



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104924198 B

(45)授权公告日 2018.11.16

(21)申请号 201510125524.8

(22)申请日 2015.03.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104924198 A

(43)申请公布日 2015.09.23

(30)优先权数据

2014-057859 2014.03.20 JP

2014-228346 2014.11.10 JP

(73)专利权人 株式会社荏原制作所

地址 日本国东京都大田区羽田旭町11番1号

(72)发明人 盐川阳一 八木圭太 小林洋一

(74)专利代理机构 上海市华诚律师事务所

31210

代理人 梅高强 刘煜

(51)Int.Cl.

B24B 37/10(2012.01)

B24B 37/005(2012.01)

B24B 37/34(2012.01)

(56)对比文件

US 2012/0277897 A1,2012.11.01,

US 6776692 B1,2004.08.17,

JP 特开2007-243221 A,2007.09.20,

US RE38854 E1,2005.10.25,

CN 102186627 A,2011.09.14,

CN 1626313 A,2005.06.15,

JP 特许第4342528 B2,2009.10.14,

审查员 陈珊珊

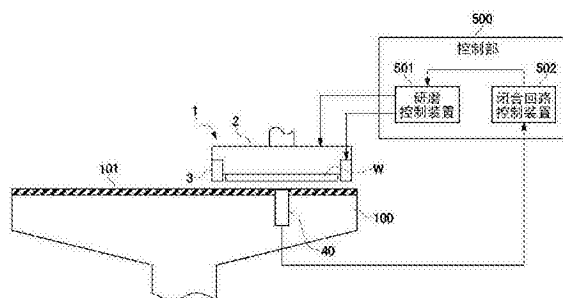
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

研磨装置及研磨方法

(57)摘要

一种研磨装置和研磨方法,使半导体晶片的被研磨面与研磨垫相对滑动而对被研磨面进行研磨,研磨装置具有:边缘室,其通过按压半导体晶片的被研磨面的背面,而将被研磨面按压到研磨垫;膜厚测定部,其在半导体晶片的研磨中推断半导体晶片的被研磨面的残膜外形;以及闭合回路控制装置,其在半导体晶片的研磨中,根据膜厚测定部的测定结果而控制边缘室对被研磨面的背面的按压。闭合回路控制装置控制半导体晶片的研磨中的边缘室产生的按压,并对作为边缘室的周边部的挡护环的压力进行控制,边缘室的周边部对被研磨面的对于研磨垫的按压产生影响。采用本发明,可高精度地对研磨对象物进行研磨。



1. 一种研磨装置,使研磨对象物的被研磨面与研磨部件相对滑动而对所述被研磨面进行研磨,该研磨装置的特征在于,具有:

按压部,该按压部通过按压所述研磨对象物的所述被研磨面的背面,从而将所述被研磨面按压到所述研磨部件;

膜厚测定部,该膜厚测定部在所述研磨对象物的研磨中推断所述研磨对象物的所述被研磨面的残膜外形;以及

控制部,该控制部在所述研磨对象物的研磨中,根据所述膜厚测定部的测定结果而控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,

所述控制部控制所述研磨对象物的研磨中的由所述按压部产生的按压,并且所述控制部在研磨中对所述按压部的周边部进行控制,所述按压部的周边部对所述被研磨面的对于所述研磨部件的按压产生影响;

所述控制部使用背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的研磨速率与所述按压部及所述周边部的关系式,在研磨中计算所述周边部的按压,

所述周边部是在所述按压部的外周外侧与所述按压部相邻配置的挡护部件。

2. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,所述挡护部件在所述按压部的近旁对所述研磨部件进行按压,

所述控制部控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,并且所述控制部控制所述挡护部件对所述研磨部件的按压。

3. 如权利要求2所述的研磨装置,其特征在于,

所述按压部对所述研磨对象物的所述被研磨面的背面的边缘区域进行按压,

所述挡护部件是围住所述研磨对象物的部件。

4. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,

所述周边部是控制由所述按压部的弹性体的变形所产生的所述被研磨面的压力的机构。

5. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,

所述周边部是控制所述按压部的弹性体的变形的机构。

6. 如权利要求2所述的研磨装置,其特征在于,

所述控制部对所述周边部的按压进行控制,以使所述被研磨面的膜厚外形在所述被研磨面的整个面成为均匀的形状或成为所需的形状。

7. 如权利要求2所述的研磨装置,其特征在于,

所述控制部对所述周边部的按压进行控制,以使所述被研磨面的膜厚外形在背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的区域内成为均匀的形状或成为所需的形状。

8. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,

对于所述周边部的控制设定有控制界限值,

所述控制部在所述控制界限值的范围内进行控制。

9. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,

所述按压部由圆形状的压力室及包围该圆形状的压力室周围的多个圆环状的压力室形成。

10. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,

所述膜厚测定部为光学式厚度传感器。

11. 如权利要求1所述的研磨装置,其特征在于,
所述膜厚测定部为涡电流式厚度传感器。

12. 一种研磨方法,使研磨对象物的被研磨面与研磨部件相对滑动而对所述被研磨面进行研磨,该研磨方法的特征在于,包含如下步骤:

按压步骤,该按压步骤通过用按压部按压所述研磨对象物的所述被研磨面的背面,从而将所述被研磨面按压到所述研磨部件;

膜厚测定步骤,该膜厚测定步骤在所述研磨对象物的研磨中推断所述研磨对象物的所述被研磨面的残膜外形;以及

控制步骤,该控制步骤在所述研磨对象物的研磨中,根据所述膜厚测定步骤的测定结果而控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,

所述控制步骤控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,并且所述控制步骤在研磨中对所述按压部的周边部进行控制,所述按压部的周边部对所述被研磨面的对于所述研磨部件的按压产生影响,其中

使用背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的研磨速率与所述按压部及所述周边部的关系式,在研磨中计算所述周边部的按压,

所述周边部是在所述按压部的外周外侧与所述按压部相邻配置的挡护部件。

13. 如权利要求12所述的研磨方法,其特征在于,

在闭合回路控制中同时确定对所述被研磨面的背面的按压和所述周边部的按压。

14. 如权利要求12所述的研磨方法,其特征在于,进一步包括

以一定的周期重复膜厚测定步骤和控制步骤,直至推断的残膜外形成为目标膜厚外形。

15. 如权利要求12所述的研磨方法,其特征在于,

所述挡护部件在所述按压部的近旁对所述研磨部件进行按压;

所述控制步骤不仅控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,并且所述控制步骤控制所述挡护部件对所述研磨部件的按压。

16. 如权利要求15所述的研磨方法,其特征在于,

所述控制步骤对所述周边部的按压进行控制,以使所述被研磨面的膜厚外形在背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的整个面内成为均匀的形状或成为所需的形状。

研磨装置及研磨方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种研磨装置及研磨方法,尤其涉及对半导体晶片等研磨对象物进行研磨而获得所需的膜厚外形的研磨装置及研磨方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着半导体器件的高集成化、高密度化,回路的配线也越来越细微化,多层配线的层数也增加。若要同时实现回路的细微化和多层配线,则由于承袭下侧层的表面凹凸而使台阶更大,因此,随着配线层数增加,薄膜形成中对于台阶形状的膜被覆性(阶跃式覆盖率)变差。因此,为了进行多层配线,必须改进该阶跃式覆盖率,在适当的过程中进行平坦化处理。另外,由于焦点深度随光刻的细微化而变浅,因此,必须对半导体器件表面进行平坦化处理以使半导体器件表面的凹凸台阶控制在焦点深度以下。随回路的细微化,对平坦化处理的精度要求变高。另外,不仅在多层配线工序中,而且在FEOL(前道工序:Front End Of Line)中,对平坦化处理的精度要求也随晶体管周边部的构造复杂化而变高。

[0003] 如此,在半导体器件的制造工序中,半导体器件表面的平坦化技术越来越重要。该平坦化技术中最重要的技术是化学机械研磨(CMP:Chemical Mechanical Polishing)。该化学机械研磨是,使用研磨装置,将含有二氧化硅(SiO_2)等的磨料的研磨液供给到研磨垫等的研磨面上,并使半导体晶片等基板与研磨面滑动接触而进行研磨。

[0004] 这种研磨装置具有:研磨台,该研磨台具有由研磨垫构成的研磨面;以及对半导体晶片进行保持用的称为顶环或研磨头等基板保持装置。在使用这种研磨装置对半导体晶片进行研磨的情况,利用基板保持装置而对半导体晶片进行保持,并以规定的压力而将该半导体晶片按压到研磨面。此时,通过使研磨台与基板保持装置相对运动,从而半导体晶片与研磨面滑动接触,半导体晶片的表面被平坦化并被研磨成镜面状。

[0005] 在这种研磨装置中,在研磨中的半导体晶片与研磨垫的研磨面之间的相对的按压在晶片整个面上不是均匀的场合,会根据赋予半导体晶片各部分的按压力而产生研磨不足和过分研磨。为了对于半导体晶片的按压力予以均匀化,在基板保持装置的下部设有由弹性膜(膜片)形成的压力室,通过将加压空气等的流体供给到该压力室,从而介由弹性膜而将半导体晶片按压到模块的研磨面进行研磨。

[0006] 另一方面,形成于作为研磨对象的半导体晶片的表面的薄膜,其膜厚会因成膜时的方法和装置的特性并根据半导体晶片的径向位置而有差异。即,半导体晶片的表面在径向具有初始膜厚分布。在均匀按压半导体晶片整个面进行研磨的上述的基板保持装置中,由于在半导体晶片的整个面被均匀研磨,因此,不能修正半导体晶片表面上的初始膜厚分布。

