。实线中用附图标记 51 表示的区域是在基板 5 载置于基板支撑台 41 上并且静电卡盘和氩气导入均进行的情况下当未进行静电卡盘和氩气导入时的时间段内的降温曲线。而,实线中用附图标记 52 表示的区域是在静电卡盘和氩气导入均进行的情况下当开启了静电卡盘时的时间段内的降温曲线。另外,实线中用附图标记 53 表示的区域是在静电卡盘和氩气导入均进行的情况下当开启了静电卡盘此外还导入了氩气的时间段内的降温曲线。

[0111] 在图 5 中,通过在时间 t1 进行静电卡盘,增加了冷却速度,而且,通过在时间 t2 处将作为冷却气体的氩气导入到基板 5 的背面,进一步增加了冷却速度。结果,已知在从冷却开始过了两分钟之后,基板温度达到 40℃以下的室温水平。

[0112] (第四实施方式)

[0113] 在本实施方式中,如图 6 所示,作为磁场施加机构的磁体 61 配置在用于冷却基板支撑台 41 的水冷套 10 的外侧。另外,为了防止由于加热光对磁体 61 的直接入射而引起温度上升,设置反射器 62 以围绕磁体 61。此时,为了防止反射器 62 的温度上升,反射器 62 自身优选地具有内部装有冷却水管路 63 使得反射器 62 与制冷剂接触的水冷套结构。

[0114] 在本实施方式中,采用了所谓 Halbach 型磁路作为磁体 61,在该磁路中分成多个块(磁体元件 71)的永磁体如图 7 所示以各磁体元件 71 的方向(磁化方向 72)沿环形配置。采用该结构,变得能够在冷却期间为基板 5 施加与基板面平行排列而且也在基板面中平行排列的磁场(磁力线 73)。通过不将基板 5 载置于被冷却的基板支撑台 41 上而是使基板 5 停在基板支撑台 41 上方例如 20mm 范围内的位置处,并且通过将卤素灯 2 的输入电力

设定为比加热位置 P3 处的输入电力高,能够在施加磁场的同时保持高温。

[0115] 通过在冷却期间或者在加热和冷却期间施加与基板平行的磁场,如图 8A 与 8B 所示,磁性膜的磁化方向能够沿一个方向排列。在图 8A 和 8B 中,附图标记 81 表示磁性膜被堆积的基板,附表标记 82 表示磁化。

[0116] 迄今为止,通过由溅射装置形成磁阻元件的膜,然后通过能够在以后的工序中施加磁场的热处理装置(与溅射装置不同的装置)在磁场中对其进行退火(anneal),磁化方向已经沿一个方向排列。另一方面,在本实施方式中,在磁阻元件的成膜加工过程中,在磁场中进行加热和冷却。因此,现有技术的随后工序中在磁场中的热处理工序能够跳过。

[0117] (第五实施方式)

[0118] 在第四实施方式中,通过用电磁体替换永磁体作为磁场施加机构,可以期待相同的优点。此时,电磁体优选地被构造成施加至少 25 高斯(gauss)以上的磁场。

[0119] (第六实施方式)

[0120] 为了施加更强的电磁场,在本实施方式中,如图 9 所示,具有磁轭 92 和电磁体用线圈 93 的电磁体 91 配置于真空室 1 的外部。

[0121] 作为电磁体 91 的构造的示例,如果基板 5 停在冷却位置 P1 上方的预定位置,那么电磁体 91 可以被构造为产生与基板 5 的处理面大体平行排列并且也在该处理面中平行排列的磁力线。在这种情况下,如果基板位于加热位置 P3,则电流不会流经电磁体用的线圈 93。也就是说,在未施加磁场的状态下加热基板 5,并且当基板温度达到期望温度时,使升降销 13 降低,并且将基板位置移动到基板支撑台 43 上方 20mm 范围内的位置(预定位置)处。此时,待输入到卤素灯 2 的电力被调节成使得基板温度维持在期望温度。同时,使 DC 电流流经电磁体用的线圈 93 以产生磁场。在该状态下,将基板 5 加热期望的时间,然后停止输入到卤素灯 2 的电力,并且开始基板 5 的冷却。为了有效地冷却基板 5,如第三实施方式所示,在进行静电卡盘的同时导入冷却气体。当基板温度达到室温附近时,停止电磁体用的线圈 93 的电力供给,并且取消电磁场。

[0122] 此外,作为电磁体 91 的构造的另一示例,如果基板 5 停在冷却位置 P1(如果如图 9 所示基板 5 载置于基板支撑台 41 上),则电磁体 91 可以被构造成产生与基板 5 的处理面大体平行排列并且也在处理面内平行排列的磁力线。

[0123] 磁场施加机构不限于电磁体也可以使用永磁体。而且,诸如电磁体或者永磁体的磁场施加机构优选地被构造成使得至少 25 高斯以上的磁场被施加到基板。

[0124] 该过程如果是在形成磁性膜之后施加则是有效的,而采用第一实施方式中示出的膜构造时,如果在铌锰上施加钴铁膜、在钕上施加钴铁硼膜并且在氧化镁上施加钴铁硼膜,那么磁性膜能够获得高的磁各向异性。

[0125] (第七实施方式)

[0126] 在本实施方式中,在上述各实施方式中,通过在加热基板 5 的过程中经由气体导入口 19 导入氧气,有助于氧从位于基板 5 的最外面的氧化镁膜上脱附(desorption),并且形成更高质量的氧化镁膜是可以期待的。如上所述,在本实施方式中,在进行加热处理与冷却处理中的至少一种处理之前时,通过根据位于形成在基板 5 上的膜的最外面的膜导入气体,处理之后的膜能够获得更高的质量。

