

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 14/35 (2006.01)

H01J 37/34 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03128660.7

[45] 授权公告日 2007 年 3 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1303245C

[22] 申请日 2003.3.14 [21] 申请号 03128660.7

[30] 优先权

[32] 2002. 3. 14 [33] KR [31] 13938/02

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 申在光 金圣九 朴荣奎 严显镒

[56] 参考文献

US5770025A 1998. 6. 23

JP8 - 253859A 1996. 10. 1

JP3 - 219076A 1991. 9. 26

JP2 - 34780A 1990. 2. 5

CN1215094A 1999. 4. 28

CN2030599U 1989. 1. 11

审查员 刘 琼

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 李晓舒 魏晓刚

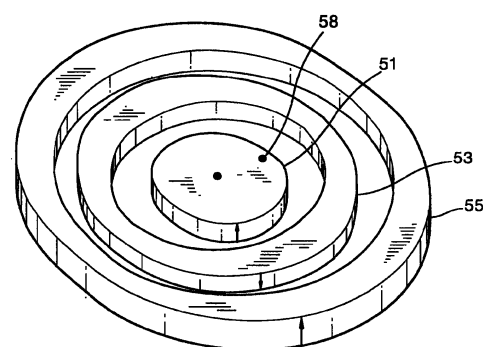
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 13 页

[54] 发明名称

溅射装置及其电极和该电极的制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种溅射装置及其电极和该电极的制造方法。该电极为旋转式磁控管套磁控管型 (RMIM) 电极。RMIM 电极包括: 磁体单元, 包括位于中央的柱形磁体和多个围绕柱形磁体的环形磁体; 以及驱动单元, 支承和离轴旋转磁体单元。在磁体单元中, 相邻磁体有相反的磁化方向, 具有小直径的环形磁体位于具有大直径的环形磁体内侧。



1. 一种旋转式磁控管套磁控管型电极，包括：
磁体单元，其包括位于中央的柱形磁体和多个围绕柱形磁体的环形磁体；以及
驱动单元，其支承和离轴旋转磁体单元，
其中，在磁体单元中，相邻磁体有相反的磁化方向，且具有小直径的环形磁体位于具有大直径的环形磁体内。
2. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，驱动单元包括：
非磁性旋转盘，其支承磁体单元；以及
旋转轴，其连接到非磁性旋转盘的中心，并离轴旋转非磁性旋转盘。
3. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，该多个环形磁体中的每一个的外部周界和内部周界不是彼此恰好一致。
4. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，该多个环形磁体彼此共享同一个中心，该柱形磁体和该多个环形磁体不共享该同一个中心。
5. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，该多个环形磁体和该柱形磁体中的每一个具有与另一个的中心不同的中心。
6. 根据权利要求2所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，还包括设置在非磁性旋转盘表面，并在非磁性旋转盘旋转的过程中使非磁性旋转盘保持平衡的配重。
7. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，在磁体单元中设置两个环形磁体。
8. 根据权利要求1所述的旋转式磁控管套磁控管型电极，其中，在磁体单元中设置超过两个的环形磁体。
9. 一种制造旋转式磁控管套磁控管型电极的方法，包括：
(a) 通过将一柱形磁体置于基础旋转式磁控管套磁控管型电极的中心，并布置多个环形磁体，使得具有小直径的环形磁体置于具有大直径的环形磁体内，从而柱形磁体可被多个环形磁体围绕，来形成一个基础旋转式磁控管套磁控管型电极，其中相邻磁体有相反的磁化方向；

(b) 通过离轴旋转基础旋转式磁控管套磁控管型电极, 推断水平磁场分量集中的位置; 以及

(c) 通过改变磁体的形状和布置来优化基础旋转式磁控管套磁控管型电极, 使得水平磁场分量可均匀分布。

10. 根据权利要求 9 所述的方法, 其中, 在步骤(b)中, 该柱形磁体和该多个环形磁体被固定在非磁性旋转盘上, 然后离轴旋转。

11. 根据权利要求 9 所述的方法, 其中, 步骤(b)包括:

制造溅射装置, 该装置包括基础旋转式磁控管套磁控管型电极、位于基础旋转式磁控管套磁控管型电极之上的靶、以及其上沉积靶材料的晶片;

通过离轴旋转基础旋转式磁控管套磁控管型电极, 在靶上进行溅射;
计算溅射过程中靶的每一部分被蚀刻的深度的分布; 以及
根据溅射过程中靶的每一部分被蚀刻的深度的分布, 推断水平磁场分量集中的位置。

12. 一种溅射装置, 包括:

第一电极单元, 在其上安放晶片;

第二电极单元, 其下设置有由沉积在晶片上的预定材料形成的靶;

磁体单元, 其位于第二电极单元后面, 包括位于磁体单元中心的柱形磁体和围绕柱形磁体的多个环形磁体; 以及

驱动单元, 其支承和离轴旋转磁体单元,

其中, 在磁体单元中, 相邻磁体有相反的磁化方向, 且具有小直径的环形磁体位于具有大直径的环形磁体内。

13. 根据权利要求 12 所述的溅射装置, 其中, 驱动单元包括:

非磁性旋转盘, 其支承磁体单元; 以及

旋转轴, 其连接到非磁性旋转盘中心, 并离轴旋转非磁性旋转盘。

14. 根据权利要求 12 所述的溅射装置, 其中, 该多个环形磁体中的每一个的外部周界和内部周界不是彼此恰好一致。

15. 根据权利要求 12 所述的溅射装置, 其中, 该多个环形磁体彼此共享同一个中心, 该柱形磁体和该多个环形磁体不共享该同一中心。

16. 根据权利要求 12 所述的溅射装置, 其中, 该多个环形磁体和该柱形磁体中的每一个具有与另一个的中心不同的中心。

17. 根据权利要求 13 所述的溅射装置，还包括设置在非磁性旋转盘表面，并在非磁性旋转盘旋转过程中使非磁性旋转盘保持平衡的配重。

18. 根据权利要求 12 所述的溅射装置，其中，在磁体单元中设置两个环形磁体。

19. 根据权利要求 12 所述的溅射装置，其中，在磁体单元中设置超过两个的环形磁体。

溅射装置及其电极和该电极的制造方法

技术领域

本发明涉及旋转式磁控管套磁控管型(rotation-magnetron-in-magnetron) (RMIM) 电极, 制造 RMIM 电极的方法, 和使用 RMIM 电极的溅射装置, 特别涉及, 磁控溅射方法中适用于制备高集成密度和低线宽的(半导体器件)技术和大尺寸晶片加工的 RMIM 电极, 制造该 RMIM 电极的方法, 和具有 RMIM 电极的溅射装置。

背景技术

物理气相沉积(PVD)和化学气相沉积(CVD)通常用于制造具有精细厚度的薄膜。在 CVD 方法中, 具有预定特征的薄膜通过化学反应获得。另一方面, 在 PVD 方法中, 薄膜通过将能量施加于预定材料上, 使得预定材料可以具有动能, 然后沉积到晶片上来形成。

总的来说, 有两种不同的 CVD 方法: 即溅射和蒸镀。在蒸镀方法中, 固体或液体被加热, 因此可以被分成分子或原子, 随后分子或原子被冷凝到晶片表面上。蒸镀装置已被广泛应用于制造半导体器件, 因为其结构简单, 并且可被应用于不同材料。

溅射是一种将薄膜沉积到晶片上的方法, 其中, 具有高能量的粒子与由所需材料形成的靶相撞, 使材料从靶射出, 沉积到晶片上。溅射可用于形成在大面积上具有相对均匀厚度的薄膜, 并在形成合金薄膜时, 比其他沉积方法易于控制薄膜的成分比。因此, 溅射已被广泛应用于半导体器件的制造, 比如 DRAM、SRAM、NVM、LOGIC 和其它电子器件。

现有多种溅射方法, 包括双极溅射方法和磁控管溅射方法, 它们都被广泛使用。射频(RF)或直流(DC)双极溅射方法是简单的, 然而需要很长时间形成层, 在层的形成过程中, 温度的增加, 层的破坏, 或成分分离可能发生。为了解决双极溅射方法的缺点, 开发了磁控管溅射方法(magnetron sputtering method)。

磁控管溅射方法是一种生成高密度等离子体的方法, 将平行磁场施加

到靶的表面，于是在靠近阴极（即靶）的地方捕获电子。与双极溅射方法中不同，在磁控管溅射方法中，可以高速沉积层，并通过控制二次电子阻止晶片温度的增加。而且，在磁控管溅射方法中，低压高密度等离子体环境可以利用磁场在反应器中产生，于是通过促使溅射粒子直线行进来使得溅射粒子可高效沉积在具有阶梯差的区域，台阶覆盖性可得以提高。

图 1 是描述现有磁控管溅射装置的示意图。参考图 1，晶片 17 安装在晶片支架 19 上，晶片支架 19 位于真空室 21 中，靶 11 面对晶片支架 19 设置。在磁控管溅射装置中，磁体 15 布置在靶 11 后面的旋转盘 29 上，于是在预定方向产生磁场线(magnetic field line)。另外，在真空室 21 外部提供了电源 27，因此电压可以提供到靶 11 上的电极 13 上。在旋转盘 29 的一端提供了配重(balance weight)16，用于平衡磁体 15 的重量，因此旋转盘 29 可以平衡旋转。

如果真空室 21 维持在预定的真空度，一种惰性气体，比如氩，被加到真空室 21 内，随后由于施加到电极 13 的负电压，发生放电。放电的结果，由电离气体分子、中性分子和电子组成的等离子体在真空室 21 中产生，电离气体分子的移动速度通过负电压加速，因此他们最后与靶 11 碰撞。靶 11 表面的原子，通过气体分子的碰撞获得动能，从靶 11 发射出，发射出的原子以薄膜的形式沉积在晶片 17 上。沉积的薄膜的厚度依赖于施加到电极 13 上的电压、真空室 21 的真空度和沉积薄膜所用的时间。

但是，在磁控管溅射方法中，很难有效控制带电粒子的运动，特别是反应器中的二次电子，其是影响磁控管溅射方法的性能的关键因素。在水平磁场集中在特定区域的情况下，靶 11 被不规则地刻蚀，于是靶 11 的粒子沉积在晶片 17 上而具有不规则的厚度。另外，现有的使用磁控管阴极的磁控管溅射装置难于满足制造具有低线宽的高度集成器件和处理大尺寸晶片的不断提高的需要。