[0007] 因此,提出了这样的研磨装置:在半导体晶片的面内设有由弹性膜(膜片)形成的多个压力室,对供给到多个压力室的加压空气等流体的压力分别进行控制(例如,专利文献1)。在该研磨装置中,通过局部控制被施加到半导体晶片上的压力并使对膜厚厚的部分的研磨面的按压力大于对膜厚薄的部分的研磨面的按压力,从而可有选择地提高该部分的研

磨速率,由此,可在基板的整个面进行不过度也无不足的平坦的研磨而不会受成膜时的膜厚分布影响。

[0008] 专利文献1:日本专利特开2006-128582号公报

[0009] 专利文献2:日本专利特开2001-060572号公报

[0010] 专利文献3:日本专利特许第4689367号公报

发明内容

[0011] 发明所要解决的课题

[0012] 本发明的目的是,提供一种能高精度地对研磨对象物进行研磨的研磨装置及研磨方法。

[0013] 用于解决课题的手段

[0014] 本发明的研磨装置是,使研磨对象物的被研磨面与研磨部件相对滑动而对所述被研磨面进行研磨,该研磨装置具有:按压部,该按压部通过按压所述研磨对象物的所述被研磨面的背面,从而将所述被研磨面按压到所述研磨部件;膜厚测定部,该膜厚测定部在所述研磨对象物的研磨中推断所述研磨对象物的所述被研磨面的残膜外形;以及控制部,该控制部在所述研磨对象物的研磨中,根据所述膜厚测定部的测定结果而控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,所述控制部控制所述研磨对象物的研磨中的由所述按压部产生的按压,并且所述控制部在研磨中对所述按压部的周边部进行控制,所述按压部的周边部对所述被研磨面的对于所述研磨部件的按压产生影响。

[0015] 利用该结构,由按压部直接按压的部分的被研磨面的对于研磨部件的按压,不仅由控制按压部产生的按压来控制,而且还由控制周边部产生的该部分的被研磨面的对于研磨部件的按压来控制,故可进行高精度的研磨。另外,由于在研磨对象物的研磨中根据其研磨状况而进行这种控制,因此,即使在研磨过程中由按压部产生的按压力发生变化的情况下,也可与其对应地控制周边部。

[0016] 在上述的研磨装置中,所述周边部也可是挡护部件,该挡护部件在所述按压部的近旁对所述研磨部件进行按压,所述控制部也可控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,并且所述控制部控制所述挡护部件对所述研磨部件的按压。

[0017] 利用该结构,由于通过控制挡护部件对于研磨部件的按压,来控制由按压部件直接按压的部分的被研磨面的对于研磨部件的按压,因此,可进行高精度的研磨。

[0018] 在上述的研磨装置中,所述按压部也可对所述研磨对象物的所述被研磨面的背面的边缘区域进行按压,所述挡护部件也可是围住所述研磨对象物的部件。

[0019] 利用该结构,由于通过控制挡护部件对于研磨部件的按压,来控制背面被按压部直接按压的被研磨面的边缘区域对于研磨部件的按压,因此,可在边缘部分进行高精度的研磨。

[0020] 上述的研磨装置也可具有对所述研磨对象物的所述被研磨面的背面局部地进行按压的多个所述按压部,所述周边部也可是相邻的其他的所述按压部。

[0021] 利用该结构,由于通过控制相邻的其他的按压部对被研磨面的背面的按压,来控制背面由某个按压部直接按压的部分的被研磨面对于研磨部件的按压,因此,可进行高精度的研磨。

[0022] 在上述的研磨装置中,所述周边部也可是控制由所述按压部的弹性体的变形所产生的所述被研磨面的压力的机构。

[0023] 利用该结构,根据研磨状况而可控制按压部的弹性体的变形所产生的被研磨面的压力。

[0024] 在上述的研磨装置中,所述周边部也可是控制所述按压部的弹性体的变形的机构。

[0025] 利用该结构,根据研磨状况而可控制按压部的弹性体的变形。

[0026] 在上述的研磨装置中,所述控制部也可对所述周边部的按压进行控制,以使所述被研磨面的膜厚外形在背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的整个面内成为均匀的形状或成为所需的形状。

[0027] 利用该结构,背面由按压部直接按压的被研磨面对于研磨部件的按压的来自周边部的影响,即使是在背面由按压部直接按压的被研磨面上是不均匀的情况,也可均匀地对背面由按压部直接按压的被研磨面进行研磨。

[0028] 在上述的研磨装置中,对于所述周边部的控制也可设定有控制界限值,所述控制部也可在所述控制界限值的范围内进行控制。

[0029] 利用该结构,当控制部根据规定的算法进行控制时,可防止超过控制界限地控制周边部,可防止研磨对象物和研磨装置的破损等事故。

[0030] 在上述的研磨装置中,所述按压部也可由圆形状的压力室及包围该圆形状的压力室周围的多个圆环状的压力室形成。

[0031] 利用该结构,可将半径方向的膜厚外形作成所需的形状。

[0032] 本发明的研磨方法是,使研磨对象物的被研磨面与研磨部件相对滑动而对所述被研磨面进行研磨,该研磨方法包含如下步骤:按压步骤,该按压步骤通过用按压部按压所述研磨对象物的所述被研磨面的背面,从而将所述被研磨面按压到所述研磨部件;膜厚测定步骤,该膜厚测定步骤在所述研磨对象物的研磨中推断所述研磨对象物的所述被研磨面的残膜外形;以及控制步骤,该控制步骤在所述研磨对象物的研磨中,根据所述膜厚测定步骤的测定结果而控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,所述控制步骤控制所述按压部对所述被研磨面的背面的按压,并且所述控制步骤在研磨中对所述按压部的周边部进行控制,所述按压部的周边部对所述被研磨面的对于所述研磨部件的按压产生影响。

[0033] 即使利用该结构,由按压部直接按压的部分的被研磨面对于研磨部件的按压,不仅由控制按压部产生的按压来控制,而且还由控制周边部产生的该部分的被研磨面对于研磨部件的按压来控制,故可进行高精度的研磨。另外,由于在研磨对象物的研磨中根据其研磨状况而进行这种控制,因此,即使在研磨过程中使按压部产生的按压力发生变化的情况,也可与其对应地控制周边部。

[0034] 在上述研磨方法中,也可使用背面被所述按压部直接按压的所述被研磨面的研磨速度与所述按压部及所述周边部的关系式,而在研磨中计算所述周边部的按压。

[0035] 利用该结构,可与膜厚测定步骤中的测定结果对应地控制按压部及周边部。

[0036] 在上述的研磨方法中,也可在闭合回路控制中同时确定对所述被研磨面的背面的按压和所述周边部的按压。

[0037] 利用该结构,可实现更高精度的控制。

[0038] 发明的效果

[0039] 采用本发明,由按压部直接按压的部分的被研磨面对于研磨部件的按压,不仅由控制按压部产生的按压来控制,而且还由控制周边部产生的该部分的被研磨面对于所述研磨部件的按压来控制,故可进行高精度的研磨。

附图说明

[0040] 图1是表示本发明实施方式的研磨装置整体结构的概略图。

[0041] 图2是本发明实施方式的顶环的模式剖视图。

[0042] 图3是表示本发明实施方式的研磨台的主要结构要素的模式剖视图。

[0043] 图4是表示本发明实施方式的控制研磨动作用的研磨装置结构的示图。

[0044] 图5是本发明实施方式的研磨装置的研磨控制的流程图。

[0045] 图6是表示本发明实施方式的压力室的压力变化的曲线图。

[0046] 图7是表示本发明实施方式的顶环的主要结构要素的模式剖视图。

[0047] 图8是表示本发明实施方式的基板面同心圆状的多个区域的带有编号的顺序的示图。

[0048] 图9是表示本发明实施方式的模型预测控制的参照轨道的曲线图。

[0049] 符号说明

[0050] 1 顶环(基板保持装置)

[0051] 2 顶环主体

[0052] 3 挡护环

[0053] 4 弹性膜(膜片)

[0054] 4a 隔壁

[0055] 5 中央室

[0056] 6 脉动室

[0057] 7 外部室

[0058] 8 边缘室

[0059] 9 挡护环压力室

[0060] 11、12、13、14、15 流路

[0061] 21、22、23、24、26 流路

[0062] 25 转动式接头

[0063] 31 真空源

[0064] 32 弹性膜(膜片)

[0065] 35 气水分离槽

[0066] V1-1~V1-3、V2-1~V2-3、V3-1~V3-3、V4-1~V4-3、V5-1~V5-3 阀

[0067] R1、R2、R3、R4、R5 压力调节器

[0068] P1、P2、P3、P4、P5 压力传感器

[0069] F1、F2、F3、F4、F5 流量传感器

[0070] 40 膜厚测定部

[0071] 41 顶环凸缘

- [0072] 42 受光部
- [0073] 43 分光器
- [0074] 44 光源
- [0075] 45 光学头(光学式膜厚测定头)
- [0076] 46 处理部
- [0077] 51 通孔
- [0078] 52 转动式接头
- [0079] 53 液体供给路
- [0080] 54 液体排出路
- [0081] 55 液体供给源
- [0082] 60 研磨液供给喷嘴
- [0083] 100 研磨台
- [0084] 101 研磨垫
- [0085] 101a 研磨面
- [0086] 102 孔
- [0087] 110 顶环头
- [0088] 111 顶环旋转轴
- [0089] 112 旋转筒
- [0090] 113 同步带轮
- [0091] 114 顶环用旋转电动机
- [0092] 115 同步带
- [0093] 116 同步带轮
- [0094] 117 顶环头旋转轴
- [0095] 124 上下移动机构
- [0096] 126 轴承
- [0097] 128 桥架
- [0098] 129 支承台
- [0099] 130 支柱
- [0100] 131 真空源
- [0101] 132 滚珠丝杠
- [0102] 132a 螺纹轴
- [0103] 132b 螺母
- [0104] 138 AC伺服电动机
- [0105] 500 控制部
- [0106] 501 研磨控制装置
- [0107] 502 闭合回路控制装置