[0127] (第八实施方式)

[0128] 在第一实施方式至第七实施方式中,作为使基板在诸如加热处理和冷却处理等热处理中移动并且使基板停在预定位置(冷却位置 P1、传送位置 P2 和加热位置 P3 等)的基板移动机构,说明了升降销。然而,在本发明中,基板移动机构不限于升降销,而是只要能够使基板在冷却处理期间保持在冷却位置 P1、在加热处理期间保持在加热位置 P3 并且能够使基板在冷却位置 P1 与加热位置 P3 之间移动,就可以使用任何部件。

[0129] 在图 10A 至 10C 中示出基板移动机构的另一示例。

[0130] 图 10A 是根据本实施方式使基板在加热位置与冷却位置之间移动的基板移动机构的概略主视图,10B 是该基板移动机构的俯视图,图 10C 是使用该基板移动机构时基板支撑台的俯视图。在图 10A 中,为了简化图面,仅说明了与基板移动机构、卤素灯 2 和石英窗 3 相关的构造。

[0131] 在图 10A 中,附图标记 101 表示具有与基板支撑台 9 的冷却功能相似的冷却功能的基板支撑台。升降机构 102a 和 102b 被设置成使得将基板支撑台夹在中间。在各升降机构 102a 和 102b 中,沿长度方向形成有两个导轨。在升降机构 102a 的各导轨上,安装有可沿导轨移动的可移动部 103a 和 103b。而且,在升降机构 102b 的各导轨上,安装有可沿导轨移动的可移动部 104a 和 104b。升降机构 102a(102b) 能够根据来自控制部 1000 的指令使可移动部 103a、103b(可移动部 104a 和 104b) 沿着导轨移动。

[0132] 附图标记 105a 和 105b 分别表示支撑基板 5 的支撑杆,并且如图 10B 所示,支撑杆 105a 的一端由可移动部 103a 支撑,而另一端由可移动部 104a 支撑。此外,支撑杆 105a 的一端由可移动部 103b 支撑,而另一端由可移动部 104b 支撑。此时,可移动部 103a、103b、104a 和 104b 的位置和移动被控制成使得各支撑杆 105a 和 105b 与基板支撑台 101 的基板载置面大体平行。因此,如果基板 5 停在冷却位置 P1 或加热位置 P3 处或者在冷却位置 P1 与加热位置 P3 之间移动,则能够使基板 5 维持与基板支撑台 101 的基板载置面一直平行。

[0133] 在该构造中,控制部 1000 控制升降机构 102a 和 102b 使得基板 5 在加热处理中被放置在加热位置 P3,并且控制升降机构 102a 和 102b 使得基板 5 在冷却处理中位于冷却位置 P1。

[0134] 如果基板 5 载置于基板支撑台 101 的位置被设定为冷却位置 P1,那么,如图 10C 所示,仅需要在基板支撑台 101 上形成与支撑杆 105a 和 105b 匹配的槽 106a 和 106b。结果,当支撑杆 105a 和 105b 分别被装配在槽 106a 和 106b 时,基板 5 载置于基板支撑台 101 上。

[0135] 同样在本实施方式中,基板 5 不是由面支撑而是由线支撑,所以可以减小与基板 5 接触的区域,并且可以减小用于在加热处理中支撑基座 5 的构件(支撑杆 105a 和 105b)的热容量的影响。因此,能够降低支撑杆 105a 和 105b 的热容量的影响,并且能够实现急速加热和急速冷却。

[0136] 如上所述,在本发明的实施方式中,基板移动机构具有用于保持基板的基板保持部(例如,图 1 的构造中的升降销 13 的末端 13a 和图 10A 至 10C 的构造中的支撑杆 105a 和 105b)。该基板支撑部优选地被构造为与基板的一部分接触以通过用点或线支撑基板来支撑基板。通过如上构造,能够降低在热处理中基板保持部的热容量对基板的影响。此外,基板支撑机构还具有使由基板支撑部支撑的基板停在冷却位置和加热位置以及在冷却位置与加热位置之间移动的功能。因此,能够在同一真空室中的不同位置处进行基板的加热处理和冷却处理。

