



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106567044 A

(43) 申请公布日 2017. 04. 19

(21) 申请号 201510643758. 1

(22) 申请日 2015. 10. 08

(71) 申请人 北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司

地址 100176 北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号

(72) 发明人 徐悦

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 彭瑞欣 张天舒

(51) Int. Cl.

G23C 14/34(2006. 01)

G23C 14/54(2006. 01)

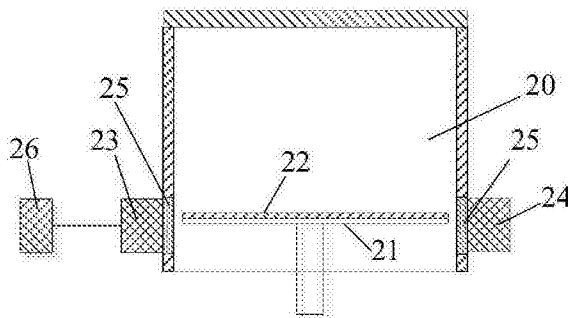
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

薄膜制备腔室及薄膜制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种薄膜制备腔室及薄膜制备方法,用于在被加工工件的表面上制备薄膜,包括用于承载被加工工件的基座、光学传感器和控制单元,其中,光学传感器用于实时检测沉积在被加工工件上的当前薄膜厚度,并将其发送至控制单元;控制单元用于计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率或者工艺时间,以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。本发明提供的薄膜制备腔室,其不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使用成本。



1. 一种薄膜制备腔室,用于在被加工工件的表面上制备薄膜,包括用于承载所述被加工工件的基座,其特征在于,还包括光学传感器和控制单元,其中,

所述光学传感器用于实时检测沉积在所述被加工工件上的当前薄膜厚度,并将其发送至所述控制单元;

所述控制单元用于计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率或者工艺时间,以使完成工艺获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致。

2. 根据权利要求1所述的薄膜制备腔室,其特征在于,所述光学传感器包括发射端和接收端,二者相对设置在所述基座的两侧,其中,

所述发射端用于沿所述基座的径向方向朝所述接收端发射平行于所述基座表面的光束,所述光束的位置和宽度满足:所述光束中的一部分光线被所述基座、被加工工件和沉积在所述被加工工件上的薄膜遮挡,其余光线分别自所述薄膜上方和所述基座下方穿过,并由所述接收端接收;

所述接收端用于将接收到的所述其余光线转换为电信号,并发送至所述控制单元;所述控制单元根据所述电信号计算被遮挡光线的数量,并根据该数量获得所述当前薄膜厚度。

3. 根据权利要求2所述的薄膜制备腔室,其特征在于,在所述薄膜制备腔室的侧壁上分别相对设置有两个观察窗,所述发射端和接收端分别设置在所述两个观察窗的外侧。

4. 根据权利要求1所述的薄膜制备腔室,其特征在于,所述薄膜制备腔室还包括靶材和溅射电源,其中,

所述靶材设置在所述薄膜制备腔室内,且位于所述基座上方;

所述溅射电源用于向所述靶材施加溅射功率;

所述控制单元通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率。

5. 根据权利要求1所述的薄膜制备腔室,其特征在于,所述控制单元包括微处理器。

6. 一种薄膜制备方法,其特征在于,使用权利要求1-5任意一项所述的薄膜制备设备进行沉积工艺,包括以下步骤:

S1,实时检测沉积在所述被加工工件上的当前薄膜厚度;

S2,计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率或者工艺时间,以使工艺完成时获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致。

7. 根据权利要求6所述的薄膜制备方法,其特征在于,所述步骤S2还包括以下步骤:

S21,判断所述当前薄膜厚度是否小于所述目标厚度,若是,则进入步骤S22;若否,则结束所述沉积工艺;

S22,计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率或者工艺时间,以使完成工艺获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致。

8. 根据权利要求7所述的薄膜制备方法,其特征在于,所述薄膜制备腔室还包括靶材和溅射电源,其中,所述靶材设置在所述薄膜制备腔室内,且位于所述基座上方;所述溅射电源用于向所述靶材施加溅射功率;

在所述步骤S22中,通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率。

9. 根据权利要求8所述的薄膜制备腔室,其特征在于,在所述步骤S22中,通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率;并且在所述步骤S22之后,还包括以下步骤:

S23,判断所述溅射功率的调整量是否超出所述溅射电源的功率安全波动值;若是,则延长所述工艺时间,直至获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致;若否,则进入所述步骤S21。

10. 根据权利要求9所述的薄膜制备腔室,其特征在于,所述溅射电源的功率安全波动值的取值范围在10 ~ 20KW。

薄膜制备腔室及薄膜制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微电子加工技术领域,具体地,涉及一种薄膜制备腔室及薄膜制备方法。

背景技术

[0002] 物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition, PVD) 技术或溅射 (Sputtering) 沉积技术是半导体工业中最广为使用的一类薄膜制造技术,泛指采用物理方法制备薄膜的薄膜制备工艺,该技术是生产集成电路、液晶显示器、薄膜太阳能电池及 LED 等产品的重要手段之一,在工业生产和科学领域发挥着极大的作用。近年来,市场对高质量产品日益增长的需求,促使企业对薄膜沉积设备进行不断地改进。

[0003] 图 1 为现有的薄膜沉积设备的结构示意图。如图 1 所示,薄膜沉积设备包括反应腔室 10 和溅射电源 14。其中,在反应腔室 10 的顶部设置有靶材 11,溅射电源 14 与靶材 11 电连接。而且,在反应腔室 10 的内部,且位于靶材 11 的下方设置有基座 12,用以承载晶片 13,在溅射过程中,溅射电源 14 向靶材 11 输出溅射功率,以使在反应腔室 10 内形成的等离子体轰击靶材 11,自靶材 11 溅射出的材料会沉积在晶片 13 表面上形成薄膜。

[0004] 在实际应用中,为了确保薄膜厚度和目标厚度一致,生产人员通常根据经验,在经过一定的工艺周期之后,首先沉积一片测试片,并人工检测出该测试片的薄膜厚度,然后计算测得的薄膜厚度和目标厚度的差值,并根据该差值修改工艺配方,以使薄膜厚度和目标厚度趋于一致。最后,再利用修改工艺配方之后的薄膜沉积设备再沉积一片测试片,并在工艺后检测该测试片的薄膜厚度是否与目标厚度一致,若一致,则可以使用修改后的工艺配方进行正常的薄膜沉积工艺。然而,这在实际应用中不可避免地存在以下问题:

[0005] 其一,上述薄膜厚度的检测方法无法在进行工艺的过程中实时进行,而只能在完成工艺之后进行试验,从而具有滞后性,降低了设备的使用效率。

[0006] 其二,由于需要至少两次以上的试验才能最终确定合适的工艺配方,以使薄膜厚度是否与目标厚度一致,导致需要大量的人力和设备使用率,从而造成人力成本和设备的使用成本较高。

发明内容

[0007] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一,提出了一种薄膜制备腔室及薄膜制备方法,其不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使用成本。

[0008] 为实现本发明的目的而提供一种薄膜制备腔室,用于在被加工工件的表面上制备薄膜,包括用于承载所述被加工工件的基座,还包括光学传感器和控制单元,其中,所述光学传感器用于实时检测沉积在所述被加工工件上的当前薄膜厚度,并将其发送至所述控制单元;所述控制单元用于计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率或者工艺时间,以使完成工艺获得的薄膜厚度与所述目标厚度一

致。

[0009] 优选的,所述光学传感器包括发射端和接收端,二者相对设置在所述基座的两侧,其中,所述发射端用于沿所述基座的径向方向朝所述接收端发射平行于所述基座表面的光束,所述光束的位置和宽度满足:所述光束中的一部分光线被所述基座、被加工工件和沉积在所述被加工工件上的薄膜遮挡,其余光线分别自所述薄膜上方和所述基座下方穿过,并由所述接收端接收;所述接收端用于将接收到的所述其余光线转换为电信号,并发送至所述控制单元;所述控制单元根据所述电信号计算被遮挡光线的数量,并根据该数量获得所述当前薄膜厚度。