具体实施方式

[0108] 下面,对于本发明的实施方式的研磨装置,参照说明书附图来说明。另外,下面说

明的实施方式,表示实施本发明时的一例子,并不将本发明限定于下面说明的具体结构中。实施本发明时,也可适当采用与实施方式对应的具体结构。

[0109] 图1是表示本发明实施方式的研磨装置的整体结构的概略图。如图1所示,研磨装置具有:研磨台100;以及对作为研磨对象物的半导体晶片等基板进行保持并将其按压到研磨台100的研磨面上的作为基板保持装置的顶环1。研磨台100通过台轴100a而与配置在其下方的电动机(未图示)联接。通过电动机旋转,研磨台100绕台轴100a旋转。在研磨台100的上表面贴附有作为研磨部件的研磨垫101。该研磨垫101的表面101a构成对半导体晶片W进行研磨的研磨面。在研磨台100的上方设置有研磨液供给喷嘴60。研磨液(研磨浆料)Q从该研磨液供给喷嘴60被供给到研磨台100上的研磨垫101上。

[0110] 另外,作为在市场上能买到的研磨垫有各种,例如,有Nitta Haas公司制(日文:ニッタ・ハース社製)的SUBA800、IC-1000、IC-1000/SUBA400(双层交叉)、Fujimi公司制(日文:フジミインコーポレイテッド社製)的Surfin xxx-5、Surfin 000等。SUBA800、Surfin xxx-5、Surfin 000是用聚氨酯树脂将纤维固化后的无纺布,IC-1000是硬质的发泡聚氨基甲酸酯(单层)。发泡聚氨基甲酸酯为多孔(多孔质状),且其表面具有许多细微的凹坑或孔。

[0111] 顶环1基本包括:将半导体晶片W按压到研磨面101a的顶环主体2;以及将半导体晶片W的外周缘予以保持以使半导体晶片W不会从顶环1飞出的作为挡护部件的挡护环3。顶环1与顶环旋转轴111连接。该顶环旋转轴111利用上下移动机构124而相对于顶环头110进行上下移动。利用顶环旋转轴111的上下移动,使顶环1整体相对于顶环头110升降来进行顶环1的上下方向的定位。在顶环旋转轴111的上端安装有转动式接头25。

[0112] 使顶环旋转轴111及顶环1上下移动的上下移动机构124具有:通过轴承126而将顶环旋转轴111支承成可旋转的桥架128;安装于桥架128的滚珠丝杠132;由支柱130支承的支承台129;以及设在支承台129上的AC伺服电动机138。对伺服电动机138进行支承的支承台129通过支柱130而固定于顶环头110。

[0113] 滚珠丝杠132具有:与伺服电动机138联接的螺纹轴132a;以及与该螺纹轴132a螺合的螺母132b。顶环旋转轴111与桥架128一体上下移动。因此,当对伺服电动机138进行驱动时,桥架128通过滚珠丝杠132而上下移动,由此,顶环旋转轴111及顶环1进行上下移动。

[0114] 另外,顶环旋转轴111通过销子(未图示)而与旋转筒112联接。旋转筒112的外周部具有同步带轮113。在顶环头110上固定有顶环用旋转电动机114,同步带轮113通过同步带115而与设在顶环用旋转电动机114上的同步带轮116联接。因此,通过对顶环用旋转电动机114进行旋转驱动,并经由同步带轮116、同步带115及同步带轮113,从而旋转筒112及顶环旋转轴111一体旋转,从而顶环1旋转。

[0115] 顶环头110由顶环头旋转轴117支承,顶环头旋转轴117可旋转地支承于框架(未图示)。研磨装置具有控制部500,控制部500对以顶环用旋转电动机114、伺服电动机138,以及研磨台旋转电动机为代表的装置内的各设备进行控制。

[0116] 接着,说明本发明的研磨装置中的顶环(研磨头)1。图2是作为基板保持装置的顶环1的模式剖视图,顶环1对作为研磨对象物的半导体晶片W进行保持并将其按压到研磨台100上的研磨面。在图2中,仅图示构成顶环1的主要结构要素。

[0117] 如图2所示,顶环1基本包括:将半导体晶片W按压到研磨面101a的顶环主体(也称为载体)2;以及直接按压研磨面101a的作为挡护部件的挡护环3。顶环主体(载体)2由大致

圆盘状的部件构成,挡护环3安装在顶环主体2的外周部。顶环主体2由工程塑料(例如PEEK)等的树脂形成。在顶环主体2的下表面,安装有与半导体晶片的背面抵接的弹性膜(膜片)4。弹性膜(膜片)4由乙丙橡胶(EPDM)、聚氨酯橡胶、硅橡胶等强度及耐久性优异的橡胶材料形成。弹性膜(膜片)4构成对半导体晶片等基板进行保持的基板保持面。

[0118] 弹性膜(膜片)4具有同心状的多个隔壁4a,在膜片4的上表面与顶环主体2的下表面之间由这些隔壁4a形成有:圆形状的中央室5;环状的波纹室6;环状的外部室7;以及环状的边缘室8。即,在顶环主体2的中心部形成有中央室5,从中心向外周方向依次同心状地形成有波纹室6、外部室7和边缘室8。在顶环主体2内,分别形成有:与中央室5连通的流路11;与波纹室6连通的流路12;与外部室7连通的流路13;以及与边缘室8连通的流路14。

[0119] 与中央室5连通的流路11、与外部室7连通的流路13以及与边缘室8连通的流路14,通过转动式接头25而分别与流路21、23、24连接。流路21、23、24分别通过阀V1-1、V3-1、V4-1及压力调节器R1、R3、R4而与压力调整部30连接。另外,流路21、23、24分别通过阀V1-2、V3-2、V4-2而可与真空源31连接,且流路21、23、24分别通过阀V1-3、V3-3、V4-3而可与大气连通。

[0120] 另一方面,与波纹室6连通的流路12通过转动式接头25而与流路22连接。并且,流路22通过气水分离槽35、阀V2-1及压力调节器R2而与压力调整部30连接。另外,流路22通过气水分离槽35及阀V2-2而与真空源131连接,且流路22通过阀V2-3而可与大气连通。

[0121] 另外,在挡护环3的正上方也由弹性膜(膜片)32而形成有挡护环压力室9。弹性膜(膜片)32收容在柱体内,柱体固定于顶环1的凸缘部。挡护环压力室9通过形成在顶环主体(载体)2内的流路15及转动式接头25而与流路26连接。流路26通过阀V5-1及压力调节器R5而与压力调整部30连接。另外,流路26通过阀V5-2而与真空源31连接,且流路26通过阀V5-3而可与大气连通。

[0122] 压力调节器R1、R2、R3、R4、R5分别具有对从压力调整部30供给到中央室5、波纹室6、外部室7、边缘室8和挡护环压力室9的压力流体的压力进行调整的压力调整功能。压力调节器R1、R2、R3、R4、R5及各阀V1-1~V1-3、V2-1~V2-3、V3-1~V3-3、V4-1~V4-3、V5-1~V5-3与控制部500(参照图1)连接,从而它们的动作被控制。另外,流路21、22、23、24、26分别设置有压力传感器P1、P2、P3、P4、P5及流量传感器F1、F2、F3、F4、F5。

[0123] 利用压力调整部30及压力调节器R1、R2、R3、R4、R5而分别对供给到中央室5、波纹室6、外部室7、边缘室8和挡护环压力室9的流体的压力进行独立调整。利用这种构造,可调整在半导体晶片的每个区域上将半导体晶片W按压到研磨垫101的按压力,且可调整挡护环3对研磨垫101进行按压的按压力。

[0124] 图3是表示研磨台100的主要结构要素的模式剖视图。在研磨台100的内部,形成有在其上表面开口的孔102。另外,在研磨垫101上,在与该孔102对应的位置形成有通孔51。孔102和通孔51连通。通孔51在研磨面101a上开口。孔102通过液体供给路53及转动式接头52而与液体供给源55联接。在研磨中,水(较好的是纯水)作为透明的液体就从液体供给源55供给到孔102。水充满由半导体晶片W的下表面与通孔51所形成的空间,通过液体排出路54而排出。研磨液与水一起被排出,由此确保光路。液体供给路53上设有与研磨台100的旋转同步地进行动作的阀(未图示)。该阀当半导体晶片W不位于通孔51上时阻止水流动,或者使水流量减少地进行动作。

[0125] 研磨装置具有对基板的膜厚进行测定的膜厚测定部40。膜厚测定部40是光学式的膜厚传感器,具有:发光的光源44;将由光源44发出的光照射到半导体晶片W的表面的投光部41;接受从半导体晶片W返回的反射光的受光部42;分光器43,该分光器43根据波长分解来自半导体晶片W的反射光,在规定的波长范围内测定反射光强度;以及处理部46,该处理部46从由分光器43取得的测定数据而生成光谱,根据该光谱而确定半导体晶片W的膜厚。光谱表示分布在规定的波长范围内的光的强度,且表示光的强度与波长之间的关系。

[0126] 投光部41及受光部42由光纤构成。投光部41及受光部42构成光学头(光学式膜厚测定头)45。投光部41与光源44连接。受光部42与分光器43连接。作为光源44,可使用发光二极管(LED)、卤素灯、氙闪光灯等产生具有多个波长的光的光源。投光部41、受光部42、光源44及分光器43配置在研磨台100的内部,且与研磨台100一起旋转。投光部41及受光部42配置在形成于研磨台100的孔102内,且各自的顶端位于半导体晶片W的被研磨面的近旁。