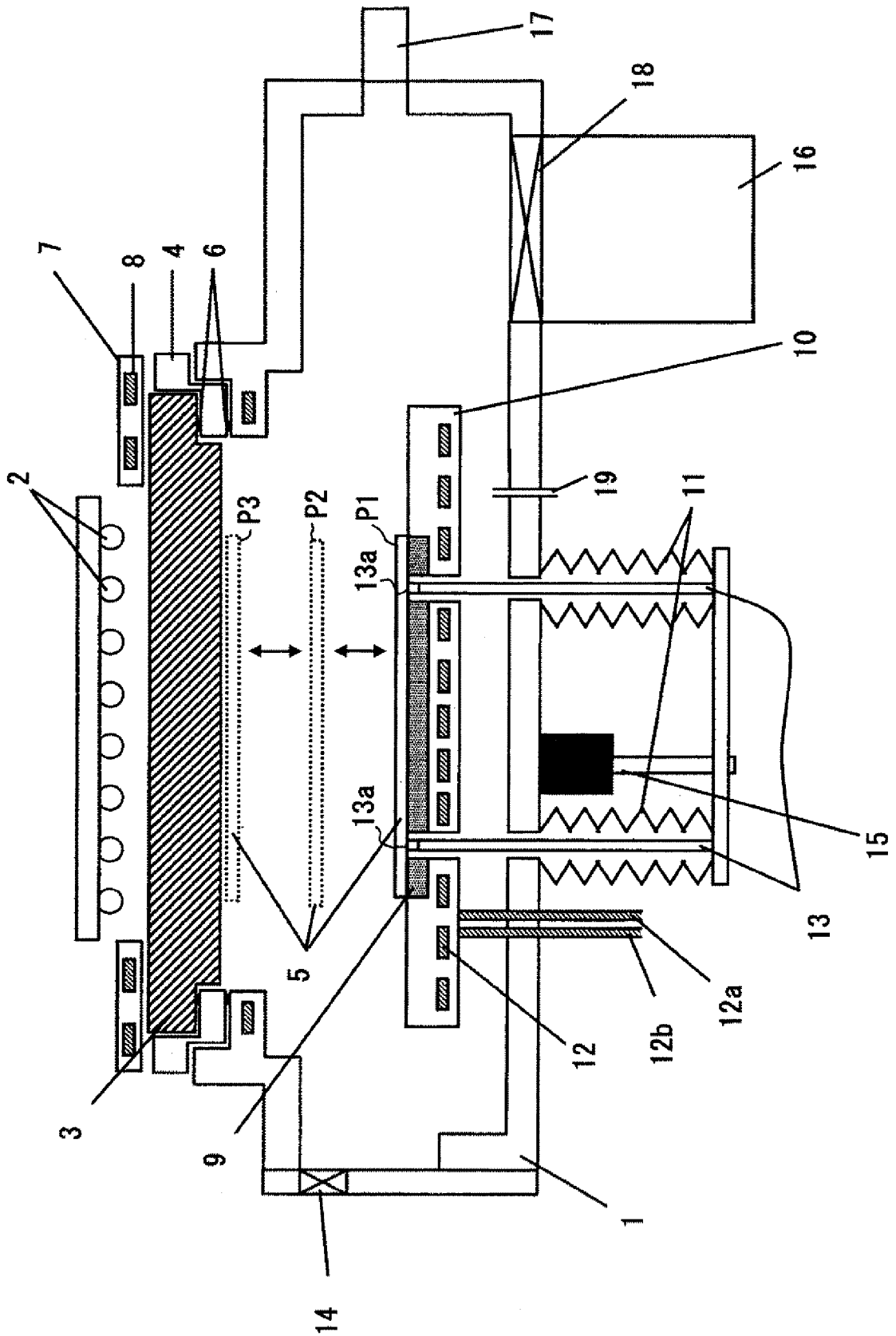


图 1

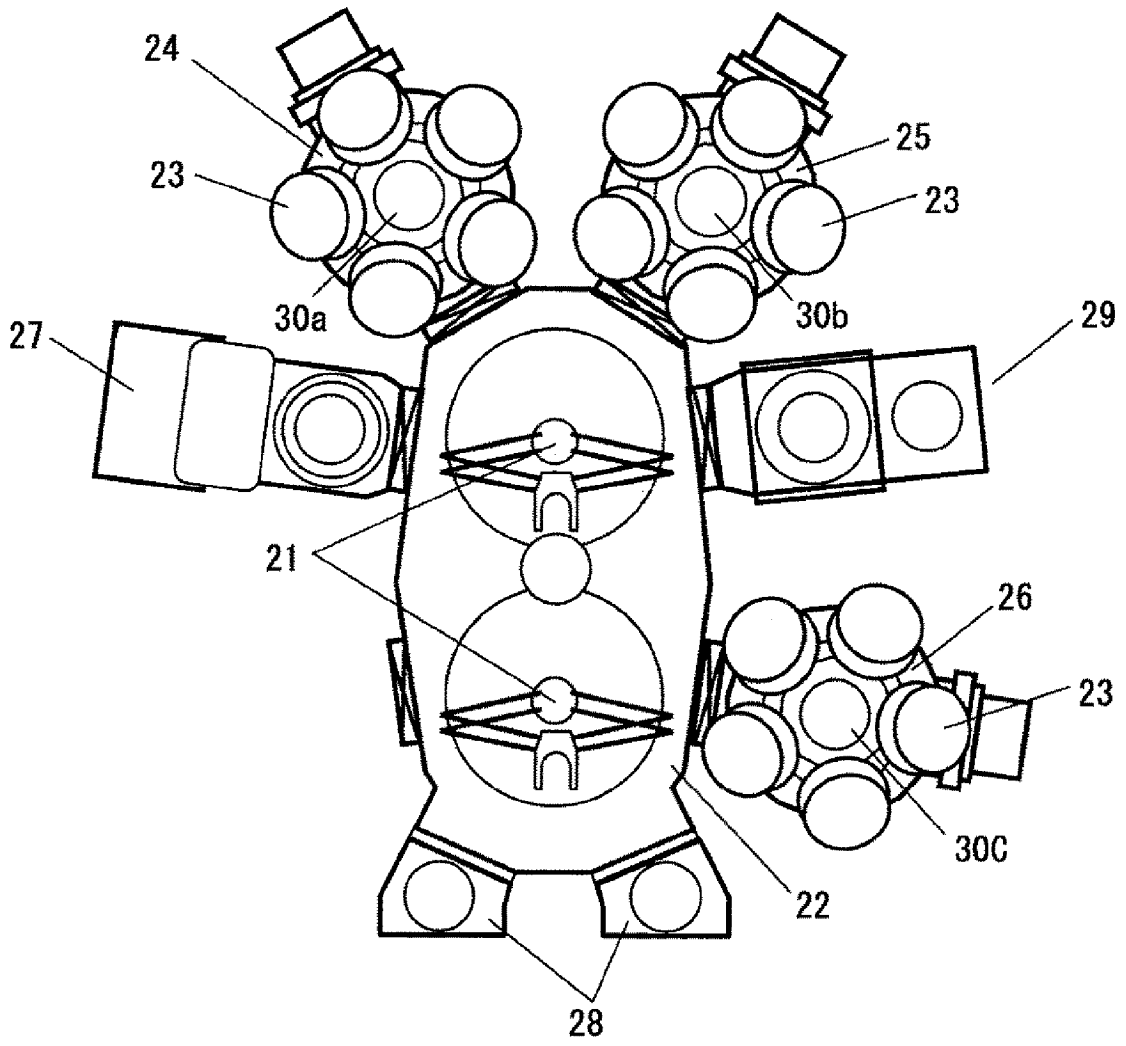


图 2