[0010] 优选的,在所述薄膜制备腔室的侧壁上分别相对设置有两个观察窗,所述发射端和接收端分别设置在所述两个观察窗的外侧。

[0011] 优选的,所述薄膜制备腔室还包括靶材和溅射电源,其中,所述靶材设置在所述薄膜制备腔室内,且位于所述基座上方;所述溅射电源用于向所述靶材施加溅射功率;所述控制单元通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率。

[0012] 优选的,所述控制单元包括微处理器。

[0013] 作为另一个技术方案,本发明还提供一种薄膜制备方法,使用本发明提供的上述薄膜制备设备进行沉积工艺,包括以下步骤:

[0014] S1,实时检测沉积在所述被加工工件上的当前薄膜厚度;

[0015] S2,计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率或者工艺时间,以使工艺完成时获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致。

[0016] 优选的,所述步骤 S2 还包括以下步骤:

[0017] S21,判断所述当前薄膜厚度是否小于所述目标厚度,若是,则进入步骤 S22;若否,则结束所述沉积工艺;

[0018] S22,计算所述当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率或者工艺时间,以使完成工艺获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致。

[0019] 优选的,所述薄膜制备腔室还包括靶材和溅射电源,其中,所述靶材设置在所述薄膜制备腔室内,且位于所述基座上方;所述溅射电源用于向所述靶材施加溅射功率;在所述步骤 22 中,通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率。

[0020] 优选的,在所述步骤 22 中,通过调节所述溅射功率的大小来调节所述沉积速率;并且在所述步骤 S22 之后,还包括以下步骤:

[0021] S23,判断所述溅射功率的调整量是否超出所述溅射电源的功率安全波动值;若是,则延长所述工艺时间,直至获得的薄膜厚度与所述目标厚度一致;若否,则进入所述步骤 S21。

[0022] 优选的,所述溅射电源的功率安全波动值的取值范围在 10 ~ 20KW。

[0023] 本发明具有以下有益效果:

[0024] 本发明提供的薄膜制备腔室,其通过利用光学传感器实时检测沉积在被加工工件上的当前薄膜厚度,利用控制单元计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率,最终可以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。这样,薄膜厚度的检测以及沉积速率的调节均可以在线完成,而无需在工艺完成后单独进行多次试验,从而不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使

用成本。

[0025] 本发明提供的薄膜制备方法,其使用上述薄膜制备设备进行沉积工艺,并通过实时检测沉积在被加工工件上的当前薄膜厚度,计算该当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率,最终可以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。这样,薄膜厚度的检测以及沉积速率的调节均可以在线完成,而无需在工艺完成后单独进行多次试验,从而不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使用成本。

附图说明

- [0026] 图 1 为现有的薄膜沉积设备的结构示意图 ;
[0027] 图 2 为本发明第一实施例提供的薄膜制备设备的剖视图 ;
[0028] 图 3 为本发明第一实施例中的光线传感器的工作示意图 ;
[0029] 图 4 为本发明第二实施例提供的薄膜制备设备的剖视图 ;
[0030] 图 5 为本发明第一实施例提供的薄膜制备方法的流程框图 ;以及
[0031] 图 6 为发明第二实施例提供的薄膜制备方法的流程框图。

具体实施方式

[0032] 为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图来对本发明提供的薄膜制备腔室及薄膜制备方法进行详细描述。

[0033] 图 2 为本发明第一实施例提供的薄膜制备设备的剖视图。请参阅图 2,薄膜制备腔室 20 用于在被加工工件 22 的表面上制备薄膜。该薄膜制备腔室 20 包括用于承载被加工工件 22 的基座 21、光学传感器(为对射式传感器,包括发射端 23 和接收端 24)和控制单元 26。其中,光学传感器用于实时检测沉积在被加工工件 22 上的当前薄膜厚度,并将其发送至控制单元 26;控制单元 26 用于计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率,以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。控制单元 26 可以为诸如计算机、PLC 等的微处理器。需要说明的是,所谓目标厚度,是指工艺所需的薄膜厚度的期望值。所谓实时检测,是指在工艺过程中的每一时刻进行一次检测。