[0127] 投光部41及受光部42相对于半导体晶片W的表面垂直地配置,投光部41将光垂直照射在半导体晶片W的表面。投光部41及受光部42与保持于顶环1的半导体晶片W的中心相对地配置。因此,每当研磨台100旋转,投光部41及受光部42的顶端就横穿半导体晶片W地进行移动,光就被照射在包含半导体晶片W中心在内的区域。这是为了:投光部41及受光部42通过半导体晶片W的中心,由此测定包含半导体晶片W的中心部的膜厚在内的半导体晶片W的整个面的膜厚。处理部46能根据所测定的膜厚数据而生成膜厚外形(半径方向的膜厚分布)。处理部46与控制部500(参照图1)连接,将所生成的膜厚外形输出到控制部500。

[0128] 在半导体晶片W的研磨中,光从投光部41照射到半导体晶片W上。来自投光部41的光在半导体晶片W的表面反射,而由受光部42受光。半导体晶片W被光照射期间,水被供给到孔102及通孔51,由此,投光部41及受光部42的各项端与半导体晶片W的表面之间的空间被水充满。分光器43根据波长而分解从受光部42送来的反射光,测定各波长的反射光的强度。处理部46从由分光器43测定的反射光的强度,而生成表示反射光强度与波长之间关系的光谱。进一步,处理部46从获得的光谱中,使用公知技术来推断半导体晶片W当前的膜厚外形(残膜外形)。

[0129] 研磨装置也可具有其他方式的膜厚测定部,来替代上述的由光学式膜厚传感器构成的膜厚测定部40。作为其他方式的膜厚测定部,例如有涡电流式膜厚传感器,涡电流式膜厚传感器配置在研磨台100的内部,取得根据半导体晶片W的膜厚而变化的膜厚信号。涡电流式膜厚传感器与研磨台100一体旋转,取得由顶环1保持的半导体晶片W的膜厚信号。涡电流式膜厚传感器与图1所示的控制部500连接,由涡电流式膜厚传感器取得的膜厚信号就被送到控制部500。控制部500从膜厚信号生成间接或直接表示膜厚的膜厚指标值。

[0130] 涡电流式膜厚传感器构成为,使高频的交流电流在线圈中流动而在导电膜诱发涡电流,从该涡电流磁场所引起的阻抗变化来检测导电膜的厚度。作为涡电流传感器,可使用日本专利特开2014-017418号公报所记载的公知的涡电流传感器。

[0131] 另外,在上述例子中,在研磨面101a上设置通孔51,并设置液体供给路53、液体排出路54和液体供给源55,且用水充满孔102,但是,也可取而代之,在研磨垫101上形成透明窗。在这种情况下,投光部41通过该透明窗而将光照射在研磨垫101上的基板W的表面,受光部42通过透明窗而接受来自半导体晶片W的反射光。

[0132] 现对如上构成的研磨装置进行的研磨动作进行说明。顶环1从基板交接装置(推动

器)接受半导体晶片W,且其下表面利用真空吸附方式对半导体晶片W进行保持。此时,顶环1使被研磨面(通常是构成有器件的面,也称为“表面”)向下,并使被研磨面与研磨垫101的表面相对地对顶环1进行保持。下表面保持有半导体晶片W的顶环1,随着由顶环头旋转轴117的旋转所产生的顶环头110的回旋而从半导体晶片W的接受位置移动到研磨台100的上方。

[0133] 然后,使利用真空吸附对半导体晶片W进行保持的顶环1下降至预先设定的顶环的研磨时设定位置。虽然在该研磨时设定位置,挡护环3与研磨垫101的表面(研磨面)101a接触,但是在研磨前,由于由顶环1吸附保持半导体晶片W,因此,在半导体晶片W的下表面(被研磨面)与研磨垫101的表面(研磨面)101a之间有些微间隙(例如约1mm)。此时,研磨台100及顶环1同时被旋转驱动,研磨液从设在研磨台100上方的研磨液供给喷嘴102被供给到研磨垫101上。

[0134] 在该状态下,通过使处于半导体晶片W背面侧的弹性膜(膜片)4膨胀,对半导体晶片W的被研磨面的背面进行按压,从而将半导体晶片W的被研磨面按压到研磨垫101的表面(研磨面)101a,使半导体晶片W的被研磨面与研磨垫101的研磨面相对滑动,从而用研磨垫101的研磨面101a将半导体晶片W的被研磨面研磨至规定的状态(例如规定的膜厚)。研磨垫101上的晶片处理工序结束后,将半导体晶片W吸附在顶环1上,使顶环1上升,使其移动到构成基板输送机构的基板交接装置,并进行晶片W的脱离(释放)。

[0135] 接着,对基于由膜厚测定部40测定的膜厚外形的研磨动作的控制进行说明。图4是表示用于控制研磨动作的研磨装置的结构示意图。研磨装置具有研磨控制装置501和闭合回路控制装置502。研磨控制装置501和闭合回路控制装置502相当于上述的控制部500(参照图1)。

[0136] 图5是本实施方式的研磨装置的研磨控制的流程图。当研磨装置开始研磨时,膜厚测定部40推断残膜外形并将推断值输出到闭合回路控制装置502(步骤S61)。闭合回路控制装置502判断残膜外形是否成为了目标膜厚外形(步骤S62)。在由膜厚测定部40推断的残膜外形成为目标膜厚外形的情况下(在步骤S62中为“是”),则研磨处理结束。这里,目标膜厚外形既可是完全平坦的形状(在整个面上均匀的膜厚),也可是具有凹凸或斜度的形状。

[0137] 在推断的残膜外形未达到目标膜厚外形的情况下(在步骤S62中为“否”),闭合回路控制装置502就基于所推断的残膜外形,而算出供给到中央室5、波纹室6、外部室7、边缘室8和挡护环压力室9(下面统称为“压力室”)的流体的压力的参数(压力参数),并将其输出到研磨控制装置501(步骤S63)。研磨控制装置501根据压力参数,而调整供给到各压力室的流体的压力(步骤S64)。研磨装置以一定的周期重复上述的步骤S61~64,直至推断的残膜外形成为目标膜厚外形(直至步骤S62中为“是”)。另外,压力室相当于本发明的按压部。

[0138] 下面,以涉及半导体晶片W的边缘区域的部分为例,对基于上述步骤S63中的残膜外形来算出各压力室的压力参数进行说明。首先,闭合回路控制装置502取得对于边缘区域研磨速率MRR_Edge的已知关系。边缘区域研磨速率MRR_Edge与各压力室的压力参数的关系一般用函数F由下式(1)表示。

[0139]
$$\text{MRR_Edge} = F(\text{AP_Edge}, \text{RRP}, \text{etc} \dots) \quad \dots (1)$$

[0140] 这里,AP_Edge是边缘区域的压力室即边缘室8的压力(边缘室压力)。另外,RRP是挡护环压力室9的压力(挡护环压力)。作为影响边缘区域的研磨速率的其它参数(式(1)的“etc”),例如是在边缘室8的半导体晶片W中心侧与边缘室8相邻的压力室即外部室7的压

力等。

[0141] 该函数F一般是各参数的一次式或包含这样的一次式的各参数的交互作用的统计学多重回归式(日文:統計的重回帰式),但是,也可是各参数的n次式等的特殊函数。另外,任何场合各参数所附带的常数也须是已知的。

[0142] 接着,闭合回路控制装置502从闭合回路控制装置502中的计算值,取得对欲控制的区域即边缘区域研磨中的各时刻的目标研磨速率MRR_Tgt。然后,闭合回路控制装置502通过将所得到的目标研磨速率MRR_Tgt代入式(1)而进行式变形,从而如下式(2)那样求出各时刻的挡护环压力RRP。

[0143] $RRP = G(MRR_Tgt, AP_Edge, etc...) \cdots (2)$

[0144] 闭合回路控制装置502,判断由上式(2)算出的挡护环压力RRP是否低于界限值,在算出的挡护环压力RRP低于界限值的情况下,优先采用界限值。该界限值设定为这样的数值,当挡护环压力RRP低于其时挡护环3有可能无法保持半导体晶片W,通过使界限值优先,从而可防止半导体晶片W从挡护环滑出的现象。作为界限值,既可采用绝对值,也可采用与各压力室的压力的平均值对应的数值(例如,平均乘以1以下的规定系数后的数值)。

[0145] 如上所述,在本实施方式的研磨装置中,不仅由调整半导体晶片W的研磨中的边缘室8的压力AP_Edge对边缘区域进行的按压的控制来控制,而且控制作为边缘室8的周边部的控制挡护环3的压力RRP,挡护环3的压力RRP影响到半导体晶片W的被研磨面的对于研磨面101a的研磨压力(按压力)。即,通常是,半导体晶片W的边缘区域的研磨速率受研磨垫的反弹等的影响,为了应对这种情况而具有挡护环压力等的附带的控制参数,但是,以往对于这种附带的控制参数,研磨中不进行实时控制。与此相对,本实施方式的研磨装置,如图6所示那样,为了半导体晶片W的边缘区域的研磨控制,而在研磨中不仅使与该区域对应的压力室即边缘室8的压力AP_Edge变化,而且从边缘室8与各压力室的压力参数和边缘区域研磨速率的关系中,使其周边部的挡护环3的压力RRP也变化。由此,可高精度地实现所需的膜厚外形。

[0146] 另外,虽然已经提出了一种研磨装置,其通过在研磨中对半导体晶片的膜厚进行测定,并分别控制多个压力室的压力,从而实时控制膜厚外形,实现所需的膜厚外形,但是与其相比,本实施方式如上所述,不仅实时控制弹性膜4的压力,而且还实时控制作为其周边部的挡护环3,因此可进行更精密的膜厚外形控制。