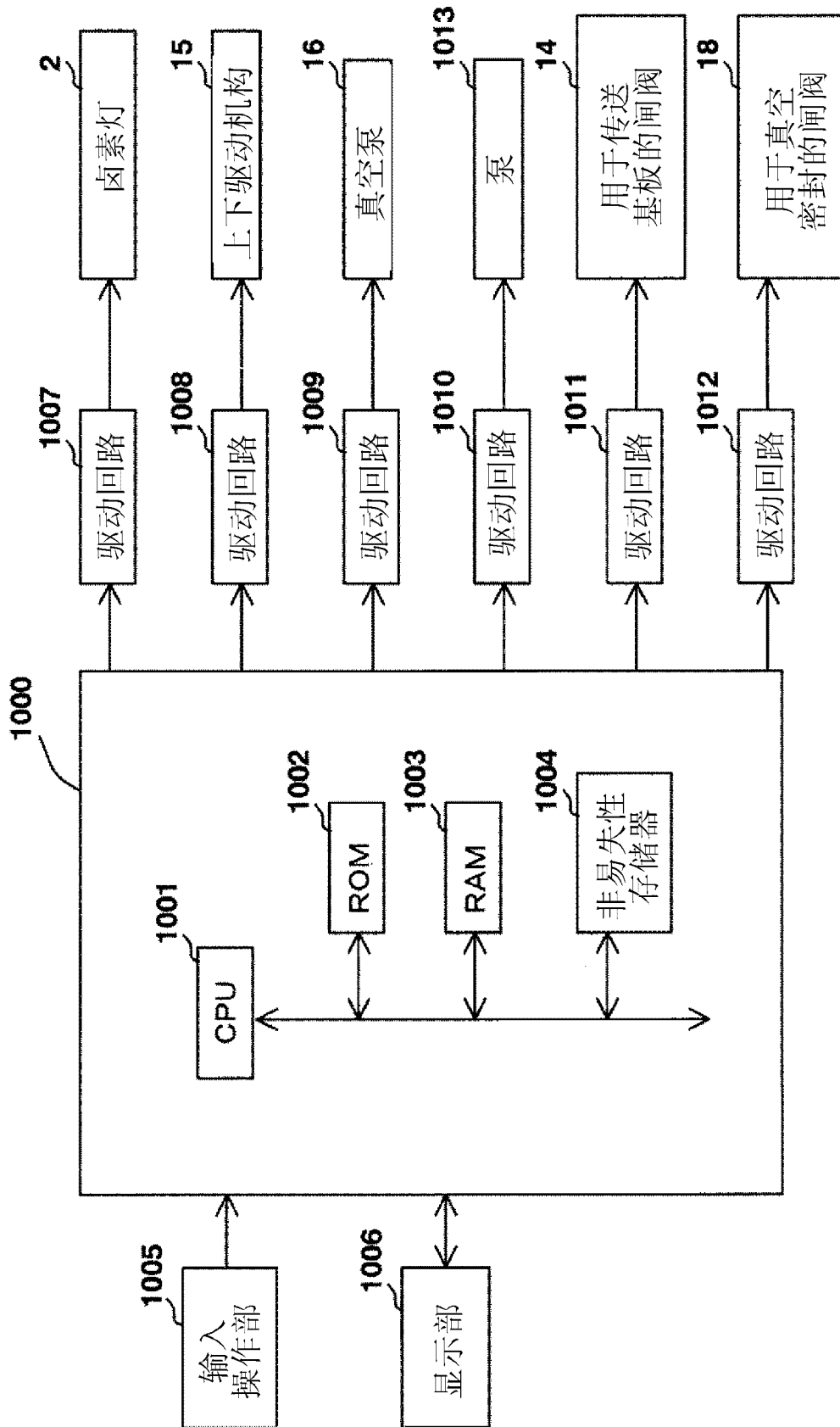


图 3

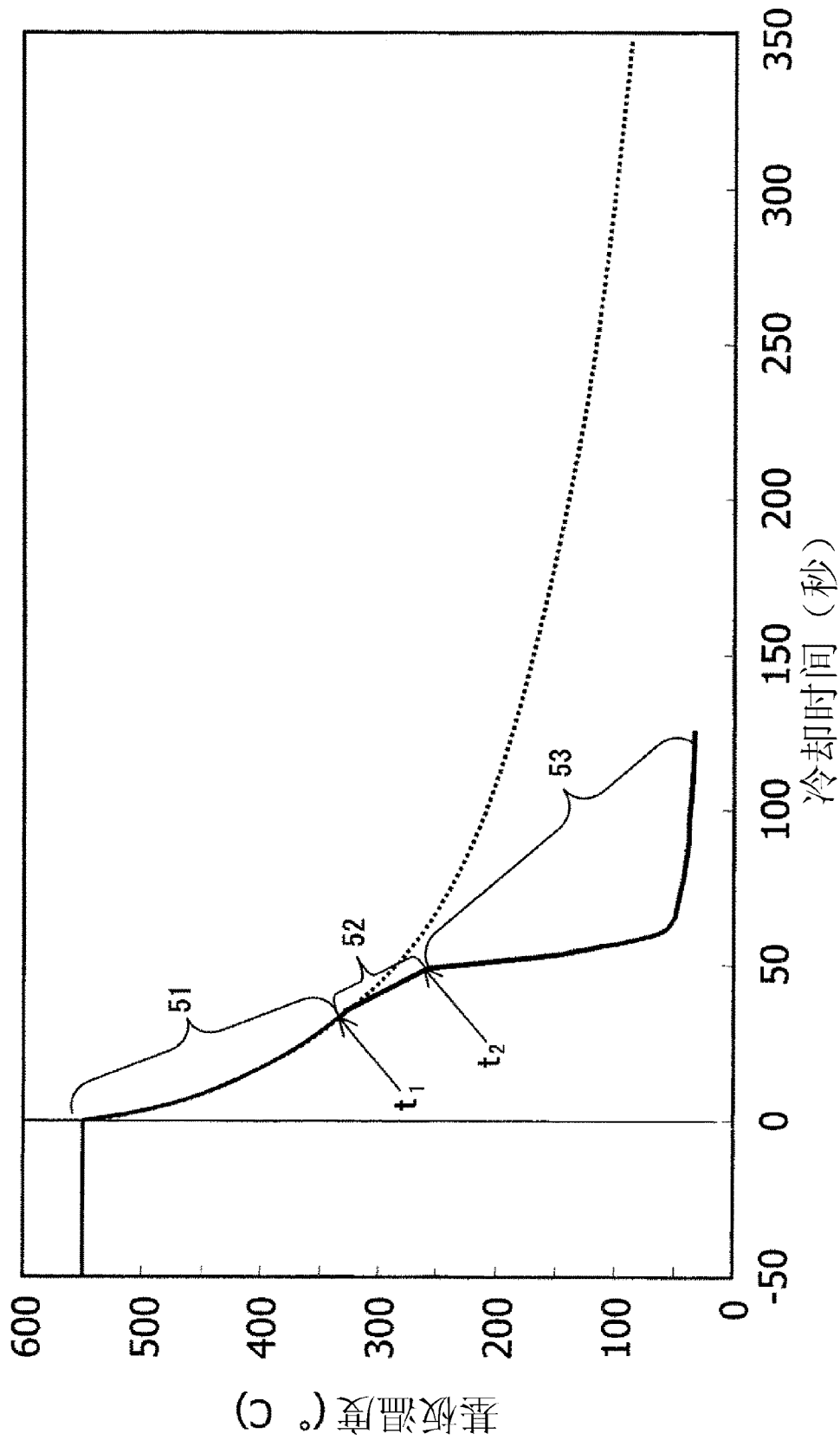


图 5