[0034] 在本实施例中,在薄膜制备腔室 20 的侧壁上分别相对设置有两个观察窗 25,发射端 23 和接收端 24 分别设置在两个观察窗 25 的外侧,且二者相对地位于基座 21 的两侧。光学传感器的工作方式具体为:图 3 为本发明第一实施例中的光线传感器的工作示意图。如图 3 所示,发射端 23 用于沿基座 21 的径向方向(即,平行于置于基座 21 上的被加工工件表面)朝接收端 24 发射平行于基座表面的光束 29,该光束 29 的位置和宽度满足:光束 29 中的一部分光线被基座 21、被加工工件 22 和沉积在该被加工工件 22 上的薄膜 30 遮挡,而其余光线分别自薄膜 30 上方和基座 21 下方穿过,并由接收端 24 接收。换句话说,在光束 29 中,低于薄膜 30 上表面、并高于基座 21 下表面的光线会被基座 21、被加工工件 22 或者薄膜 30 遮挡,而无法被接收端 24 接收到;高于薄膜 30 上表面或者低于基座 21 下表面的光线则会被接收端 24 接收到。优选的,该光束 29 的宽度可以设置为:光束 29 的宽度大于基座 21 的厚度、被加工工件 22 的厚度和薄膜 30 的目标厚度之总和。光束 29 的位置可以设置为:光束 29 在其厚度方向上的中心位置应靠近基座 21、被加工工件 22 和薄膜 30 在三者

厚度方向上的中心位置。

[0035] 而且,接收端 24 在接收到未被遮挡的光线之后,将其转换为电信号,并发送至控制单元 26;控制单元 26 根据该电信号(即未被遮挡的光线)计算被遮挡光线的数量,并根据该数量获得当前薄膜厚度。进一步说,光束 29 中的光线总数量是恒定的,在进行工艺的过程中,随着薄膜 30 的厚度逐渐增大,被遮挡的光线数量会逐渐增多,而未被遮挡的光线数量则相应减少,从而被遮挡或者未被遮挡的光线数量的变化量可以反映出当前薄膜厚度的变化量。

[0036] 通过利用光学传感器实时检测沉积在被加工工件 22 上的当前薄膜厚度,利用控制单元 26 计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率,最终可以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。这样,薄膜厚度的检测以及沉积速率的调节均可以在线完成,而无需在工艺完成后单独进行多次试验,从而不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使用成本。

[0037] 另外,上述对射式光学传感器采用非接触的方式实时检测当前薄膜厚度。这在实际应用中具有如下优势:

[0038] 1、对射式光学传感器不接触被加工工件,从而可以避免因接触造成的被加工工件划伤。

[0039] 2、非接触的方式的检测速度较快。

[0040] 3、对射式光学传感器的精度较高。

[0041] 需要说明的是,沉积速率、工艺时间和薄膜厚度之间的对应关系满足下述公式:

$$S = \frac{THK}{T} \quad (1)$$

[0043] 其中, S 为沉积速率;THK 为薄膜厚度;T 为工艺时间。由此可知,通过调节沉积速率或者工艺时间,可以调节薄膜厚度,即:沉积速率越大,则薄膜厚度越大;反之,沉积速率越小,则薄膜厚度越小。工艺时间越长,则薄膜厚度越大,反之,工艺时间越短,则薄膜厚度越短。为了保证产能不变,优选保证工艺时间不变,并通过调节沉积速率的方式来调节薄膜厚度。在实际应用中,可以通过调节相应的工艺参数来调节沉积速率,例如溅射电源的溅射功率。

[0044] 需要说明的是,在本实施例中,发射端 23 和接收端 24 分别设置在两个观察窗 25 的外侧,但是本发明并不局限于此,在实际应用中,根据腔室的具体情况,还可以将发射端和接收端设置在腔室侧壁的内侧,且二者相对设置在基座的两侧。

[0045] 图 4 为本发明第二实施例提供的薄膜制备设备的剖视图。请参阅图 4,本实施例的技术方案是上述第一实施例提供薄膜制备腔室为物理气相沉积腔室的一个具体实施方式。

[0046] 具体地,在上述第一实施例提供的薄膜制备腔室的基础上,薄膜制备腔室 20 还包括靶材 27 和溅射电源 28,其中,靶材 27 设置在薄膜制备腔室 20 内,且位于基座 21 上方;溅射电源 28 用于向靶材 27 施加溅射功率;控制单元 26 通过调节溅射功率的大小来调节沉积速率,从而使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。