[0147] 下面,说明算出上述压力参数的具体例子。图7是表示顶环1的主要结构要素的模式剖视图。如图7所示,在半导体晶片W中,将与外部室7对应的区域(半径130~140mm)设为区域A7。与边缘室8对应的区域A8(半径140~148mm)被分为:仅边缘室8的压力AP_8影响研磨压力的区域A8-1(半径140~145mm);以及边缘室8的压力AP_8及挡护环3的压力RRP所影响的区域A8-2(半径145~148mm)。

[0148] 当将各时刻的区域A8-1的研磨速率表述为MRR_8(t)、区域A8-2的研磨速率表述为MRR_Edge(t)时,首先,区域A8-1的研磨速率MRR_8(t)与边缘室8的压力AP_8(t)成正比。区域A8-2的研磨速率MRR_Edge(t)由将AP_8(t)和RRP(t)作为变量的函数求出,这里,当作我们知道,实验性地,可以如下式(3)那样用AP_8(t)和RRP(t)的一次式求出。

[0149] $MRR_Edge(t) = a \times AP_8(t) + b \times RRP(t) + c \cdots (3)$

[0150] 这里,a、b、c分别是实验求出的常数。

[0151] 另外,由闭合回路控制装置502可求出各时刻的区域A8-1的控制压力 $AP_8(t)$ 。用该控制压力 $AP_8(t)$,如下式(4)那样算出时刻 t 的目标研磨速率 $MRR_8(t)$ 。

$$[0152] \quad MRR_8(t) = G_8 \times AP_8(t) \quad \cdots (4)$$

[0153] 这里, G_8 是区域A8的压力的相对于研磨速率的增益。

[0154] 为了将半导体晶片W的区域A8予以平坦化,只要将区域A8-1的研磨速率和区域A8-2的研磨速率作成相等即可。即,只要满足下式(5)即可。

$$[0155] \quad MRR_Edge(t) = MRR_8(t) \quad \cdots (5)$$

[0156] 当将式(3)及式(4)代入式(5)时,得到下式(6)。

$$[0157] \quad a \times AP_8(t) + b \times RRP(t) + c = G_8 \times AP_8(t) \quad \cdots (6)$$

[0158] 当将式(6)变形时,如下式(7)那样,得到各时刻的挡护环压力 $RRP(t)$ 。

$$[0159] \quad RRP(t) = 1/b \times (G_8 - a) \times AP_8(t) - c/b \quad \cdots (7)$$

[0160] 另外,该式(7)相当于上述一般所示的式(2),且指这样的意思:为了将半导体晶片W的边缘区域A8予以平坦化,不仅对与区域A8对应的边缘室8的压力 $AP_8(t)$ 进行实时控制,而且随此也实时控制挡护环压力 $RRP(t)$ 。

[0161] 以上,表示了这样的方法:在研磨中的各时刻,从边缘室及周边部挡护环的压力和边缘区域的研磨速率的关系式,来确定挡护环的压力 $RRP(t)$ 。但是,周边部的压力的确定方法不限于此。下面,说明周边部的压力的决定方法的其他例子。

[0162] 现在,当将式(3)的各压力室的压力与研磨速率的关系式予以一般化并表述时,可由下式(8)来表述。

[0163] 【数学式1】

$$[0164] \quad MRR_i(t) = \sum_{j=1}^J a_{ij} AP_j(t) + b_i \quad \cdots (8)$$

$$[0165] \quad i = 1, 2, \dots, I$$

[0166] 这里, $MRR_i(t)$ 如图8所示,表示以中心为1而递升地标上编号的基板面同心圆状的区域 i 中的研磨速率。另外, AP_j 表示压力 j ,从中心依次地被标上编号为,中央室 $j=1$ 、波纹室 $j=2$,边缘室的下一个作为分担有一个以上的周边部的压力的部分。 a_{ij} 是表示相对于各压力的各区域的研磨速率的关系的比例常数, b_i 是有关区域 i 的研磨速率的偏移量(日文:オフセット量)。在基板中心侧,由于研磨速率根据大致相对的压力室的压力而决定,因此,只要与压力室对应地来定义区域 i 即可,在周边部,较好的是分割得细,使得能够显示膜厚外形的急剧变化。

[0167] 此时,若将 $MRR(t)$ 设为长度 I 的列向量、将 $AP(t)$ 设为长度 J 的列向量、将 A 设为 $I \times J$ 的矩阵、将 B 设为长度 I 的列向量,则 $MRR(t)$ 可如下式(9)那样表述。

$$[0168] \quad MRR(t) = A \cdot AP(t) + B \quad \cdots (9)$$

[0169] 矩阵 A 是,基板中心侧即在左上部分中呈接近对角矩阵的较稀疏形,基板端侧即在右下部分,为了显示周边部压力的影响而成为较稠密。矩阵 A 的各要素如前所述,可由使各压力变化的实验及多重回归分析来确定。或者,对于基板中心侧的各区域,研磨速率基本由相对的压力室的压力来决定,也可从研磨样品晶片时的该区域的研磨速率和相对的压力室的压力,来决定对应的要素的数值。这里,在可忽视研磨速率的偏移的情况,将向量 B 所对应的要素作成0。

[0170] 如以上那样,当求出式(9)的相对于各压力的研磨速率的关系式时,据此可构成有关残膜厚度分布且包含基板周边部在内的闭合回路控制。下面,在式(9)的关系的基础上,进一步,假设晶片表面各区域的研磨速率(每单位时间的膜厚的减少量)的相对于各压力的响应具有死区时间(日文:むだ時間)和一阶滞后,对适用模型预测控制的例子进行说明。膜厚 $y(k)$ 是,使用 f_1 作为适当的函数而由下式(10)表示的。

$$[0171] \quad y(k) = y(0) - A \cdot f_1(k, \Delta t, t_D, \alpha, u_0, \Delta u(1), \Delta u(2), \dots, \Delta u(k-1)) - k \Delta t \cdot B \quad \dots (10)$$

[0172] 但是, $y(k)$ 是膜厚,且是长度 I 的列向量, A 是相对于压力的研磨速率的比例常数,且是大小 $I \times J$ 的矩阵, k 是离散时间,且 $k=0,1,2,\dots$, Δt 是时间刻度(控制周期), t_D 是响应的死区时间, α 是响应的时间常数, u_0 是初始压力,且是长度 J 的列向量, $\Delta u(k)$ 是时刻 k 时的压力的变化量,且是长度 J 的列向量。

[0173] 时刻 k 时的膜厚的 p 段时刻之后的预测值是,用 f_2 及 f_3 作为适当的函数并如下式(11)~(13)那样表示。

$$[0174] \quad y_p(k, p) = y_0(k, p) + y_F(k, p) \quad \dots (11)$$

$$[0175] \quad y_0(k, p)$$

$$[0176] \quad = y(k) - A \cdot f_2(k, \Delta t, t_D, \alpha, u_0, \Delta u(1), \Delta u(2), \dots, \Delta u(k-1), p) - p \Delta t \cdot B \quad \dots (12)$$

$$[0177] \quad y_F(k, p) = -A \cdot f_3(k, \Delta t, t_D, \alpha, \Delta u(k), \Delta u(k+1), \dots, \Delta u(k+p-1), p) \quad \dots (13)$$

[0178] 但是, $y_p(k, p)$ 是时刻 k 时的膜厚的 p 段时刻之后的预测值,且是长度 I 的列向量, $y_0(k, p)$ 是由过去的操作量(压力)确定的确定项,且是长度 I 的列向量, $y_F(k, p)$ 是由现时刻以后的操作量(压力)确定的未确定项,且是长度 I 的列向量。

$$[0179] \quad \text{因此, } Y_P(k, P) = [y_p(k, 1)^T, y_p(k, 2)^T, \dots, y_p(k, P)^T]^T \quad \dots (14)$$

$$[0180] \quad Y_0(k, P) = [y_0(k, 1)^T, y_0(k, 2)^T, \dots, y_0(k, P)^T]^T \quad \dots (15)$$

$$[0181] \quad \Delta U_Q = [\Delta u(k)^T, \Delta u(k+1)^T, \dots, \Delta u(k+Q-1)^T]^T \quad \dots (16)$$

[0182] 如此,当用 Ψ 作为 $(I \times P) \times (J \times Q)$ 的适当的矩阵时,膜厚的至 P 段时刻之后为止的预测值 $Y_P(k, P)$ 如下式(17)那样表示。

$$[0183] \quad Y_P(k, P) = Y_0(k, P) - \Psi \Delta U_Q \quad \dots (17)$$

[0184] 这里,为了抑制经过充分时间后的操作量(压力)的变化,而在 $1 \leq Q \leq P$ 的条件下,假定了下式(18)。

$$[0185] \quad \Delta u(k+Q) = \Delta u(k+Q+1) = \dots = \Delta u(k+P-1) = 0 \quad \dots (18)$$

[0186] 如果 $Q=P$,则式(18)被解释为 $\Delta u(k+Q)=0$ 。

[0187] 在做完以上准备之后,定义模型预测控制的参照轨道。如图9所示, $y_{s0}(k)$ 表示各时刻 k 时的目标的膜厚, β 表示规定的一阶滞后的时间常数。模型预测控制的参照轨道 $Y_R(k, P)$ 如下那样定义。

$$[0188] \quad Y_R(k, P) = [y_R(k, 1)^T, y_R(k, 2)^T, \dots, y_R(k, P)^T]^T \quad \dots (19)$$

$$[0189] \quad y_R(k, p) = y_S(k+p) + \exp(-p \Delta t / \beta) [y(k) - y_S(k)] \quad \dots (20)$$

$$[0190] \quad y_S(k+p) = [y_{s0}(k+p), y_{s0}(k+p), \dots, y_{s0}(k+p)]^T \quad \dots (21)$$