移动磁体型磁控管溅射方法被认为在薄膜均匀方面优于其他的磁控管溅射方法。图 2 至 4 是描述现有移动磁体型磁控管阴极的示意图。特别是，图 2 描述了自由式磁控管阴极，图 3 描述了准直管沉积系统式磁控管阴极，图 4 描述了自电离等离子体式单一移动磁控管阴极。

这些磁控管阴极技术在处理低线宽（ $0.14\ \mu\text{m}$ 或更小）和大的长径比（5:1 或更大）时是无效的，因为其导致不对称沉积的薄膜、下降的薄膜均

匀性、以及伴随着靶的局部刻蚀的靶材料的无效使用。在本领域中已经付出了艰苦努力，以改善传统阴极，并且因而通过改进部件而不是阴极，比如准直管和长射程喷射机(long throw sputter)来增强靶粒子直线行进的趋势。

发明内容

本发明提供了一种溅射装置，其通过优化磁控管溅射方法中反应器内的等离子体环境而适用于提供高集成密度和低线宽的半导体器件技术、以及处理大尺寸晶片的工艺。

根据本发明的一个方面，提供一种 RMIM 电极。该 RMIM 电极包括：一个磁体单元，其包括一个位于中央的柱(cylinder)形磁体和多个围绕该柱形磁体的环形磁体；以及一个驱动单元，其支承和离轴旋转(off-axis-rotating)该磁体单元。在磁体单元中，相邻磁体有相反的磁化方向，且小直径的环形磁体放置在大直径的环形磁体内。

更优选地，驱动单元包括一个支承磁体单元的非磁性旋转盘和一个旋转轴，该旋转轴连接到非磁性旋转盘的中心并离轴旋转非磁性旋转盘。

更优选地，磁体具有不对称形状。

更优选地，磁体彼此不共享同一个中心。

更优选地，RMIM 电极进一步包括设置在非磁性旋转盘表面，并在非磁性旋转盘旋转时使非磁性旋转盘保持平衡的配重。

更优选地，在磁体单元中设置两个环形磁体。

更优选地，在磁体单元中设置超过两个的环形磁体。

根据本发明的另一方面，提供一种制造 RMIM 电极的方法。方法包括：(a)通过将一柱形磁体置于基础(basic)RMIM 电极的中心，并布置多个环形磁体，以使小直径环形磁体置于大直径环形磁体内部，从而该柱形磁体被多个环形磁体包围，来形成一个基础 RMIM 电极，其中相邻磁体有相反的磁化方向；(b)通过离轴旋转基础 RMIM 电极，推断水平磁场分量集中的位置；以及(c)通过改变磁体的形状和排列，优化基础 RMIM 电极，使得水平磁场分量可均匀分布。

优选地，步骤(b)中，磁体固定在非磁性旋转盘上，然后离轴旋转。

优选地，步骤(b)包括：制造溅射装置，该装置包括基础 RMIM 电极、位于基础 RMIM 电极上方的靶、以及其上将要沉积靶材料的晶片；通过离

轴旋转该基础 RMIM 电极，在靶上进行溅射；计算溅射过程中靶的每一部分被蚀刻的深度分布；并根据靶的深度分布推断水平磁场分量集中的位置。

根据本发明的再一个方面，提供一种溅射装置。该溅射装置包括：第一电极单元，在其上安装晶片；第二电极单元，其下提供有由沉积在晶片上的预定材料形成的靶；一个磁体单元，位于第二电极单元后面，并包括一个位于磁体单元中心的柱形磁体和围绕该柱形磁体的多个环形磁体；以及一个驱动单元，其支承和离轴旋转磁体单元。在磁体单元中，相邻磁体有相反的磁化方向，且小直径环形磁体位于大直径环形磁体内部。

更优选地，驱动单元包括一个支承磁体单元的非磁性旋转盘、以及连接到非磁性旋转盘的中心并离轴旋转该非磁性旋转盘的旋转轴。

更优选地，磁体具有不对称形状。

更优选地，磁体彼此不共享同一个中心。

更优选地，溅射装置进一步包括设置在非磁性旋转盘表面、并在非磁性旋转盘旋转时使非磁性旋转盘保持平衡的配重。

更优选地，在磁体单元内提供两个环形磁体。

更优选地，在磁体单元提供超过两个的环形磁体。

本发明提供一种采用非对称多重磁场分割法 (asymmetric multiple magnetic field division method) 的 RMIM 电极，一种制造 RMIM 电极的方法，以及一种使用 RMIM 电极的磁控管溅射装置。因此，可以满足在间隙填充过程中提供低的线宽和处理大尺寸晶片的需要。另外，可以均匀地刻蚀靶，增强溅射过程中沉积在晶片上的薄膜的台阶覆盖性和厚度均匀性。

附图说明

通过参考附图详细描述示例性实施例，本发明的上述及其他特征和优点将更明显，图中：

图 1 是现有磁控管溅射装置的横截面图；

图 2 是现有自由式阴极的照片；

图 3 是现有准直管沉积系统式阴极的照片；

图 4 是现有自电离等离子体阴极的照片；

图 5A 是根据本发明优选实施例的旋转式磁控管套磁控管型 (rotation magnetron in magnetron) (RMIM) 阴极的透视图；

图 5B 是根据本发明优选实施例的 RMIM 阴极的平面图;

图 5C 是根据本发明优选实施例的 RMIM 阴极的横截面图;

图 6A 是根据本发明优选实施例的基础 RMIM 阴极的平面图;

图 6B 是显示如图 5B 所示的 RMIM 阴极的水平磁场分量的分布的三维图;

图 7A 是现有磁控管阴极的平面图;

图 7B 是显示图 7A 所示的现有磁控管阴极的水平磁场分量分布的三维图;

图 8A 是根据本发明优选实施例在 RMIM 阴极制造方法的第一阶段中 RMIM 阴极的平面图;

图 8B 是刻蚀后的靶的外形, 在使用如图 8A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置中在该靶上已经进行了溅射;

图 9A 是根据本发明优选实施例在 RMIM 阴极制造方法的第二阶段中 RMIM 阴极的平面图;

图 9B 是显示刻蚀后的靶的外形的图, 在使用如图 9A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置中已经在该靶上进行了溅射;

图 10A 是根据本发明优选实施例在 RMIM 阴极制造方法的第三阶段中 RMIM 阴极的平面图;

图 10B 是显示刻蚀后的靶的外形的图, 在使用如图 10A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置中已经在该靶上进行了溅射;

图 11A 是根据本发明优选实施例在 RMIM 阴极制造方法的第四阶段中 RMIM 阴极的平面图;

图 11B 是显示刻蚀后的靶的外形的图, 在使用如图 11A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置中已经在该靶上进行了溅射;

图 12 是根据本发明优选实施例的溅射装置的横截面图;

图 13 是曲线图, 用于比较使用被认为优于其他现有磁控管阴极的现有 ULP 阴极获得的刻蚀后的靶的轮廓, 与使用根据本发明优选实施例的 RMIM 阴极获得的刻蚀后的靶的外形; 以及

图 14 是曲线图, 用于比较使用根据本发明优选实施例的 RMIM 阴极执行溅射而沉积在晶片上的靶材料形成的薄膜每一部分的厚度, 与使用现有的 ULP 阴极执行溅射而沉积在晶片上的靶材料形成的薄膜每一部分的厚

度。

具体实施方式

在下文中，将参考描述本发明优选实施例的附图，详细描述根据本发明的 RMIM 电极和制造 RMIM 电极的方法。这儿，RMIM 电极可以是 RMIM 阳极，或者是 RMIM 阴极。但是，由于在溅射装置中通常仅使用 RMIM 阴极，因此将主要集中在 RMIM 阴极和其制造方法上来描述根据本发明的 RMIM 电极和其制造方法。本发明也可用于 RMIM 阳极和其制造方法。

图 5A 到图 5C 分别描述了根据本发明优选实施例的 RMIM 电极的透视图，平面图，侧视图。参考图 5A 到图 5C，RMIM 电极包括位于中心的柱形第一磁体 51，其中设置第一磁体 51 的环形第二磁体 53，其中设置第二磁体 52 的环形第三磁体 55。第一到第三磁体 51、53 和 55 具有与其相邻的配对磁体相反的磁方向，使得磁场线可以相连，从而产生磁场。这里两个环形磁体提供在 RMIM 电极内。但是本发明不限于上述举例的环形磁体的数目。

现有的 RMIM 电极具有对称结构，其中，水平磁场分量强度高的地方和水平磁场分量强度低的地方以规则的方式出现，并在特定区域集中。因此，等离子体也集中到 RMIM 电极中的特定区域。因此，靶的相应于 RMIM 电极特定区域的部分更可能比其它部分易受刻蚀，使得靶作为整体被不规则地蚀刻。但是，根据本发明的 RMIM 电极以非对称的方式旋转，使得水平磁场分量强度高的地方和水平磁场分量强度低的其它地方的位置低速连续变化而不固定。

参考图 5A 到图 5C，第一到第三磁体 51、53 和 55 每个均形成具有非对称形状，使得第一到第三磁体 51、53 和 55 每一个的外部周界(perimeter)和内部周界都不是彼此恰好一致。而且，第一到第三磁体 51、53 和 55 每一个的外部周界都具有彼此间的不规则距离，且不规则地形成。第一到第三磁体 51、53 和 55 的几何形状通过计算顺序确定，使得在第一到第三磁体 51、53 和 55 中产生的水平磁场分量可被均匀分配，而不是集中到特定区域。

参考图 5A，第一和第三磁体 51 和 55 有向上的磁化方向，第二磁体 53 有相反的磁化方向，即向下的磁化方向。此处，第一到第三磁体 51、53 和

55 的磁化方向可被设置为不同于图 5A 所示。但是，在任何情况下，相邻磁体必须有相反的磁化方向。

参考图 5B，第一到第三磁体 51、53 和 55 围绕旋转中心 58 旋转，这被称为离轴旋转，因为旋转中心 58 不相应于第一到第三磁体 51、53 和 55 的中心。旋转中心 58 偏离第一到第三磁体 51、53 和 55 的中心。旋转中心 58 通过多次实验确定，使得不对称多重磁场可被增强，靶可被均匀蚀刻，且靶材料可被沉积在晶片上而有均匀厚度。在图 5 中，在第一到第三磁体 51、53 和 55 每一个的内部和外部周界之间有 8 个水平磁场分量集中的位置，它们用 L、M、N、O、P、Q、R 和 S 表示。

由于旋转中心 58 和第一磁体 51 的中心不同，所以位置 L、M、N、O、P、Q、R 和 S 不对称地旋转，画出不同轨迹，使得水平磁场分量可均匀分布，而限于 8 个位置 L、M、N、O、P、Q、R 和 S。