[0047] 当溅射电源在一定的功率范围内工作时,在其他条件(例如气体流量,磁控管有效面积等参数)保持不变的情况下,溅射功率越大,吸引粒子的能量越大,自靶材 27 溅射出的粒子数量就越多,从而沉积速率越高。因此,可以根据溅射功率和沉积速率的正比例

关系来调节沉积速率。基于该原理,可以通过光学传感器检测当前薄膜厚度,并利用上述公式(1)计算出当前沉积功率,再利用实际沉积速率和预设沉积速率的比例关系调节溅射功率,以最终实现在工艺时间不变的条件下,使完成工艺后获得的薄膜厚度始终与目标厚度一致。

[0048] 作为另一个技术方案,图5为本发明第一实施例提供的薄膜制备方法的流程框图。请参阅图5,本发明还提供一种薄膜制备方法,其使用上述第一实施例提供的薄膜制备设备进行沉积工艺,包括以下步骤:

[0049] S10,实时检测沉积在被加工工件上的当前薄膜厚度;

[0050] S20,计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率,以使工艺完成时获得的薄膜厚度与目标厚度一致。

[0051] 通过使用上述薄膜制备设备进行沉积工艺,并通过实时检测沉积在被加工工件上的当前薄膜厚度,计算该当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值实时调节沉积速率,最终可以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。这样,薄膜厚度的检测以及沉积速率的调节均可以在线完成,而无需在工艺完成后单独进行多次试验,从而不仅可以提高工作效率和设备的使用效率,而且可以降低人力成本和设备的使用成本。另外,与上述第一实施例相类似的,通过调节沉积速率或者工艺时间,可以调节薄膜厚度。

[0052] 优选的,为了实现闭环控制,上述步骤S20还包括以下步骤:

[0053] S21,判断当前薄膜厚度是否小于目标厚度,若是,则进入步骤S22;若否,则结束沉积工艺;

[0054] S22,计算当前薄膜厚度与预设的目标厚度之间的差值,并根据该差值调节沉积速率,以使完成工艺获得的薄膜厚度与目标厚度一致。

[0055] 图6为发明第二实施例提供的薄膜制备方法的流程框图。请参阅图6,本实施例的技术方案是上述第一实施例提供薄膜制备方法为物理气相沉积方法的一个具体实施方式。具体地,本实施例的技术方案使用上述第二实施例提供的薄膜制备设备进行沉积工艺,即:薄膜制备腔室还包括靶材和溅射电源,其中,靶材设置在薄膜制备腔室内,且位于基座上方;溅射电源用于向所述靶材施加溅射功率。

[0056] 在上述第一实施例提供的薄膜制备方法的基础上,第二实施例提供的薄膜制备方法是上述步骤22中,通过调节溅射功率的大小来调节沉积速率,即,基于根据溅射功率和沉积速率的正比例关系来调节沉积速率。

[0057] 具体地,如图6所示,首先设定溅射电源的初始溅射功率为 W_1 ,目标厚度为 $THKA$,工艺时间为 T_1 。本实施例提供的薄膜制备方法包括以下步骤:

[0058] 1) 开始进行沉积工艺。

[0059] 2) 检测当前薄膜厚度 $THKB$,并判断 $THKB$ 是否小于 $THKA$,若是,则流程进入步骤3);若否,则工艺结束。

[0060] 3) 根据图6中示出的沉积速率的计算公式计算当前的沉积速率 S_1 。

[0061] 4) 根据当前的沉积速率 S_1 和预设沉积速率的比例关系实时调节溅射功率 W_2 ,以达到薄膜厚度和工艺时间始终保持不变的目的。

[0062] 5) 判断溅射功率的调整量 W_2 是否超出溅射电源的功率安全波动值(例如20KW);若是,则延长沉积工艺的工艺时间,直至获得的薄膜厚度与目标厚度一致;若否,则进入步

骤 2)。

[0063] 需要说明的是,根据实际经验,上述溅射电源的功率安全波动值的取值范围在 10 ~ 20KW。而生产中可能由于某些特殊原因(例如靶材损耗过大或机台运行不稳等等),往往使得溅射功率达到 20KW 仍然不能在预定的工艺时间内使薄膜厚度达到目标厚度,在这种情况下,就需要通过延长工艺时间来满足使薄膜厚度达到目标厚度。