[0191] 这里,式(21)是长度 I 的列向量。

[0192] 抑制操作量(压力)的变化,并使控制量(膜厚)沿参照轨道逐渐接近目标轨道用的评价函数 J 可如下那样定义。

$$[0193] \quad J = \|Y_R(k, P) - Y_P(k, P)\|^2_{\Gamma^T \Gamma} + \|\Delta U_Q\|^2_{\Lambda^T \Lambda}$$

$$[0194] \quad = \|Y_R(k, P) - Y_0(k, P) + \Psi \Delta U_Q\|^2_{\Gamma^T \Gamma} + \|\Delta U_Q\|^2_{\Lambda^T \Lambda} \quad \cdots (22)$$

$$[0195] \quad \text{但是, } \|X\|^2_A = X^T A X \quad \cdots (23)$$

[0196] 【数学式2】

$$[0197] \quad \Gamma^T \Gamma = \begin{bmatrix} \gamma_1^T \gamma_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \gamma_2^T \gamma_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_3^T \gamma_3 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \gamma_p^T \gamma_p \end{bmatrix} \quad \cdots (24)$$

$$[0198] \quad \Lambda^T \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1^T \lambda_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2^T \lambda_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3^T \lambda_3 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_Q^T \lambda_Q \end{bmatrix} \quad \cdots (25)$$

[0199] 式(24)的 γ_p ($p=1, \dots, P$) 是表示相对于从时刻(k+p)时的预测值的参照轨道的偏离的加权的 $I \times I$ 的对角矩阵, 式(25)的 λ_q ($q=1, \dots, Q$) 是表示相对于时刻(k+q-1)时的操作量变化的加权的 $J \times J$ 的对角矩阵。

[0200] 对于操作量(压力), 通常设有上下限值、每次的变化量的上下限, 或相邻的压力室之间的压力差的上限等制约条件。此时, 将式(13)的J的数值设成最小的操作量 ΔU_Q 可由最优化法的一种即二次规划法来求得。这样的话, 在各控制周期, 由于各压力室及周边部的压力的操作量同时被确定为最优值, 因此, 可期待实现更高精度的控制。

[0201] 另外, 在式(10)及以后的记载中, $y(k)$ 只要相对地表示膜厚的大小即可, 也可不一定是绝对值。例如, 可用研磨样品晶片时的至研磨结束为止的剩余时间来相对地表示膜厚。在这种情况下, 矩阵A和向量B被适当地无矛盾地变换。

[0202] 在以上说明的具体例子中, 可纠正与一个压力室(边缘室8)对应的区域(区域A8)内的研磨速率的不均衡并提高平坦度。即, 在用分为多个压力室的弹性膜而将半导体晶片W分为各区域地按压到研磨垫的情况下, 当在区域内, 残膜外形具有不可忽视的不均匀时, 则有时仅由来自该区域的压力室的压力不能消除这不均匀, 这种倾向在半导体晶片W的边缘区域中尤其明显。

[0203] 此时, 不仅控制各压力室的压力, 而且也通过控制挡护环压力等周边部的参数来控制该区域的残存外形, 但这种想法未考虑到研磨中的实时控制功能。与此相对, 在上述的实施方式中, 在实施实时控制的参数中, 加入了影响边缘区域的研磨速率和残膜外形的挡护环压力等的周边部的参数, 由此解决了对于边缘区域的外形控制的上述问题。这种实施方式的外形控制, 对于难以控制膜厚外形的边缘部尤其有效。如上所述, 采用本发明的实施方式的研磨装置, 可高精度地对作为研磨对象物的半导体晶片至其最外周部为止进行研磨。

[0204] 另外, 在上述的实施方式中, 为了将作为边缘区域的区域A8予以平坦化, 而控制边缘室8的压力 AP_8 , 并控制作为其周边部的处于外侧的挡护环3的挡护环压力RRP, 但是, 也

可进一步,或者也可取而代之,控制作为边缘室8的周边部的处于其内侧的外部室7的压力AP₇。

[0205] 另外,在上述实施方式中,对将边缘区域即区域A8予以平坦化的例子进行了说明,但在控制其他区域的膜厚外形时,也可与上述相同地适用本发明。例如,为了将外部室7予以平坦化,也可控制外部室7的压力AP₇,并控制作为其周边部的处于外侧的边缘室8的压力AP₈。

[0206] 另外,在上述实施方式中,为了将某个区域予以平坦化,而控制与该区域对应的压力室的压力,并控制处于其周边的压力室的压力,但是,也可进一步,或者也可取而代之,控制处于周边的其他部件的参数。成为控制对象的区域的周边部,例如也可通过调整弹性膜4整体的高度(膜片高度)而对弹性膜4的变形进行控制或对弹性膜4的变形所产生的半导体晶片基板W的被研磨面的压力进行控制的机构。

[0207] 另外,在上述的实施方式中,虽然用闭合回路控制装置502来算出各压力室的压力参数,但是,也可用研磨控制装置501来算出。在该情况,从残膜外形计算压力参数用的参数等,也可从闭合回路控制装置502交接到研磨控制装置501。

[0208] 另外,在上述的实施方式中,虽然将由弹性膜构成的压力室作为对半导体晶片的被研磨面的背面进行按压的按压部,但是,本发明的按压部不限于此,也可是对按压半导体晶片的背面的按压力进行控制的其它构造(例如弹簧)。