图 5C 是根据本发明优选实施例的 RMIM 电极的横截面视图，其沿着图 5B 的线 A-A' 截取。参考图 5C，RMIM 电极包括支承和旋转第一到第三磁体 51、53 和 55 的驱动单元。驱动单元包括支承第一到第三磁体 51、53 和 55 的非磁性旋转盘 69，以及从旋转中心 58（即非磁性旋转盘 69 的中心）伸出，并导致非磁性旋转盘 69 的离轴旋转的旋转轴 52。另外，可在非磁性旋转盘 69 上进一步提供配重（图 12 中的 56），以使非磁性旋转盘 69 保持平衡。

参考图 5C，从第一磁体 51 开始的磁场线进入第二磁体 53，从第三磁体 55 开始的磁场线进入第二磁体 53。由于 $\vec{E} \times \vec{B}$ 漂移(drift)，电子（即等离子体）被限制在靶表面，使得被蚀刻的靶的数量增加。

参考图 5B，在第一到第三磁体 51、53 和 55 不旋转的情况下，水平磁场分量集中在沿图 5B 的线 A-A' 分布的区域 P、Q、R 和 S 上。但是，即使在第一到第三磁体 51、53 和 55 绕旋转轴 58 旋转的情况下，区域 Q 和 R 彼此也不重叠，且区域 P 和 S 彼此不重叠，因为旋转轴 58 不同于第一磁体 51 的中心。因此，水平磁场分量集中的位置 P、Q、R 和 S 可通过第一到第三磁体 51、53 和 55 绕旋转轴 58 旋转而在靶的整个区域上均匀分布。另外，可通过增加第一到第三磁体 51、53 和 55 每个的体积，并由此增加水平磁场分量的强度，来增加被蚀刻的靶的数量。

图 6A 是根据本发明优选实施例的基础 RMIM 阴极的平面图，图 6B 是

显示包括基础 RMIM 阴极的溅射装置在靶上产生的水平磁场分量的强度和分布的图。

参考图 6A，基础 RMIM 阴极包括柱形的第一磁体 61，环形的并围绕第一磁体 61 的第二磁体 63，环形的并围绕第二磁体 63 的第三磁体 65。第二和第三磁体 63 和 65 每个的内部和外部周界形成同心圆，使得其间的距离是规则的。但是第一磁体 61 的中心，处于低于第二磁体 63 的中心的位位置，如图 6A 所示。第一到第三磁体 61、63 和 65 的旋转中心 68 位于高于第一磁体 61 的中心的位位置。

水平磁场分量集中在第一磁体 61 和第二磁体 63 之间的区域 M、N、Q 和 R 上，以及第二磁体 63 和第三磁体 65 之间的区域 L、O、P 和 S 上。第一到第三磁体 61、63 和 65 不旋转时，水平磁场分量在区域 R 强于任何其他区域。但是当第一到第三磁体 61、63 和 65 旋转时，区域 N、M 和 Q 作圆周运动，画出和区域 R 的相同的轨迹。因此，当第一到第三磁体 61、63 和 65 旋转时，水平磁场分量不是总在区域 R 最强。

当第一到第三磁体 61、63 和 65 围绕旋转中心 68 旋转时，区域 Q 和 R 作圆周运动，画出相似的轨迹，且区域 N 和 M 作圆周运动，画出相似的轨迹。另外，当第一到第三磁体 61、63 和 65 旋转时，区域 P、S、L 和 O 也作圆周运动，画出相似的轨迹。

图 6B 示出了通过优化图 6A 所示的基础 RMIM 阴极而获得的图 5B 的 RMIM 阴极停止时，在靶上产生的水平磁场分量的强度。在图 6B 中，峰值 P1 和 P2 表示分别在区域 M、N、Q 和 R，以及在区域 L、O、P 和 S 处产生的水平磁场分量，峰值 P3 表示在 RMIM 阴极外部产生的水平磁场分量。

图 7A 是现有极低压(ULP)阴极的平面图，图 7B 是显示使用包括图 7A 的 ULP 阴极的溅射装置在靶上产生的水平磁场分量的强度和分布的图。

参考图 7A，现有的 ULP 阴极包括柱形第一磁体 71 和围绕第一磁体 71 的第二磁体 73，并绕旋转中心 78 旋转，该中心位于第二磁体 73 的下部。

在图 7A 所示的现有 ULP 阴极中，水平分量磁区域集中在区域 F、G、H 和 I 处。在区域 F、G、H 和 I，当绕旋转中心 78 旋转时，区域 G 画出最小的圆周，随后是区域 I 和 H。当绕旋转中心 78 旋转时，区域 F 画出最大的圆周。第一和第二磁体 71 和 73 产生的水平磁场分量有如图 7B 所示的分布方式。水平磁场分量的强度在区域 F、G、H 和 I 最大。

参考图 6B 和 7B, 与图 7B 的现有 ULP 阴极在靶上产生的水平磁场分量强度相比, 图 6B 的通过 RMIM 阴极在靶上产生的水平磁场分量的强度更强, 并具有更宽广的分布。特别是, 在图 6B 中, 水平磁场分量在第一到第三磁体 61、63 和 65 之间的整个空间上几乎均匀分布。但是, 在图 7B 中, 水平磁场分量集中在第一磁体 71 和第二磁体 73 之间的空间上。

在使用图 7A 所示的现有 ULP 阴极进行溅射时, 等离子体集中在水平磁场分量集中、且因此强度达到峰值的位置上。靶的相应于水平磁场分量具有峰值强度的位置的部分更可能被刻蚀, 其它部分则更不可能被刻蚀。因此, 靶作为整体被不规则刻蚀, 于是靶材料沉积在晶片上, 特别被集中在晶片面对第一磁体 71 的部分上。因此, 靶材料不规则沉积在晶片上, 使得沉积在晶片上的靶材料形成的薄膜的厚度均匀性下降。

但是, 即使在使用如图 6A 所示的基础 RMIM 阴极时, 水平磁场分量也未均匀分布在整个靶上。因此, 必须改变基础 RMIM 阴极的几何形状, 改变旋转中心的位置。

因此, 在将在下文中描述的根据本发明优选实施例制造 RMIM 阴极的方法中, 将顺序改变如图 6A 所示的基础 RMIM 阴极的几何形状, 于是形成采用不对称多重磁场分布的 RMIM 阴极, 如图 5A 到 5C 所示。因此, 靶整体可被均匀蚀刻, 靶被蚀刻的数量可以增加, 且靶材料在晶片上形成的薄膜的厚度可以变得均匀。

图 8A、9A、10A 和 11A 是根据本发明优选实施例制造 RMIM 阴极的方法中制造的不同的 RMIM 阴极的平面图, 图 8B、9B、10B 和 11B 是显示分别使用如图 8A、9A、10A 和 11A 所示的 RMIM 阴极获得的蚀刻靶的外形的曲线图。

在根据优选实施例制造 RMIM 阴极的方法中, 在靶表面形成的水平磁场分量的强度和分布直接影响蚀刻靶的轮廓。因此, 通过根据磁体的位置和每个磁体的体积执行蚀刻靶轮廓的变化的模拟, 并在 RMIM 阴极的制造中反映模拟结果, RMIM 阴极可以被优化。这儿, RMIM 阴极中水平磁场分量集中的预定位置被设定为参考点 P、Q、R、S、L、M、N 和 O, 并在改变磁体位置时, 要考虑到上述各点。

以下, 将描述根据本发明优选实施例, 制造具有优化结构的 RMIM 阴极的过程。每个磁体的厚度和宽度, 每个磁体的内部周界和外部周界的直

径，旋转中心和磁体中心的距离不限于下文中描述的预定值，本发明不限于这里阐明的实施例。

图 8A 显示了基础 RMIM 阴极，其中，第一磁体 61a 位于中心并被多个磁体包围，例如，第二和第三磁体 63a 和 65a，旋转中心 68a 与第一到第三磁体 61a、63a 和 65a 的中心一致。这里相邻磁体有相反的磁化方向。

特别是，RMIM 阴极被制造，使得第二磁体 63a 位于第三磁体 65a 内侧，第三磁体 65a 的直径大于第二磁体 63a 的直径。第一到第三磁体 61a、63a 和 65a 被固定在非磁性旋转盘上，因此它们均可以进行离轴旋转。

第一磁体 61a 为柱形，直径大约为 4cm。第一磁体 61a 的中心与旋转中心 68a 一致。

第二磁体 63a 为环形，它的中心位于 Y 轴的 (+) 方向上远离旋转中心 68a 大约 1cm 的位置，如图 8A 所示。第二磁体 63a 的宽度，也就是说，第二磁体 63a 的内部和外部周界之间的距离为 2cm，第二磁体 63a 的外周界的直径为 16cm。

第三磁体 65a 为环形，它的中心与旋转中心 68a 一致。第三磁体 65a 的宽度为 2cm，第三磁体 65a 的外周界的直径为 28cm。

如上所述，有 8 个水平磁场分量集中的位置 P、Q、R、S、L、M、N 和 O，这 8 个位置设置为优化的 RMIM 阴极的制造中得以考虑的参考点。

图 8B 显示了使用图 8A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置获得的靶的轮廓。参考图 8B，在点 B 靶蚀刻的量最大，其相应于靶上远离靶边缘 0.11m 的位置。在相应于点 B 的位置靶被蚀刻的深度为 1mm。在远离靶边缘 0.18m 的位置，靶被蚀刻的深度为 0.6mm，在远离靶边缘 0.05m 的位置，靶被蚀刻的深度为 0.3mm。如图 8B 所示，在远离靶边缘 0.05m 的位置和远离靶边缘 0.1m 的位置之间，以及在远离靶边缘 0.15m 的位置，靶几乎不被蚀刻。相应于图 8B 中点 B 的位置属于第一磁体 61a 和第二磁体 63a 之间的某处，如图 8A 所示，这表明水平磁场分量仍集中在第一磁体 61a 和第二磁体 63a 之间的空间，包括位置 Q、R、N 和 M。

在获得如图 8B 所示的蚀刻靶轮廓之后，计算出水平磁场分量集中的位置，然后第一到第三磁体 61a、63a 和 65a 的形状和布置被适当改变，于是优化了 RMIM 阴极，使得水平磁场分量可均匀分布。

为了均匀地蚀刻靶且防止靶的特定区域比其他区域被蚀刻得更多，如

图 8B 所示, 第一到第三磁体 61a、63a 和 65a 被分别转变成如图 9A 所示的第一到第三磁体 61b、63b 和 65b。

特别地, 第一磁体 61b, 就像第一磁体 61a, 是柱形的, 且将旋转中心 68b 作为它的中心。但是, 第一磁体 61b 的直径是 6cm, 这比第一磁体 61a 的直径大 2cm。