[0064] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

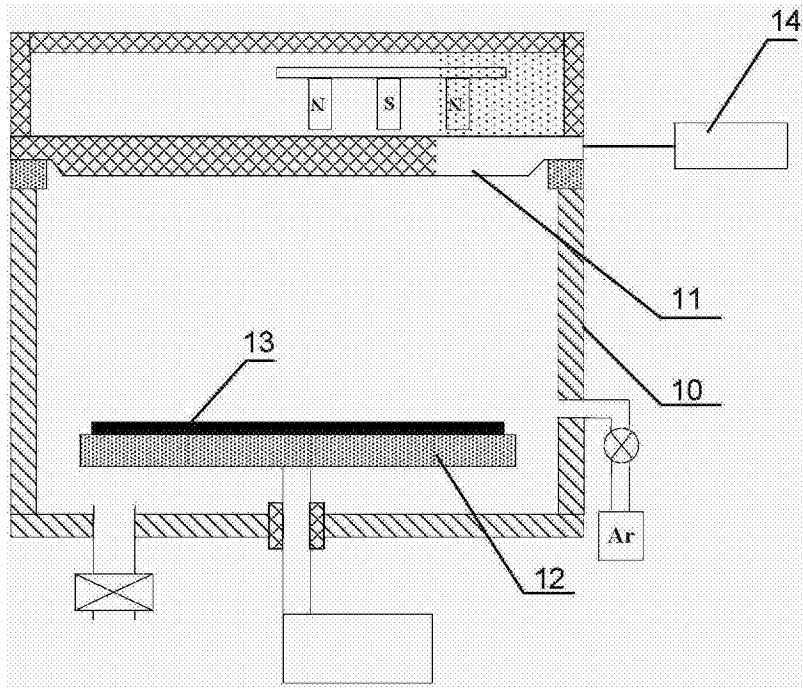


图 1

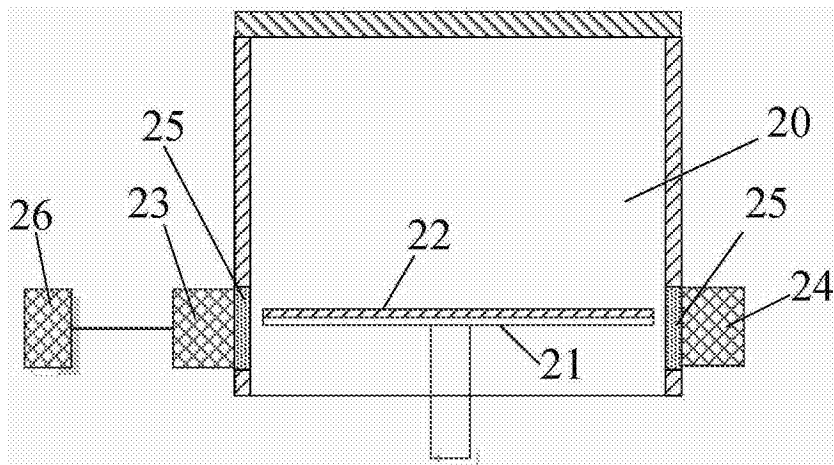


图 2