[0209] 产业上的实用性

[0210] 本发明具有可高精度地对研磨对象物进行研磨的效果,作为对半导体晶片等的研磨对象物进行研磨获得所需膜厚外形的研磨装置等是有用的。

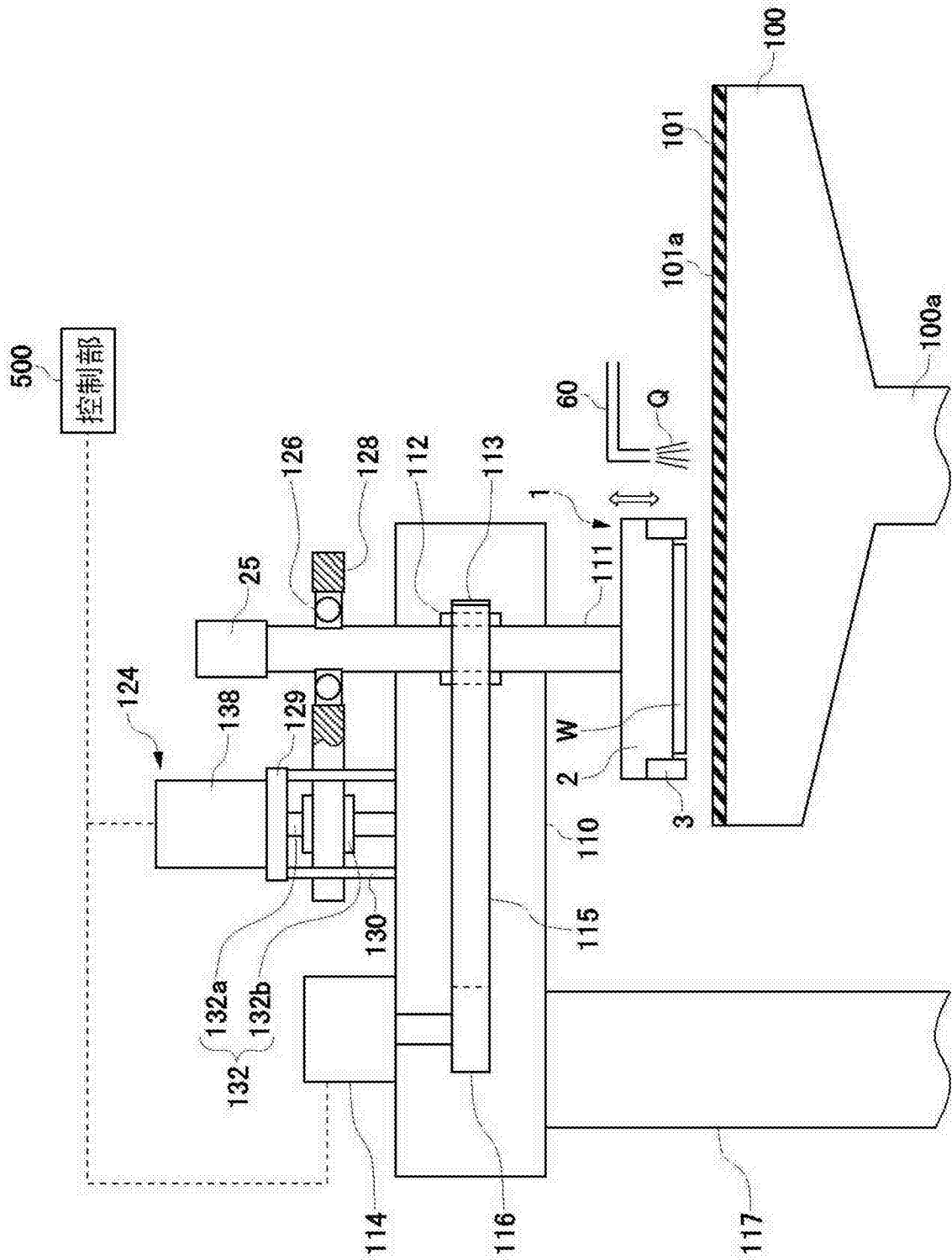


图1

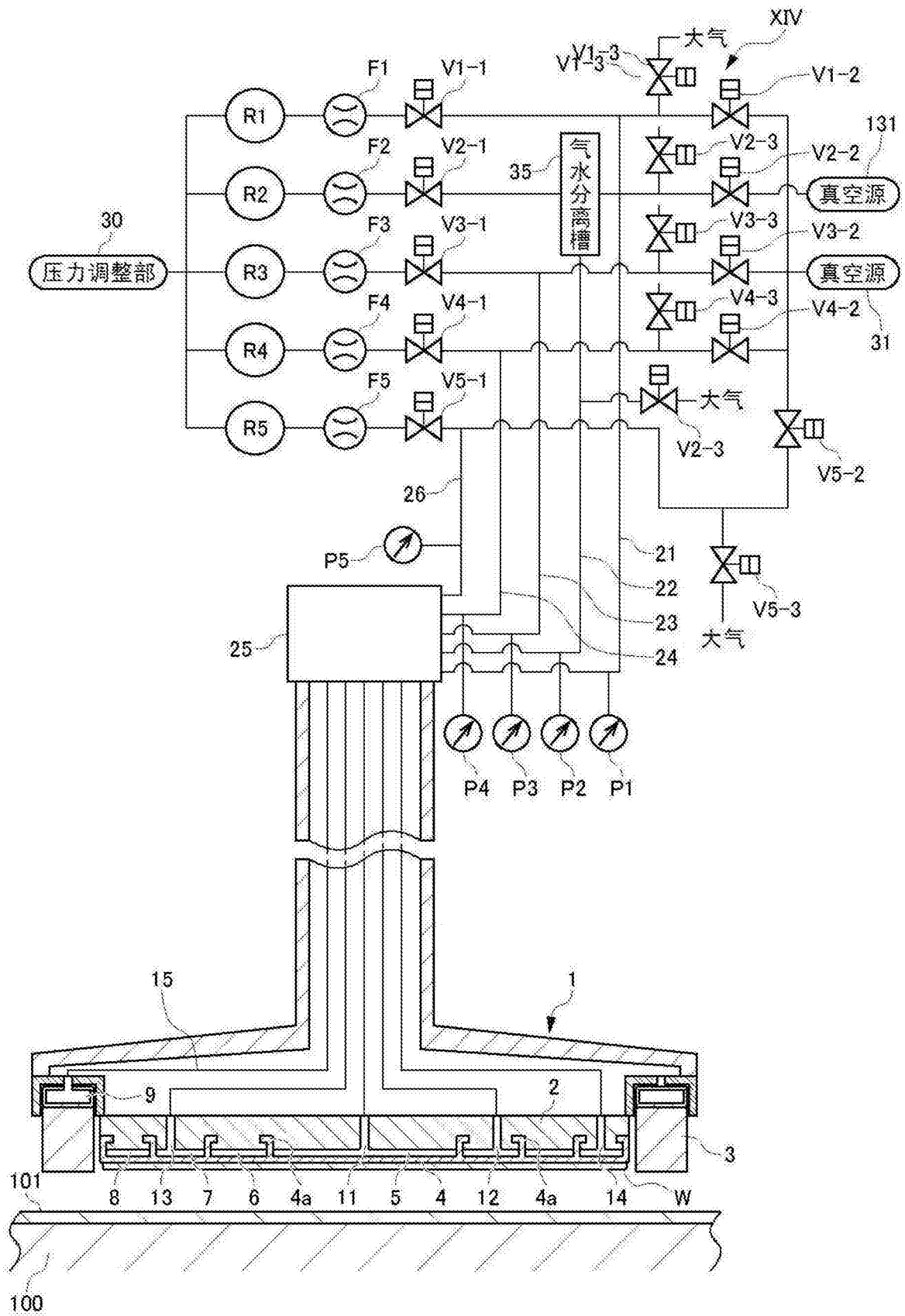


图2

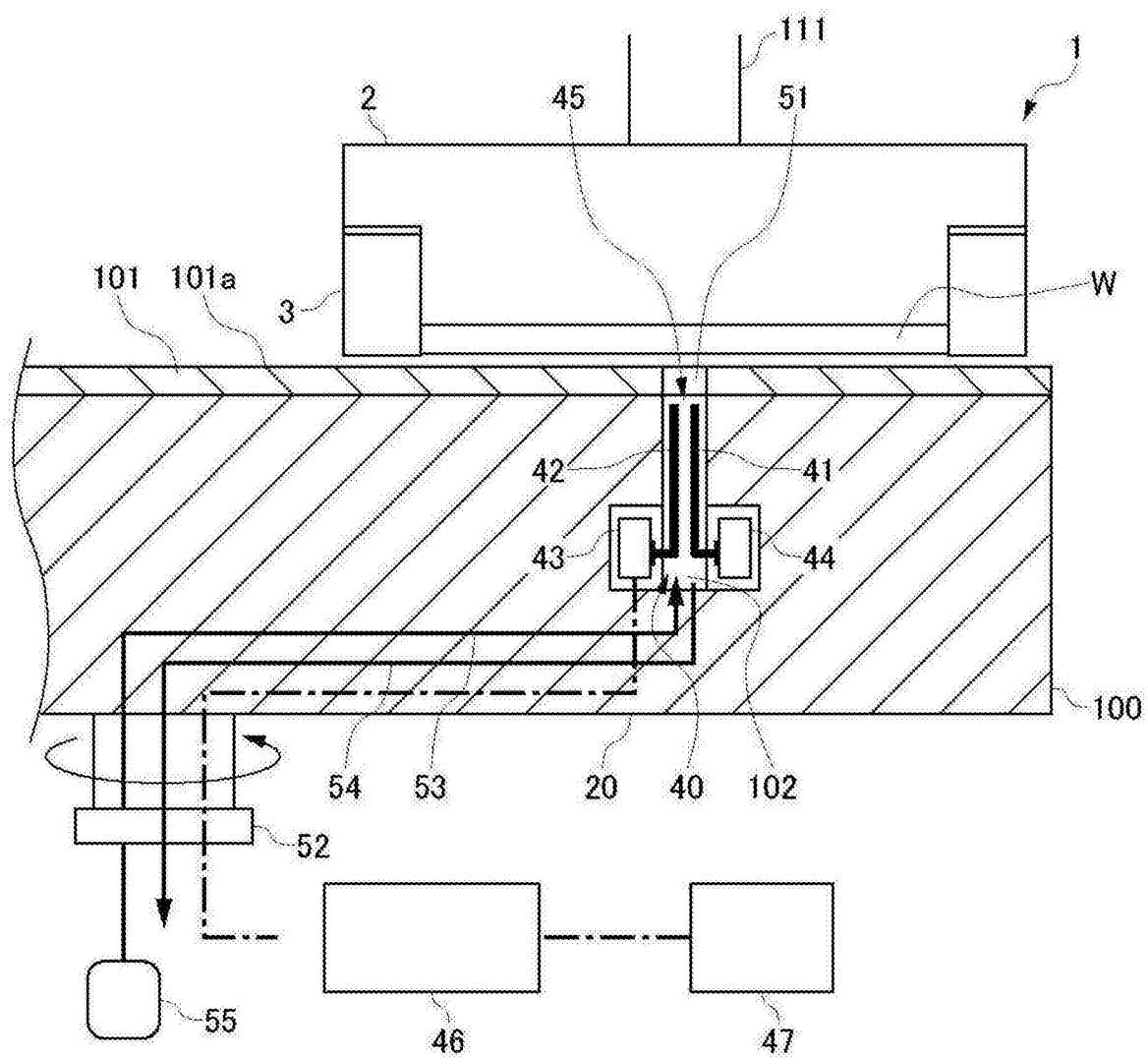