第二磁体 63b 是环形的, 它的中心位于 Y 轴的 (-) 方向上远离旋转中心 68b 大约 1.9cm 的位置。第二磁体 63b 通过修改第二磁体 63a 的内部周界而形成, 使得第二磁体 63b 的宽度, 即第二磁体 63b 的内部和外部周界之间的距离在最小值 1.5cm 和最大值 3cm 之间逐渐变化, 且第二磁体 63b 外部周界的直径大约为 18.5cm。

第三磁体 65b 和第二磁体 63b 的中心相同, 且第三磁体 65b 通过修改第三磁体 65a 的外部周界形成, 使得第三磁体 65b 的宽度, 即第三磁体 65b 的内部和外部周界之间的距离在最小值 1.5cm 和最大值 3cm 之间逐渐变化, 且第三磁体 65b 内部周界的直径大约为 21.5cm。

参考图 8A 和图 9A, 柱形的第一磁体 61b 与图 8A 中的柱形第一磁体 61a 相比, 具有不同的位置和更大的直径。

如图 9A 所示的环形第二磁体 63b, 其与图 8A 所示的环形第二磁体 63a 不同, 具有垂直拉长的椭圆形, 且第二磁体 63b 的宽度逐渐变化。图 9A 所示的环形第三磁体 65b, 与图 8A 所示的环形第三磁体 65a 不同, 具有水平拉长的椭圆形, 且它的宽度也逐渐变化。

图 9B 示出了使用图 9A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置获得的靶的轮廓。参考图 9B, 在靶上远离靶边缘 0.17m 的点处, 靶的蚀刻量最大。图 9B 表明, 在从远离靶边缘 0.05m 的点到远离靶边缘 0.18m 的点的预定区域 C 内, 蚀刻后的靶的每一部分的深度几乎保持在预定值, 即大约 0.5mm。

蚀刻后的靶的深度在靶上分别远离靶边缘 0.05m、0.1m、0.13m 和 0.17m 的位置达到峰值, 且这四个位置据信分别相应于图 9A 所示的区域 Q、N、M 和 R。蚀刻后的靶的深度达到其最大值, 即 1mm 的区域, 是图 9A 所示区域 R 和 P 在第一到第三磁体 61b、63b 和 65b 绕旋转中心 68b 旋转时彼此重合的, 且水平磁场分量最集中的区域。

第一到第三磁体 61b、63b 和 65b 的形状被修改, 使得如图 9B 所示, 从 0.05 到 0.17m 的预定区域 C 内的峰值点中深度值的不同可被减小, 因而

如图 9B 所示的蚀刻后的靶轮廓可变得更均匀。

图 10A 是除第一磁体 63c 位置之外,与图 9A 的 RMIM 阴极相同的 RMIM 阴极的平面图,图 10B 是显示使用图 10A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置获得的靶的轮廓的曲线图。

参考图 10A,第二和第三磁体 63c 和 65c 在形状和中心位置方面分别与图 9A 中的第二和第三磁体 63b 和 65b 相同。但是,第一磁体 61c 位于第二和第三磁体 63c 和 65c 内部,使得第一磁体 61c 的中心位于 Y 轴的 (-) 方向上远离旋转中心 68c 1.875cm 的位置。

和图 9B 一样,图 10B 显示在远离靶边缘 0.17m 的点处,靶被蚀刻的深度最大,且在远离靶边缘 0.05m 的点到远离靶边缘 0.17m 的点之间的区域 D 内,蚀刻后的靶的深度增加到 0.7-0.9mm。与图 9B 蚀刻后的靶轮廓相比,图 10B 的蚀刻后的靶轮廓总的说来有更大的蚀刻深度和更均匀的蚀刻深度分布。

图 11A 显示了通过优化第一磁体 61d 和第二磁体 63d 而制造的 RMIM 阴极,图 11B 显示了使用图 11A 所示的 RMIM 阴极的溅射装置中处理后的靶的均匀轮廓。

参考图 11A,第一磁体 61d 为柱形,具有自由曲线周界(freely curved perimeter)。第一磁体 61d 的直径由最小值 7.5cm 变到最大值 9cm,且第一磁体 61d 的中心位于 Y 轴的 (-) 方向上远离旋转中心 68d 1.875cm 的位置。第二磁体 63d 为环形,它的中心位于 Y 轴的 (-) 方向上远离旋转中心 68d 2.375cm 的位置。第一磁体 61d 内部和外部周界之间的距离在最小值 1.5cm 和最大值 3.0cm 之间变化,第二磁体 63d 的外部周界的直径约为 17.25cm。

第三磁体 65d 也为环形,且在中心位置、内部和外部周界之间的距离、以及内部直径方面与图 10A 中所示的第三磁体 65c 相同。

如图 11B 所示,在从远离靶边缘 0.05m 的位置到远离中心边缘 0.18m 的位置的区域 E 中,靶几乎被蚀刻到 1mm 的深度。在区域 E,靶几乎均匀蚀刻,这表明图 11A 所示的 RMIM 电极的水平磁场分量均匀分布。

在下文中,将更详细描述根据本发明优选实施例的使用 RMIM 电极的溅射装置。这里 RMIM 电极是 RMIM 阴极。

图 12 是根据本发明优选实施例的使用 RMIM 电极的溅射装置的横截面图。RMIM 电极 35 包括柱形的第一磁体 51,环形第二和第三磁体 53 和 55。

此处，如上所述，相邻磁体有相反的磁化方向。

参考图 12，溅射装置包括真空室 41；第一电子单元 39，晶片 37 安装在其上；第二电子单元 33，面对晶片 37，在其下设置靶 31；RMIM 阴极位于靶 31 的后面，包括柱形的第一磁体 51 和围绕第一磁体 51 的多个环形磁体，例如两个环形磁体 53 和 55；驱动单元，支承和离轴旋转 RMIM 阴极 35。这里，相邻磁体有相反的磁化方向。

RMIM 电极 35 面对第二电极单元 33，包括多个环形磁体 53 和 55。溅射装置进一步包括电源。

驱动单元包括旋转轴 58，其连接到非磁形旋转盘 69 的中心，且驱动旋转轴 58 的其它驱动装置（未示出）可被附加设置到溅射装置上。附图标记 47 表示电源，用于提供电流到第二电极单元 33。

RMIM 阴极 35 与以上参照图 5A 到 5C 和 11A 所描述的 RMIM 阴极相同。优选地，使用具有图 11A 所示的优化形状和布置的 RMIM 阴极。

根据本发明的 RMIM 阴极可能具有比现有阴极更大的体积。如果 RMIM 阴极的体积增加，即使 RMIM 阴极采用和现有阴极相同的磁体，RMIM 阴极产生的磁场的强度也增加，使得二次电子可以更有效地保持在靶上。因此，可在低压下更稳定地进行溅射。在低压过程中，从靶发射到晶片的靶材料粒子的直线行进的趋势增加，于是靶材料粒子的台阶覆盖能力可被增强。另外，由于 RMIM 阴极的面积增加，所以溅射直接影响的靶的区域的面积增加，于是薄膜的沉积率也增加。

图 13 是曲线图，用于比较使用被认为优于其他现有磁控管阴极的传统 ULP 阴极获得的蚀刻后的靶轮廓，和使用根据本发明优选实施例的 RMIM 阴极获得的蚀刻后靶的轮廓。参考图 13，h1 描述 RMIM 阴极的蚀刻后的靶轮廓，h2 描述现有 ULP 阴极的蚀刻后靶的轮廓。如图 13 所示，h1 比 h2 有更大的蚀刻深度和更均匀的深度分布。特别是，在从远离靶边缘 0.1m 的位置到远离靶边缘 0.18m 的位置的区域中，h2 没有超过 0.5mm 的蚀刻深度，但 h1 几乎达到 1mm 的蚀刻深度。因此，图 13 表明根据本发明的 RMIM 阴极在蚀刻后的靶轮廓方面比现有 ULP 阴极有更好的效果。

在图 14 中，J1、J2、J3、J4 和 J5 分别表示图 11A 所示的优化的 RMIM 电极、图 10A 所示的 RMIM 电极、图 9A 所示的 RMIM 电极、图 8A 所示的 RMIM 电极和 ULP 电极。图 14 描述了使用图 11A 所示的优化的 RMIM

电极、图 10A 所示的 RMIM 电极、图 9A 所示的 RMIM 电极、图 8A 所示的 RMIM 电极和 ULP 电极沉积在晶片上的薄膜厚度的变化。

如图 14 所示，J1 提供了沉积在晶片上的最厚的薄膜，J5 提供了最薄的薄膜。分别使用 J1 到 J5 形成的薄膜厚度的均匀性如下。

	J1	J2	J3	J4	J5
均匀性 (%)	6.6	6.8	6.9	7.2	7.7

此处，薄膜厚度的均匀性通过下面的公式 (1) 计算：

$$\text{均匀性} = ((\text{中心处的晶片厚度} - \text{边缘处的晶片厚度}) / \text{中心处的晶片厚度}) \times 100 \quad (1)$$

薄膜的厚度有小的均匀性，这表明薄膜均匀沉积在晶片上。

根据本发明的 RMIM 阴极和制造 RMIM 阴极的方法，可以通过利用采用多个磁场分割的 RMIM 阴极而均匀分布水平磁场分量，来有效限制由 $\vec{E} \times \vec{B}$ 漂移所引起的二次电子到靶和其相邻位置上的运动。另外，根据本发明，通过增加磁控管阴极的体积，可以增加磁场强度。

根据本发明的包括 RMIM 阴极的溅射装置，可以通过简单地重构现有溅射装置来简单地制造，于是制造成本可被降低。另外，根据本发明的溅射装置，可以通过提高溅射粒子直线行进的趋势来提供均匀的蚀刻后的靶轮廓，并提高薄膜的台阶覆盖性，于是可以在晶片上均匀沉积溅射粒子。因此，根据本发明的溅射装置可以有效执行处理大尺寸晶片所需的间隙填充过程，并提供低的线宽。