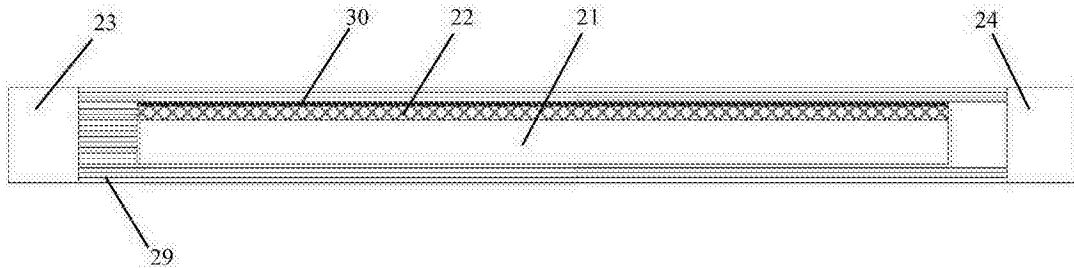


图 3

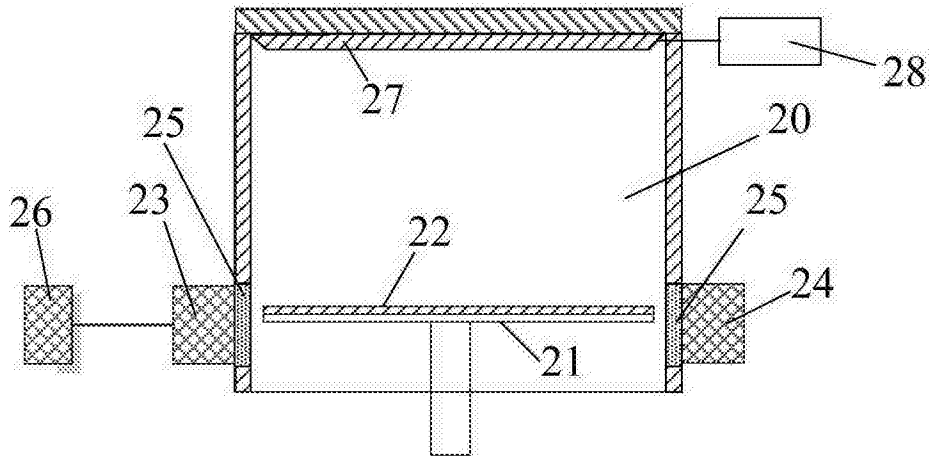


图 4

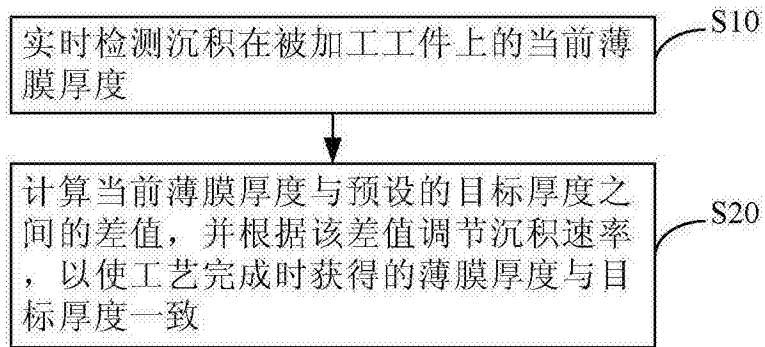


图 5

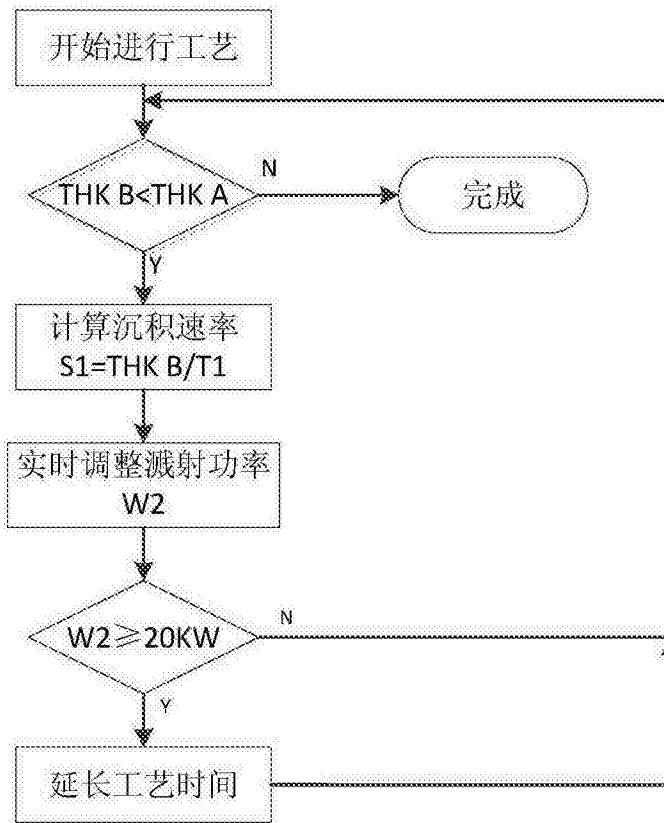


图 6