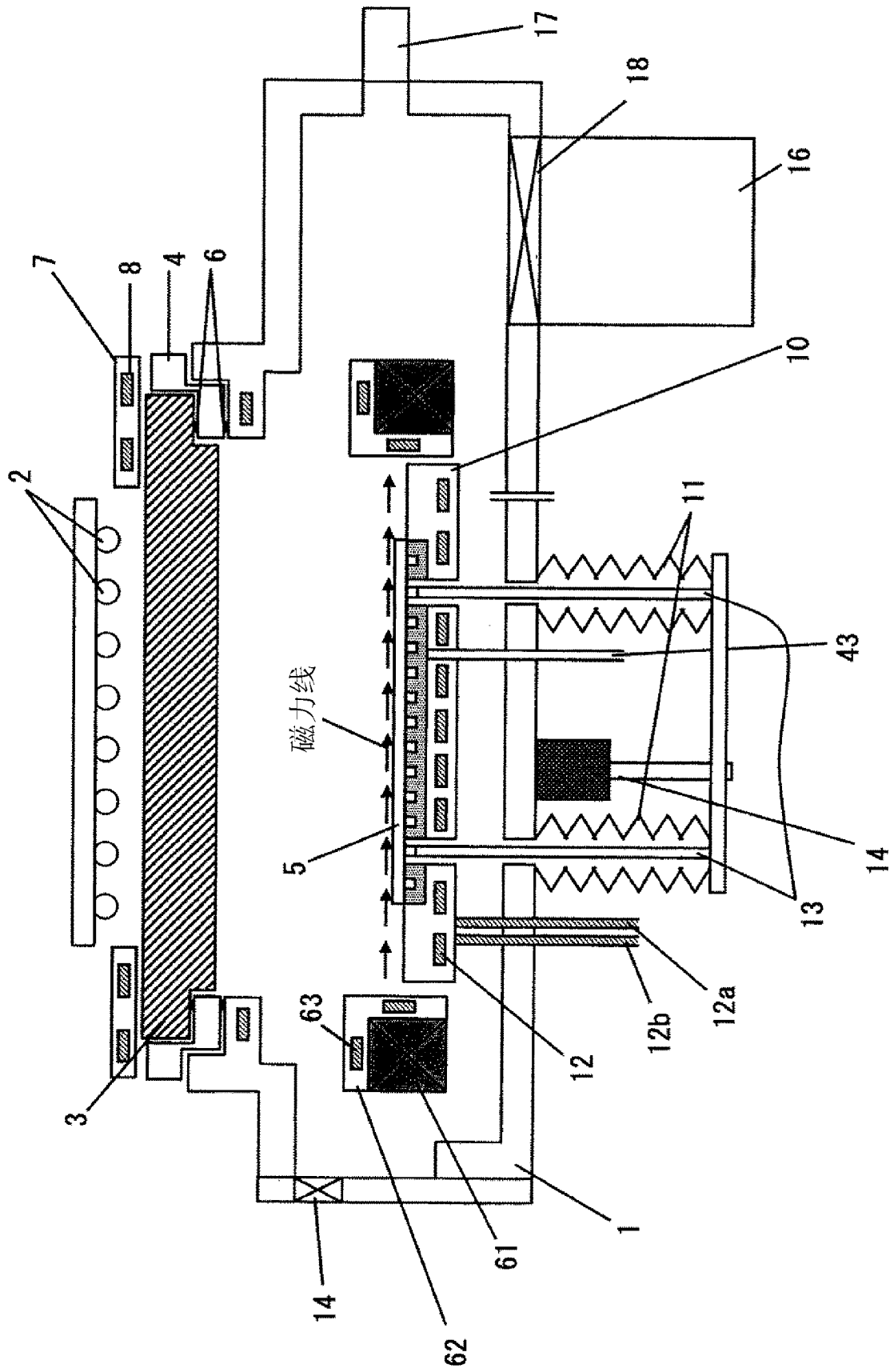


图 6

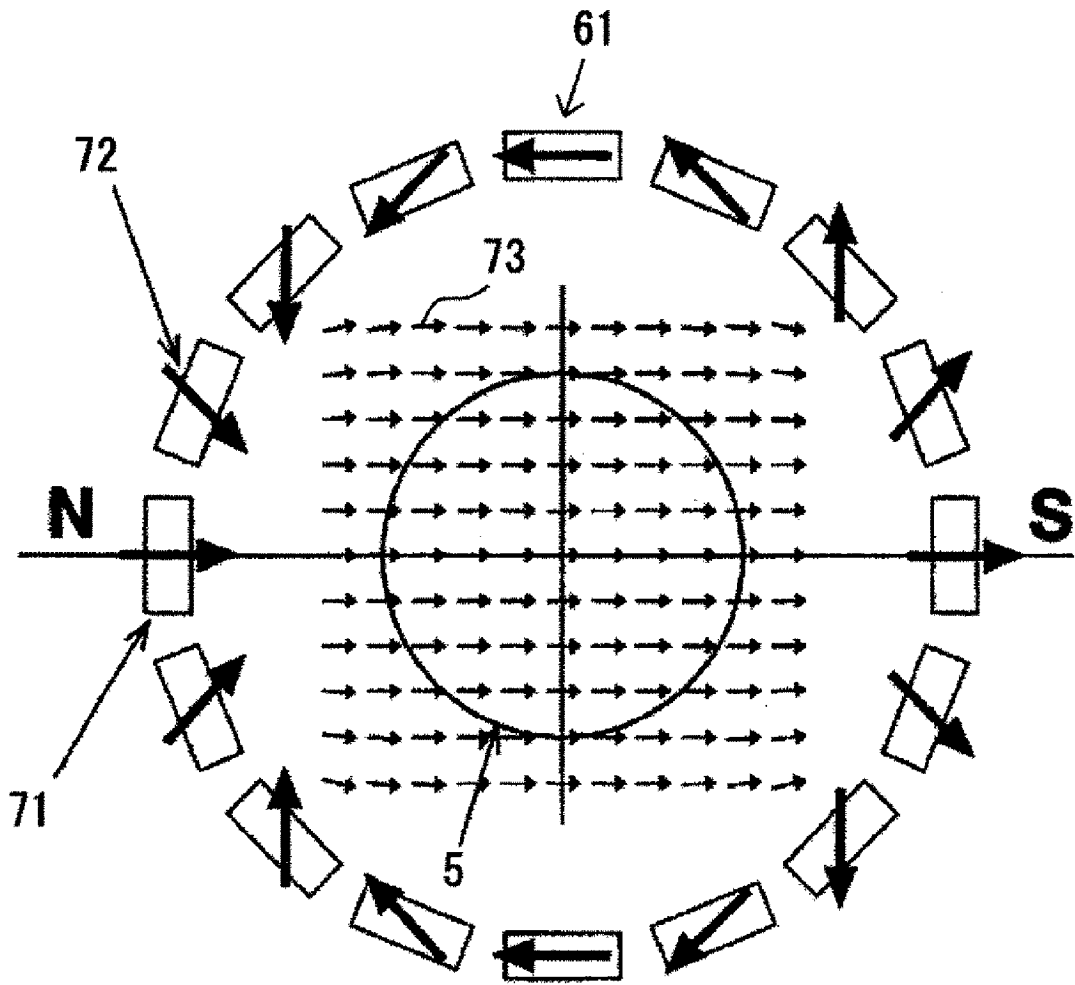


图 7

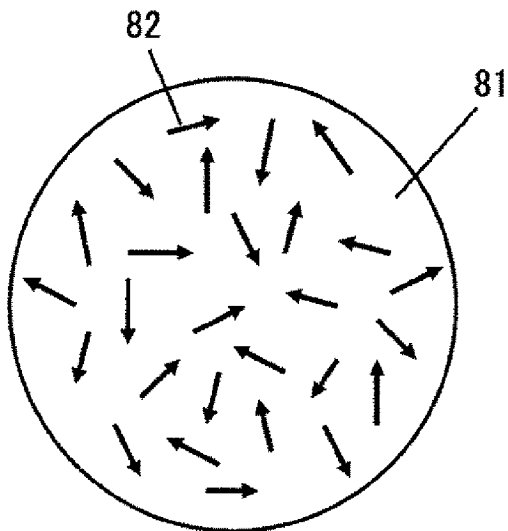