虽然本发明已参考其示例性实施例得以详细显示和描述，但是本领域普通技术人员可以在形式和具体细节上作出不同改变，只要不超出本发明的权利要求书的精神和范围。

例如，可以使用包括与本公开所揭示的形状不同的磁体的 RMIM 阴极，这对本领域普通技术人员是显而易见的。

如上所述，根据本发明的 RMIM 电极可以通过均匀分布水平磁场分量来增强磁场强度。

另外，根据本发明的制造 RMIM 电极的方法可以通过计算和说明蚀刻后靶的轮廓，然后根据蚀刻后的靶轮廓制造优化的 RMIM 电极，来提供优化的 RMIM 电极。

使用根据本发明的 RMIM 电极的溅射装置，可以均匀蚀刻靶，增加靶

被蚀刻的数量。另外，根据本发明的溅射装置可以通过提高溅射粒子直线行进的趋势，并且因而在晶片上均匀沉积溅射粒子，来提高薄膜的台阶覆盖性。因此，根据本发明的溅射装置可以有效执行处理大尺寸晶片所需的间隙填充过程，并提供低线宽。

虽然本发明已参考其示例性实施例得以详细显示和描述，但是本领域普通技术人员可以在形式和具体细节上作出不同改变，只要不超出本发明的权利要求书的精神和范围。

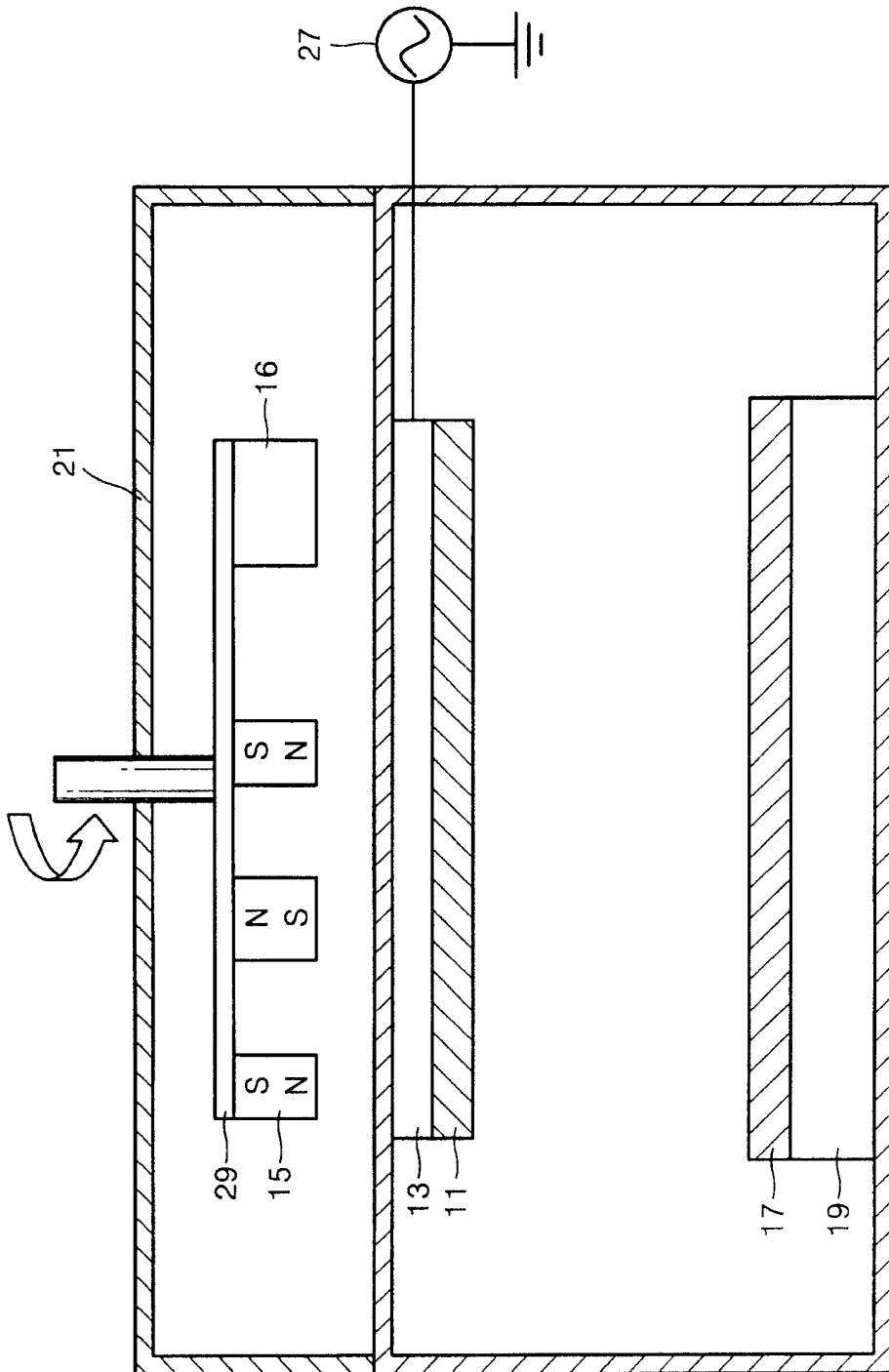


图 1



图 2

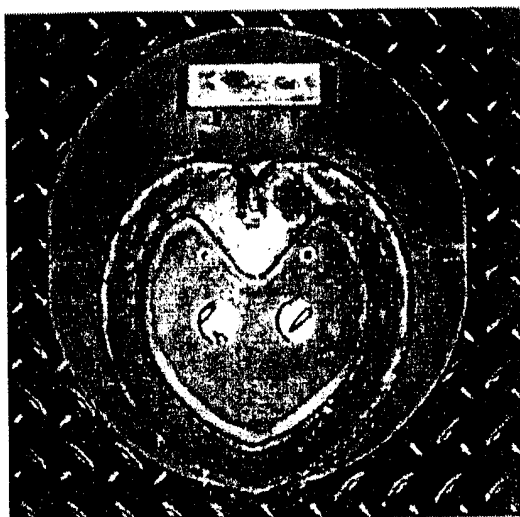


图 3

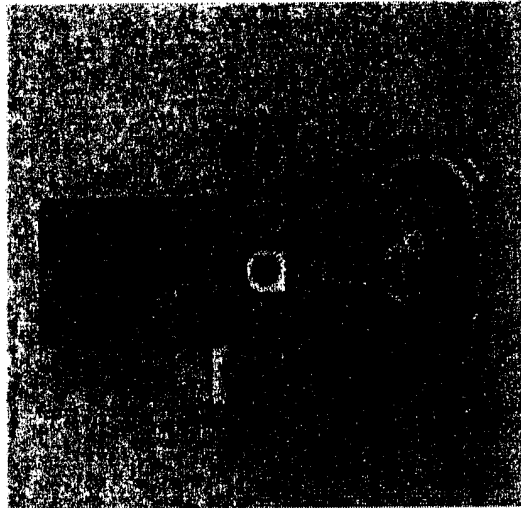


图 4

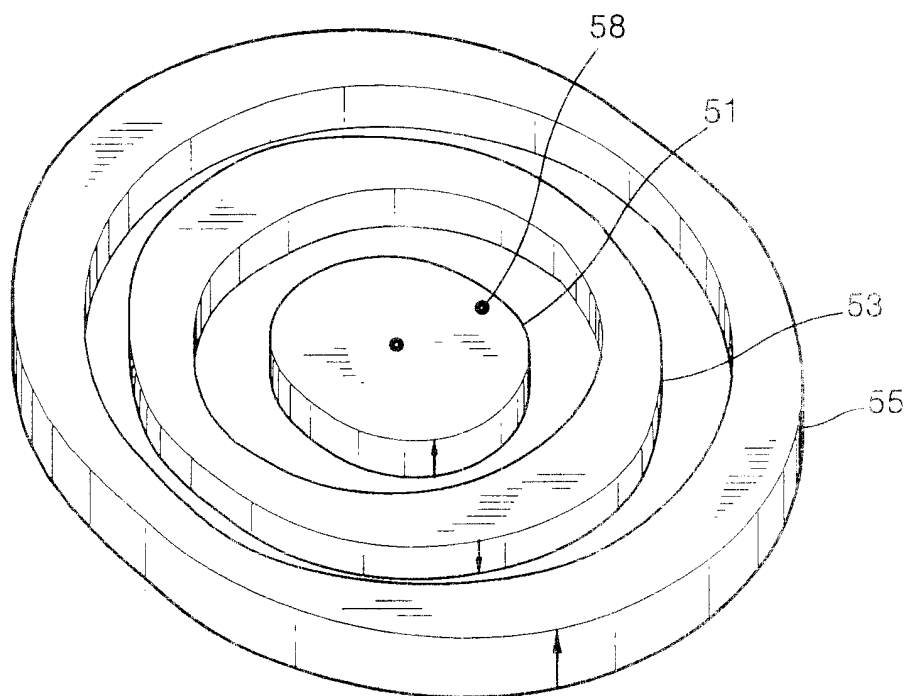


图 5A

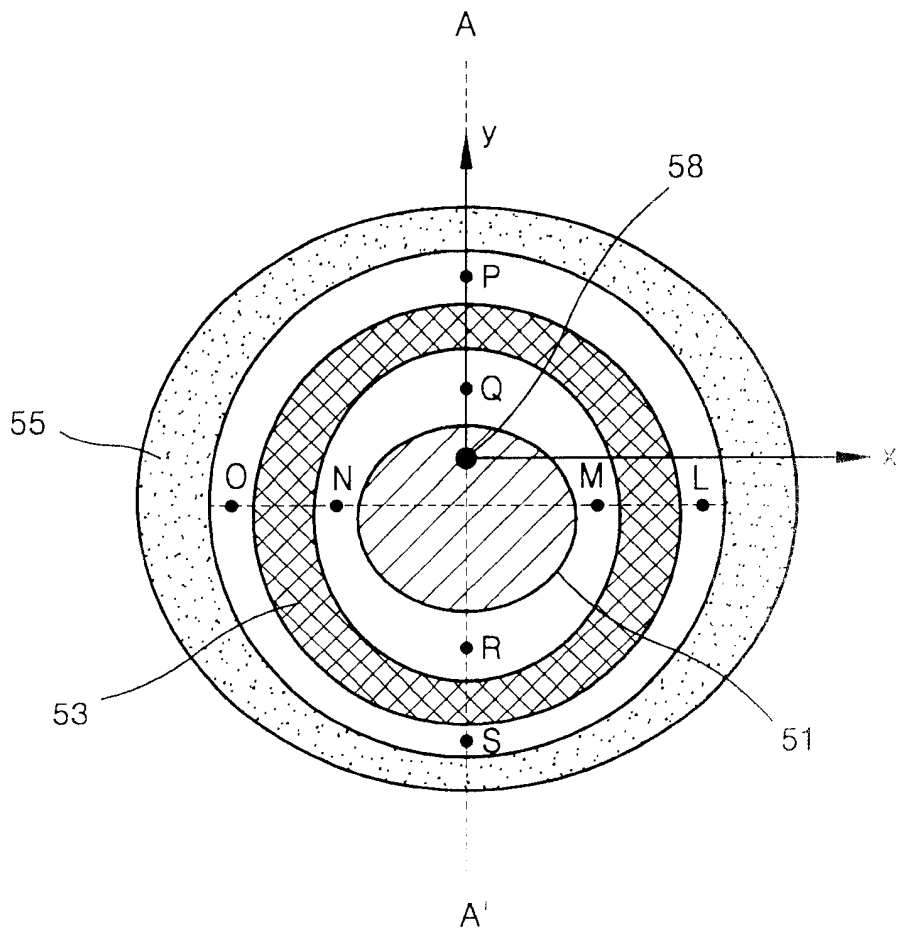


图 5B

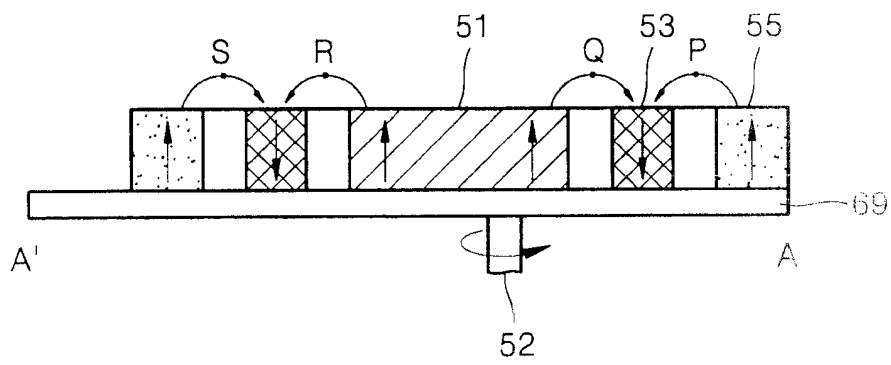


图 5C

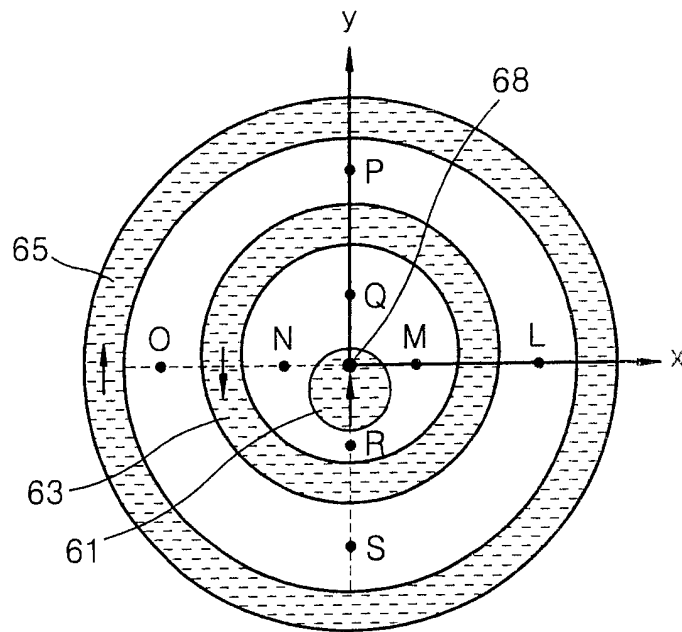


图 6A

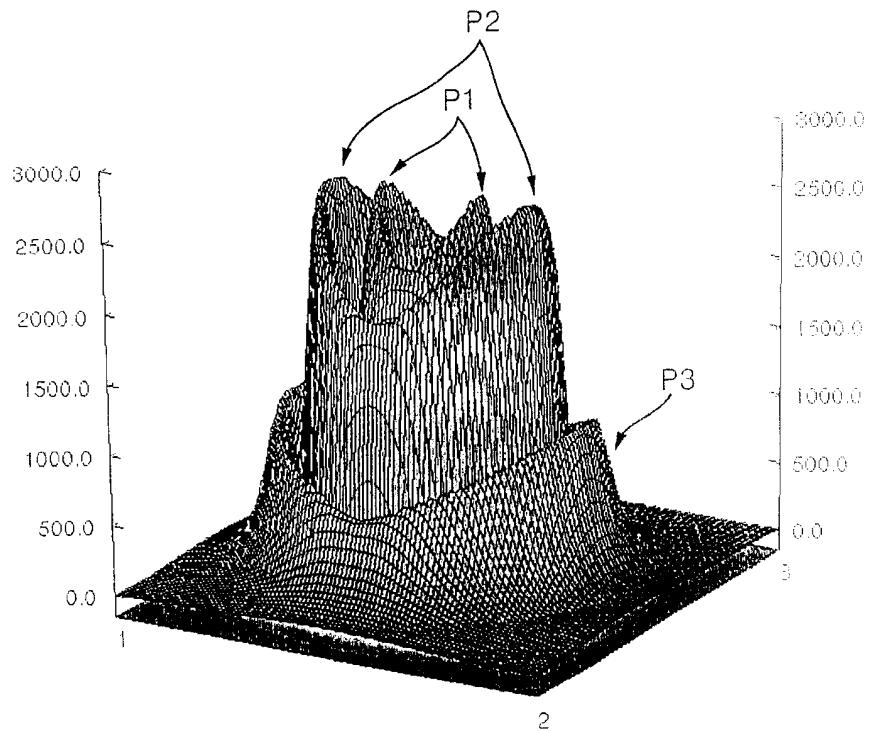


图 6B

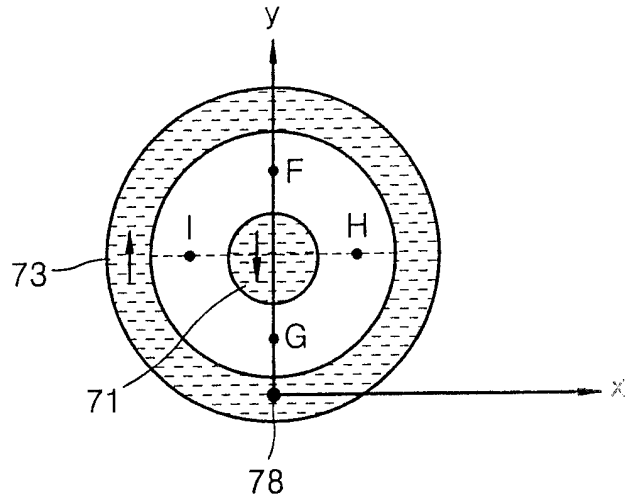


图 7A

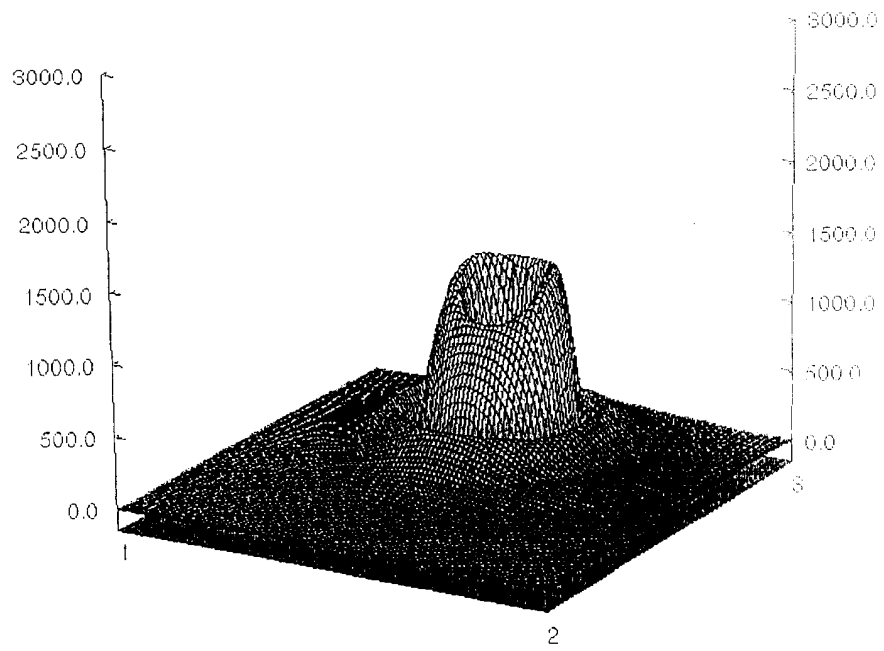


图 7B

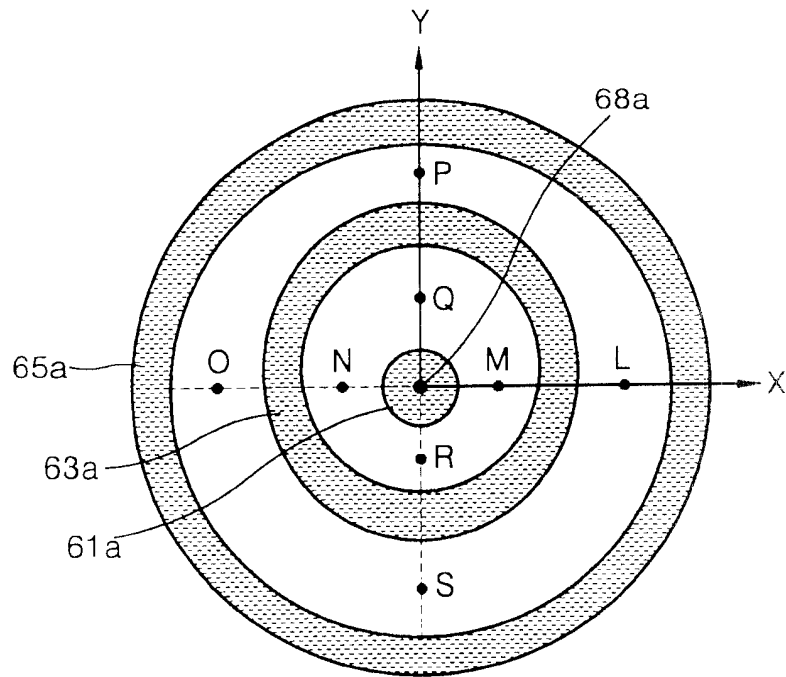


图 8A

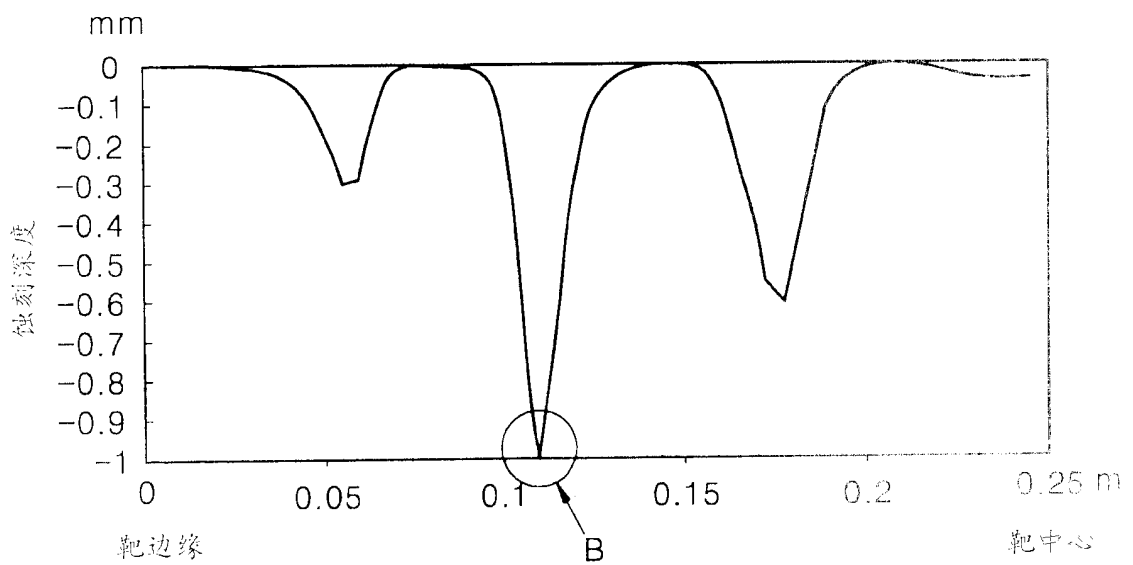


图 8B

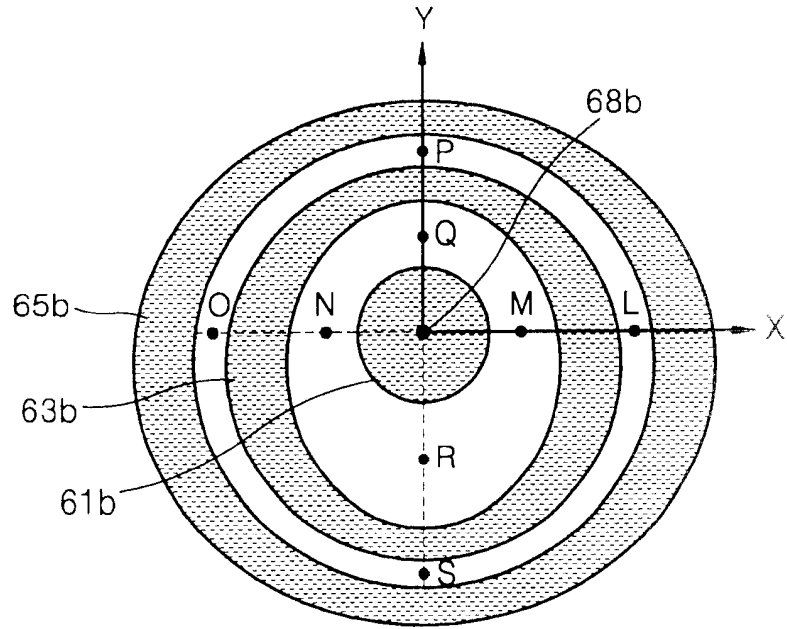


图 9A