图 8A

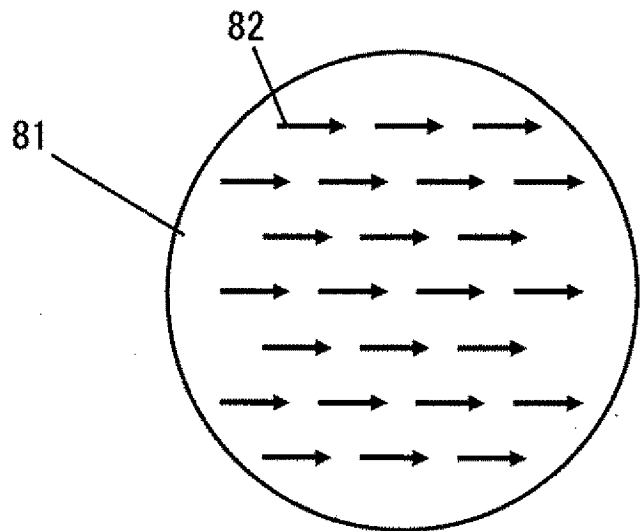


图 8B

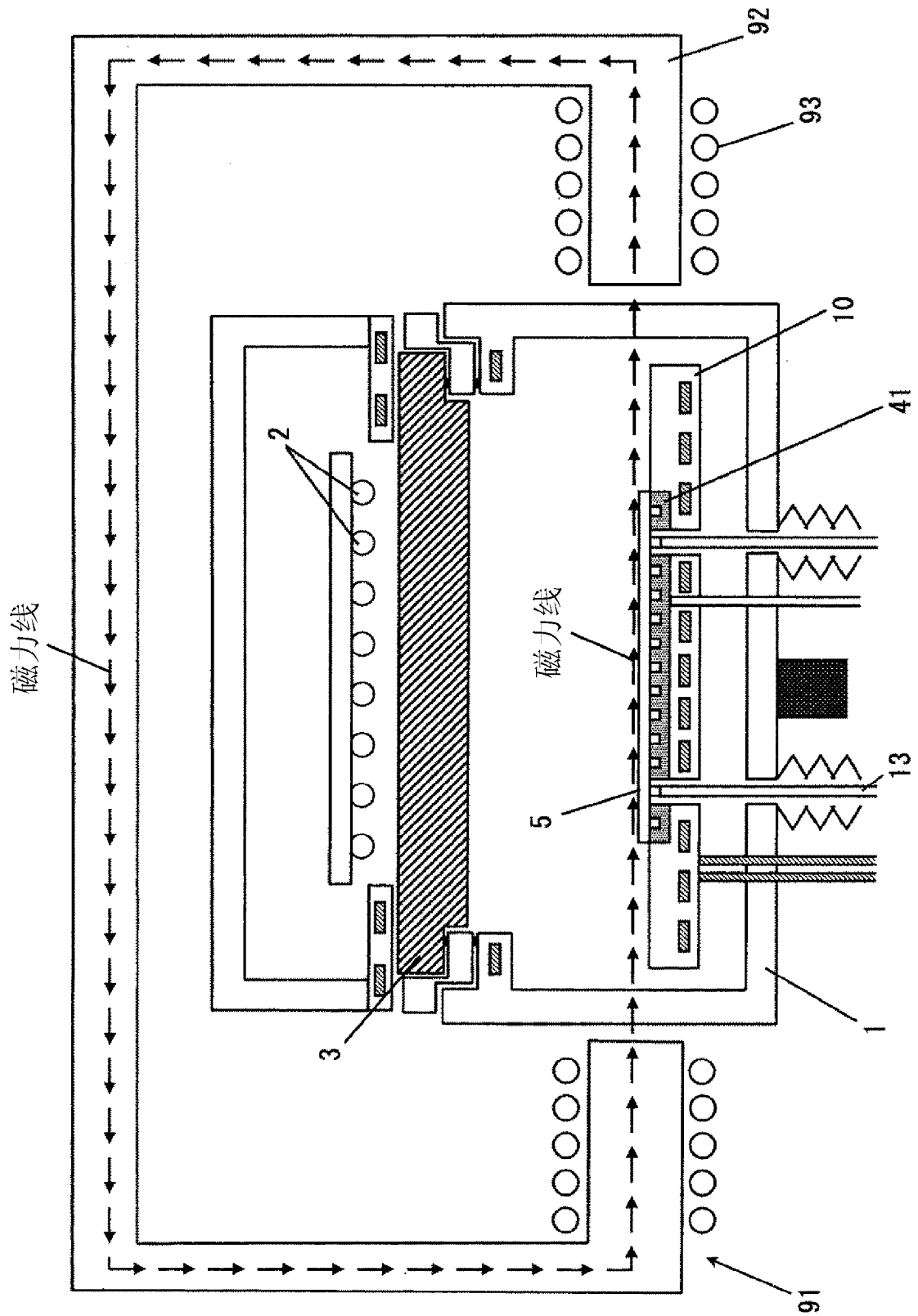