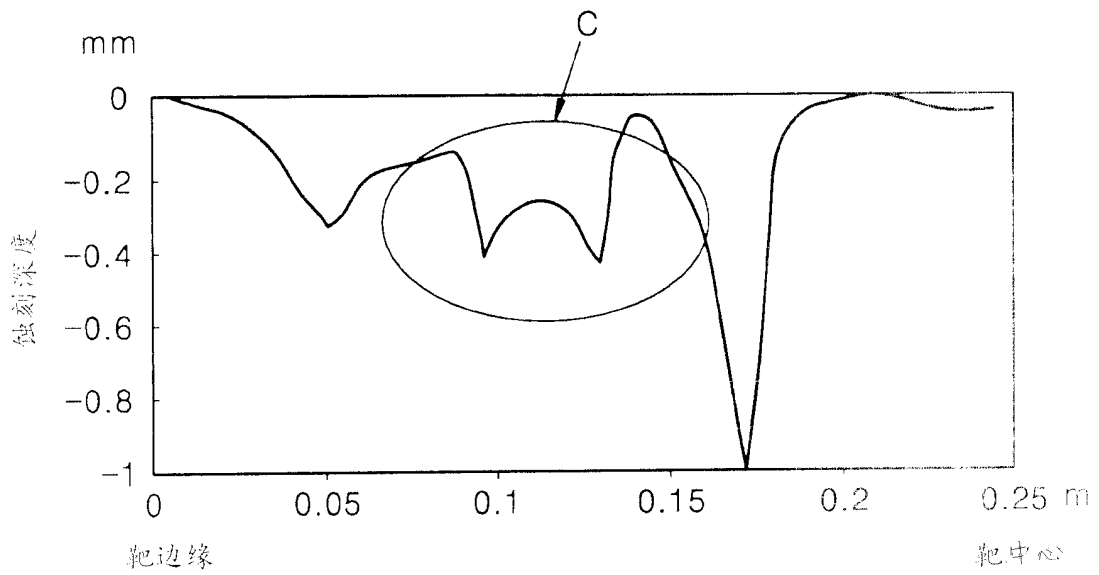


图 9B

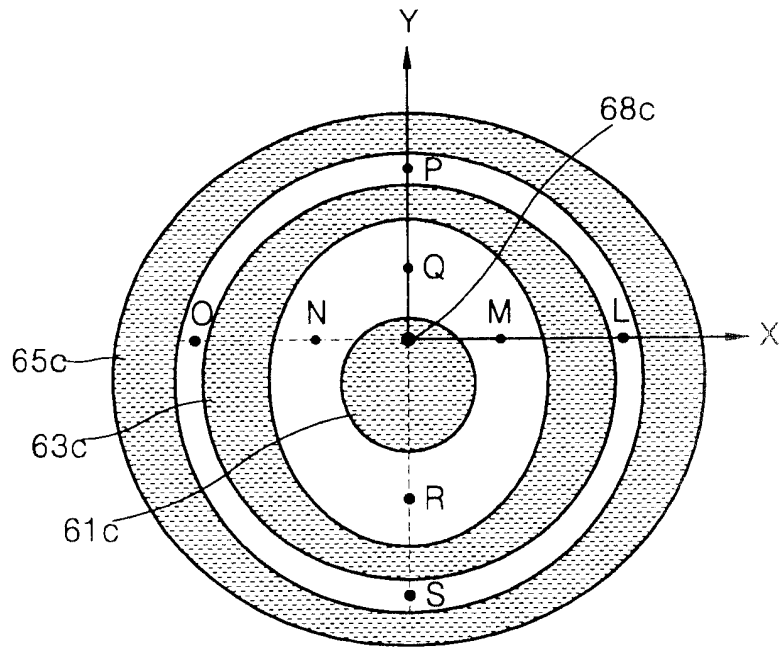


图 10A

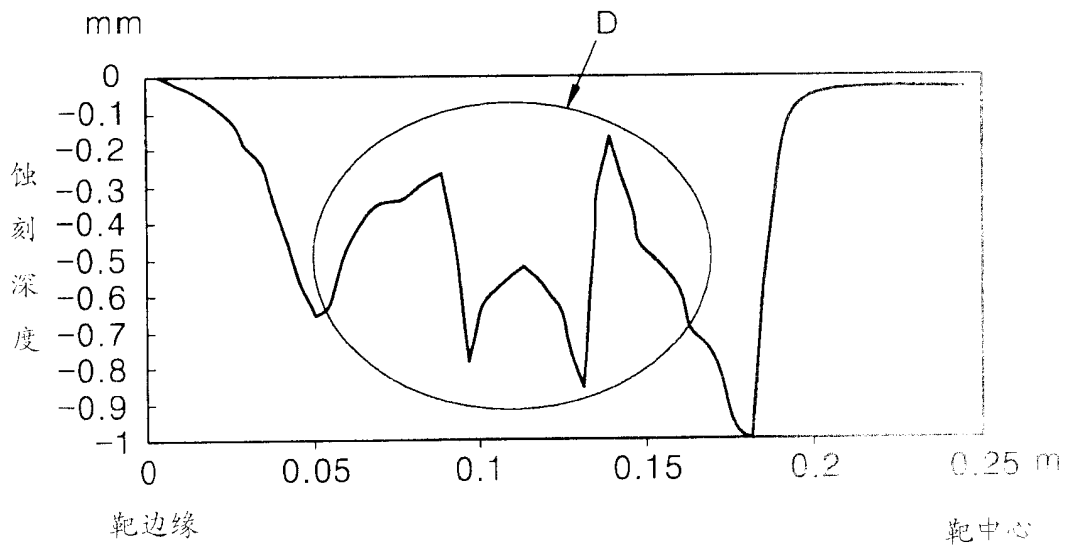


图 10B

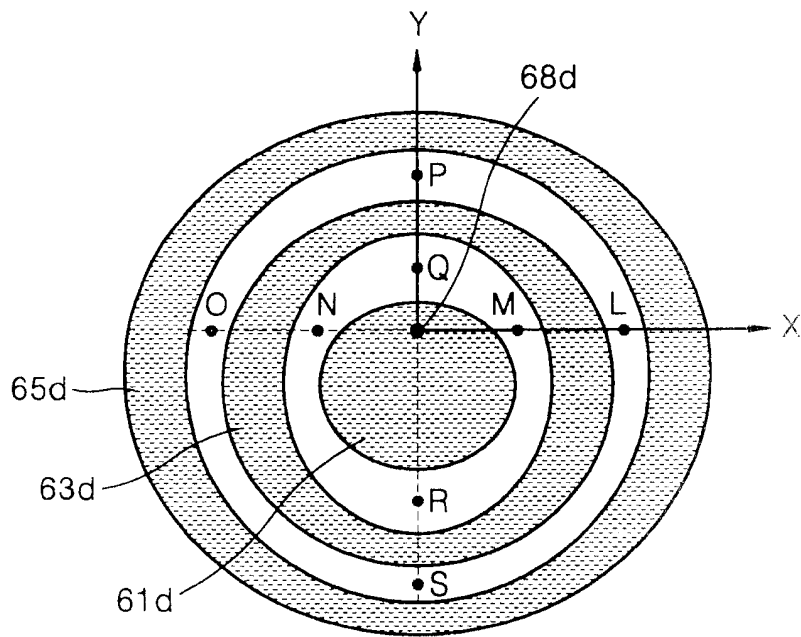


图 11A

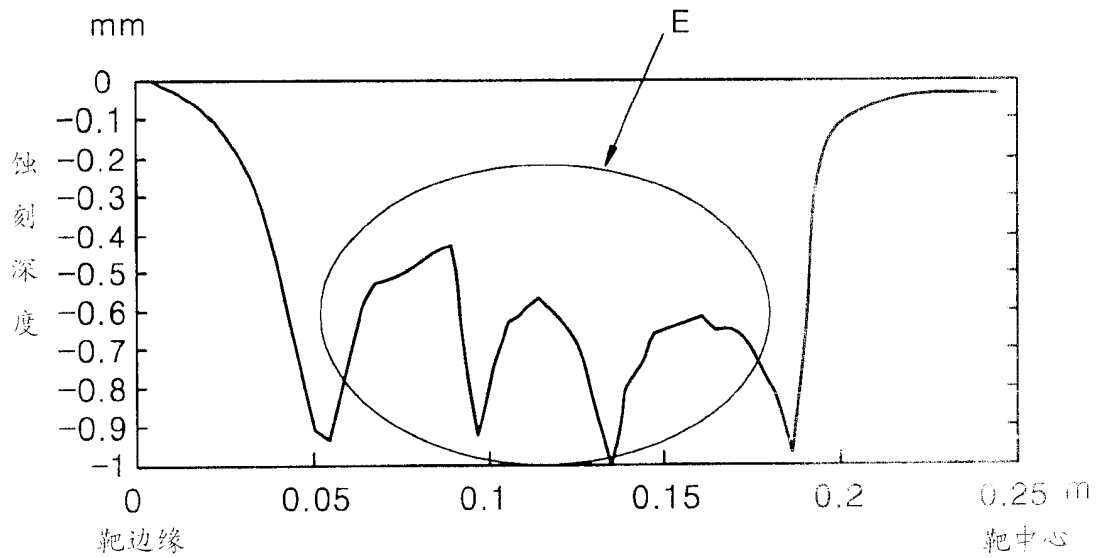


图 11B

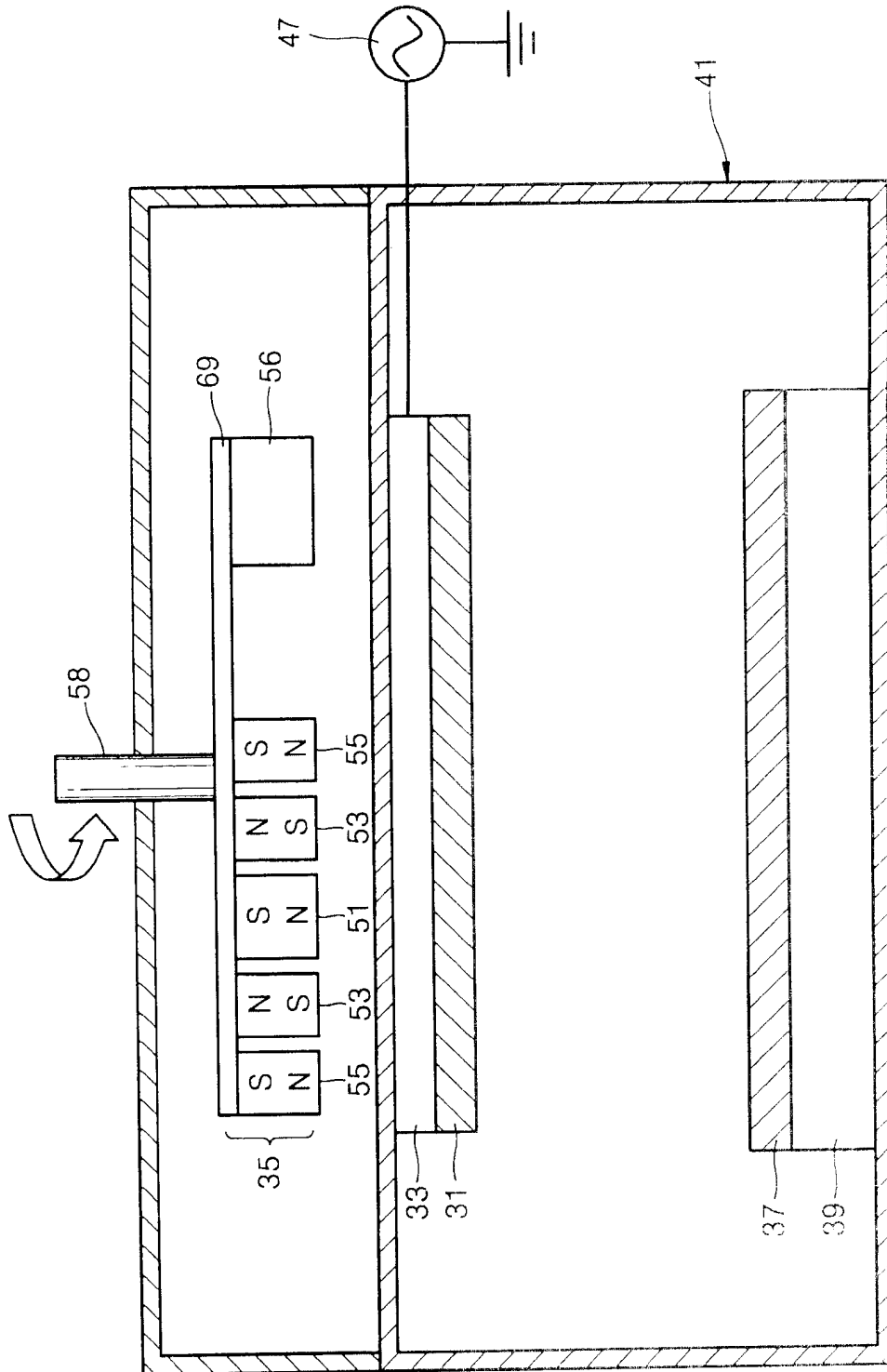


图 12

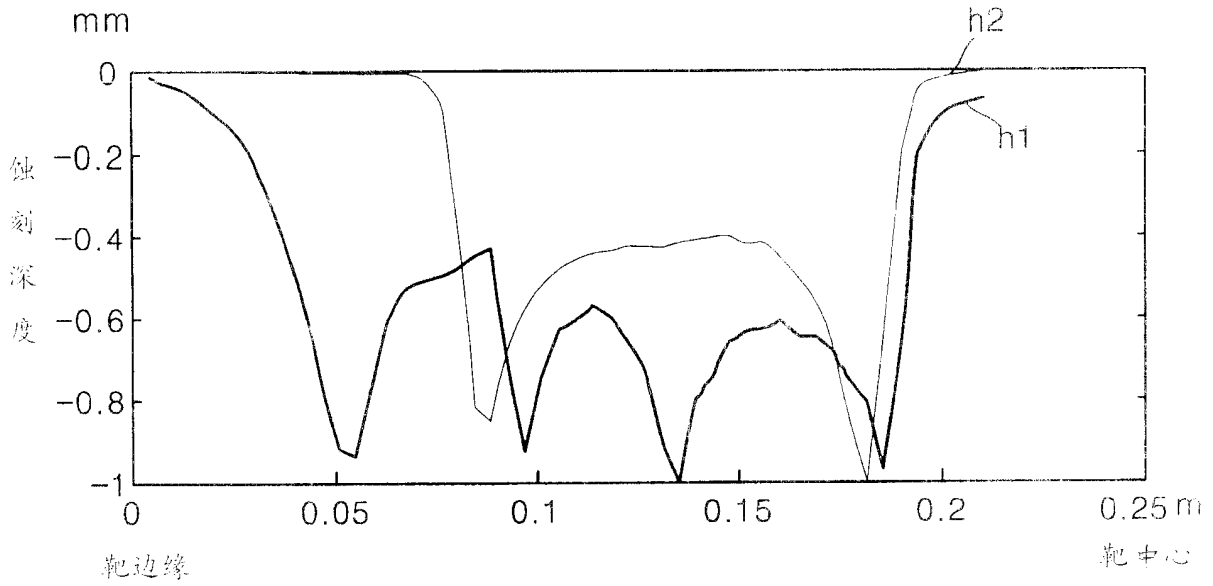


图 13

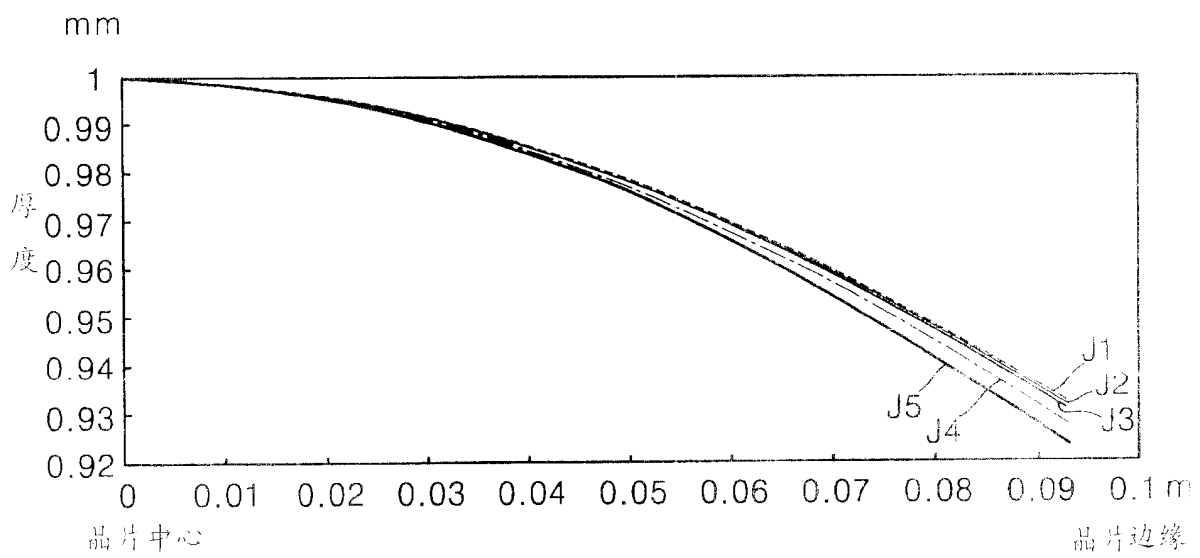


图 14