图 9

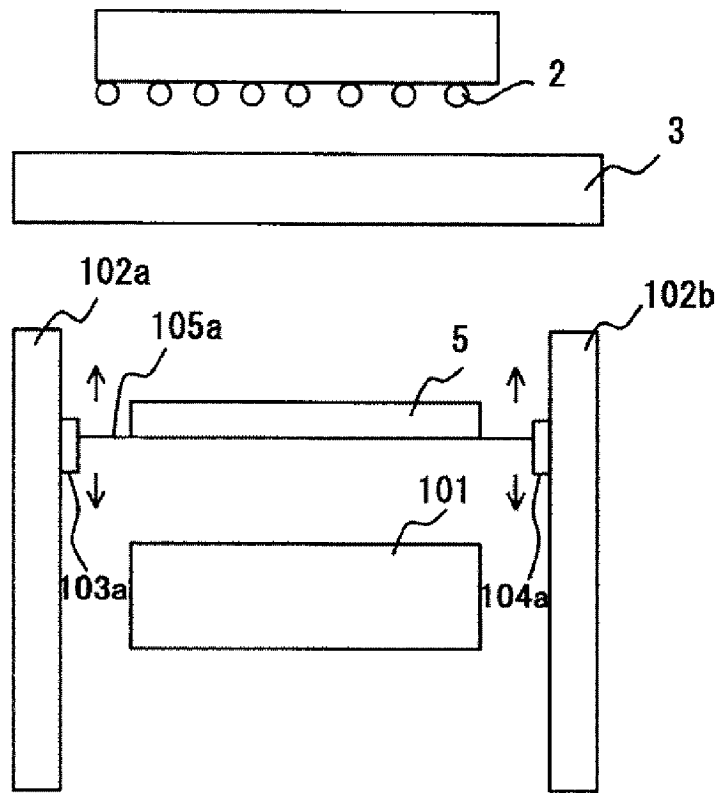


图 10A

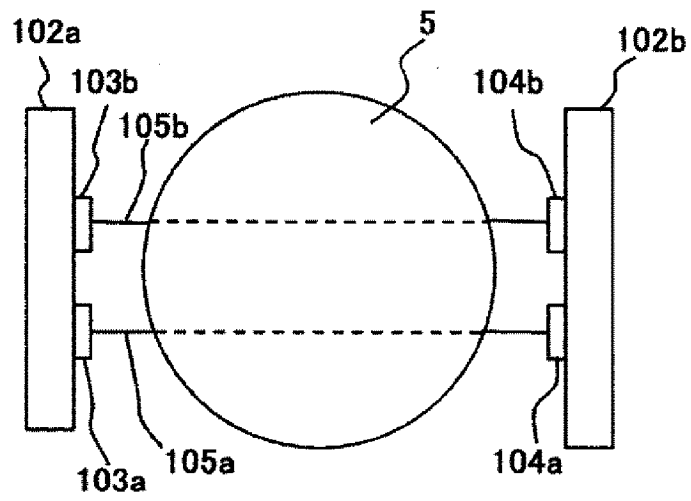


图 10B

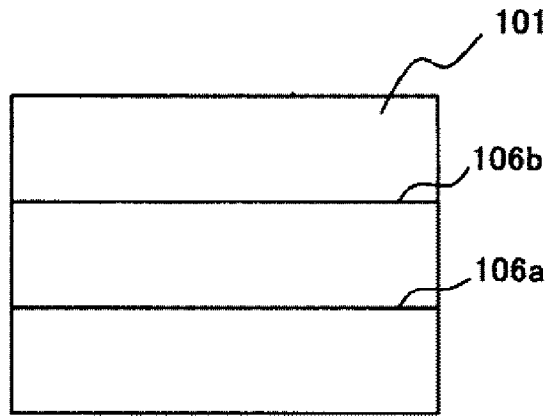


图 10C

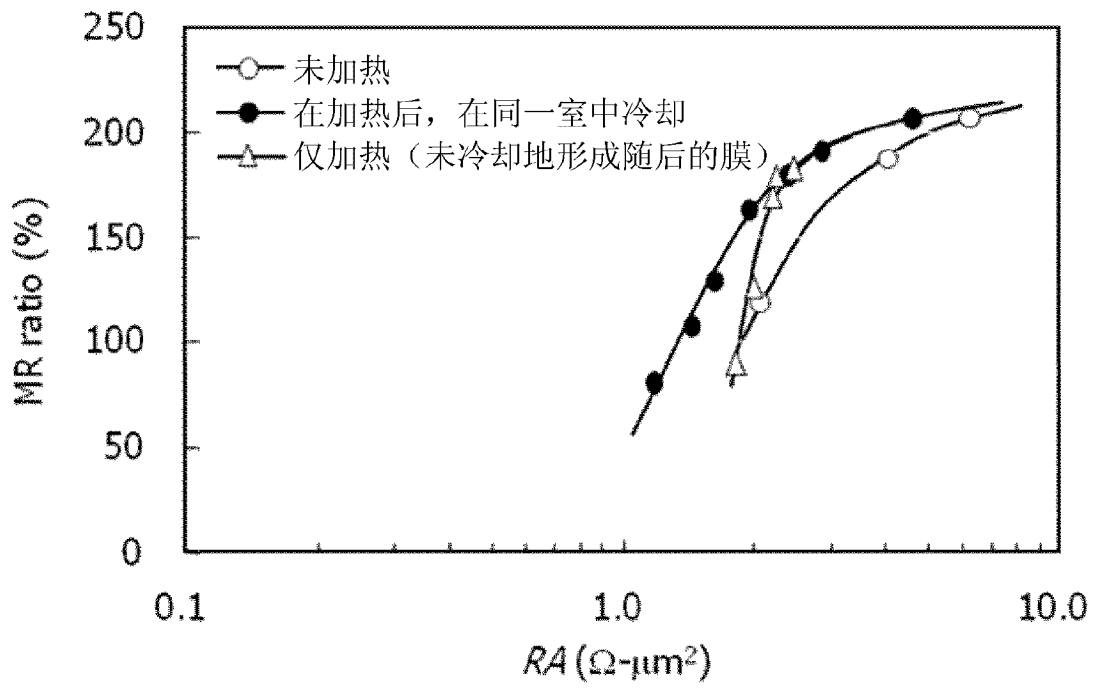


图 11