图3

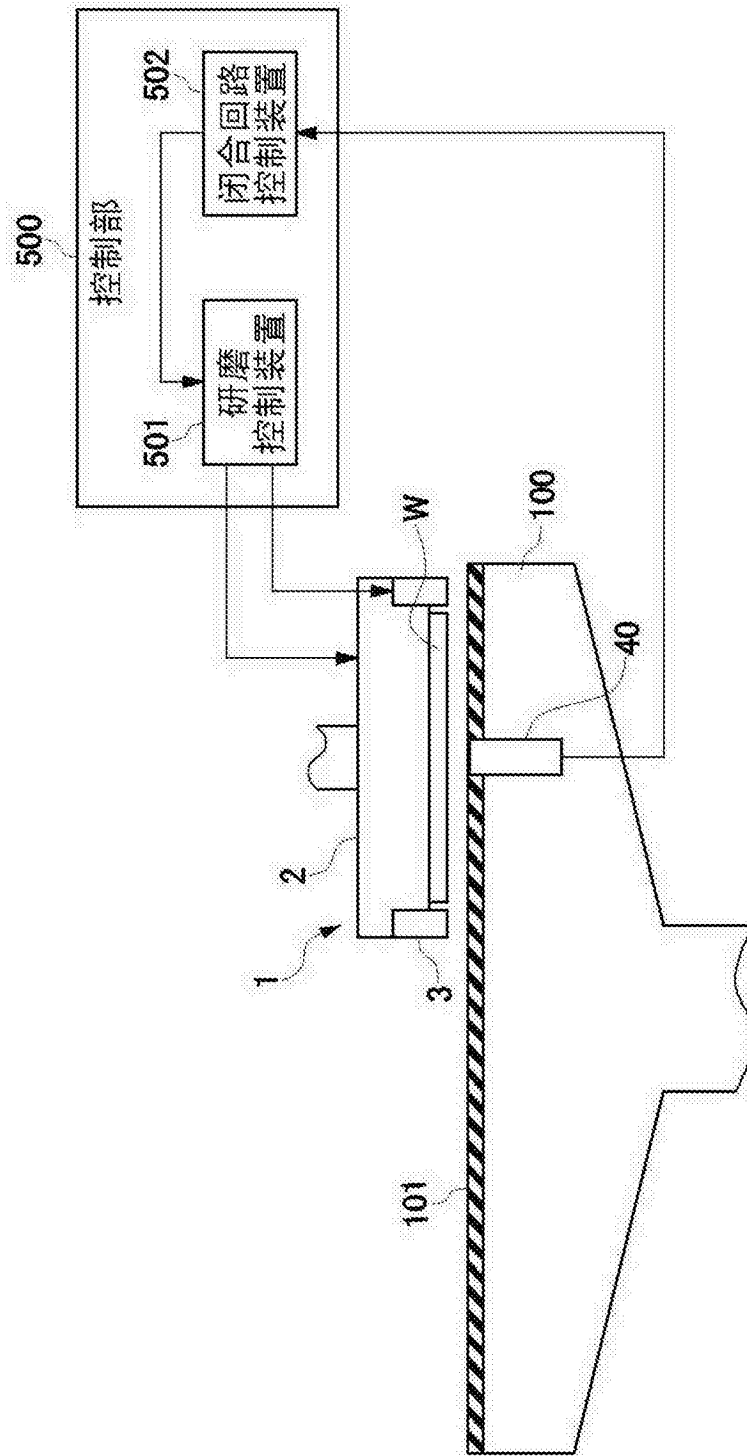


图4

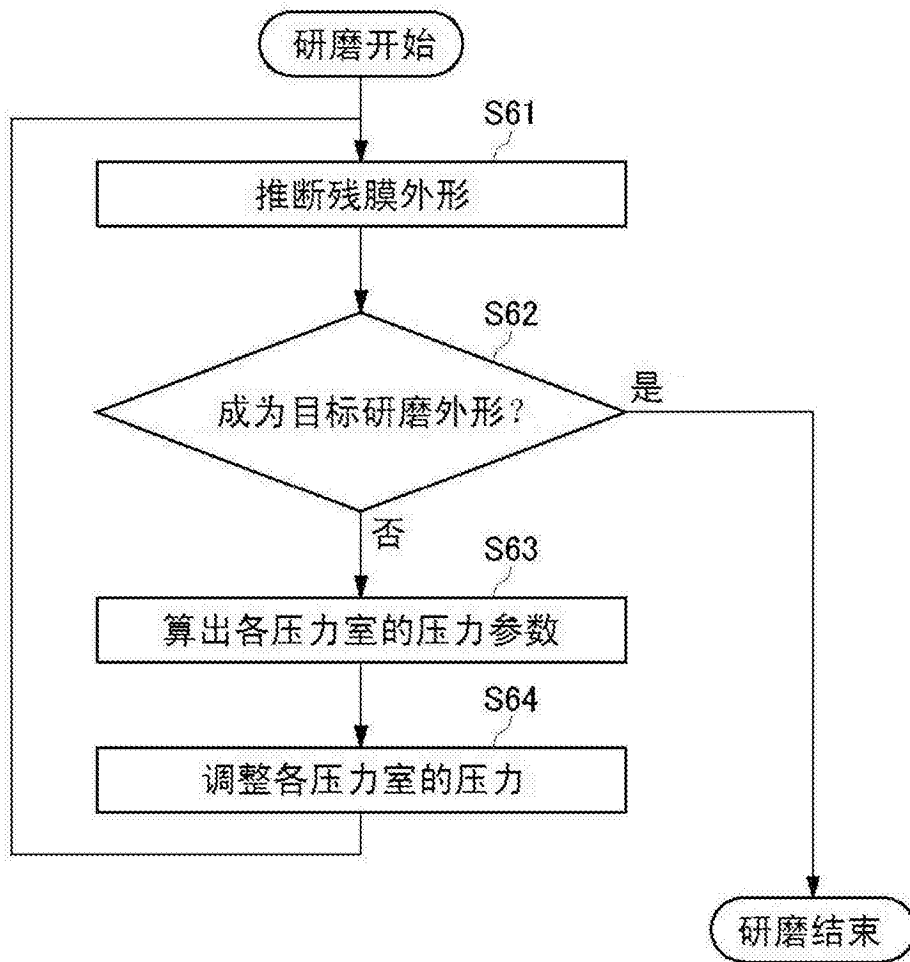


图5

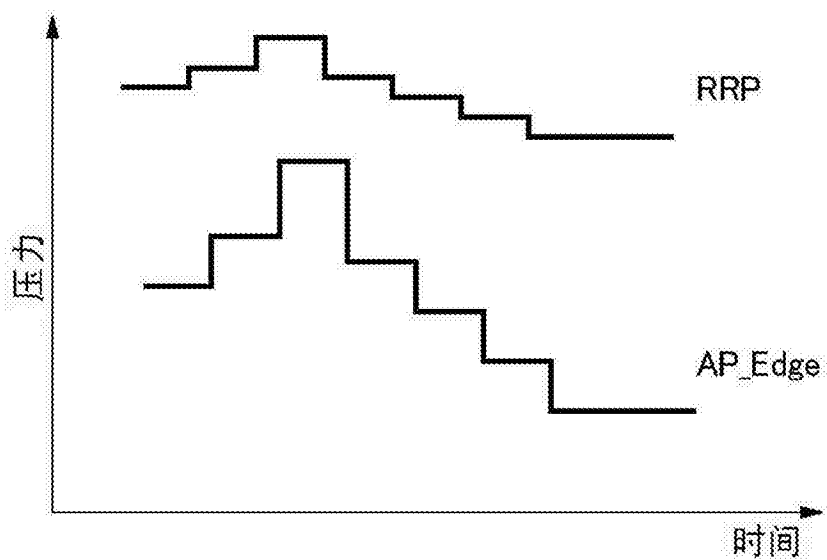


图6

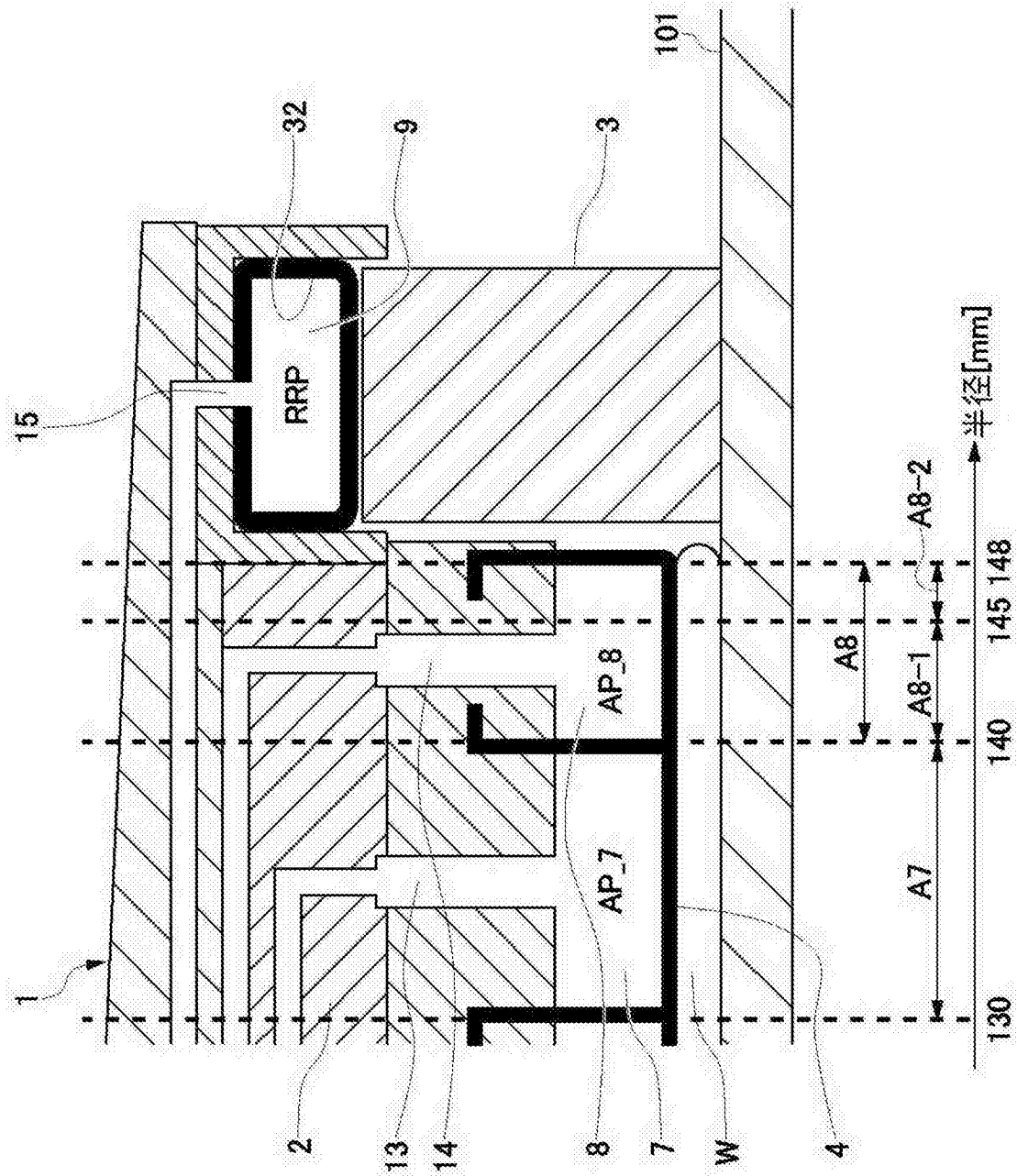


图7

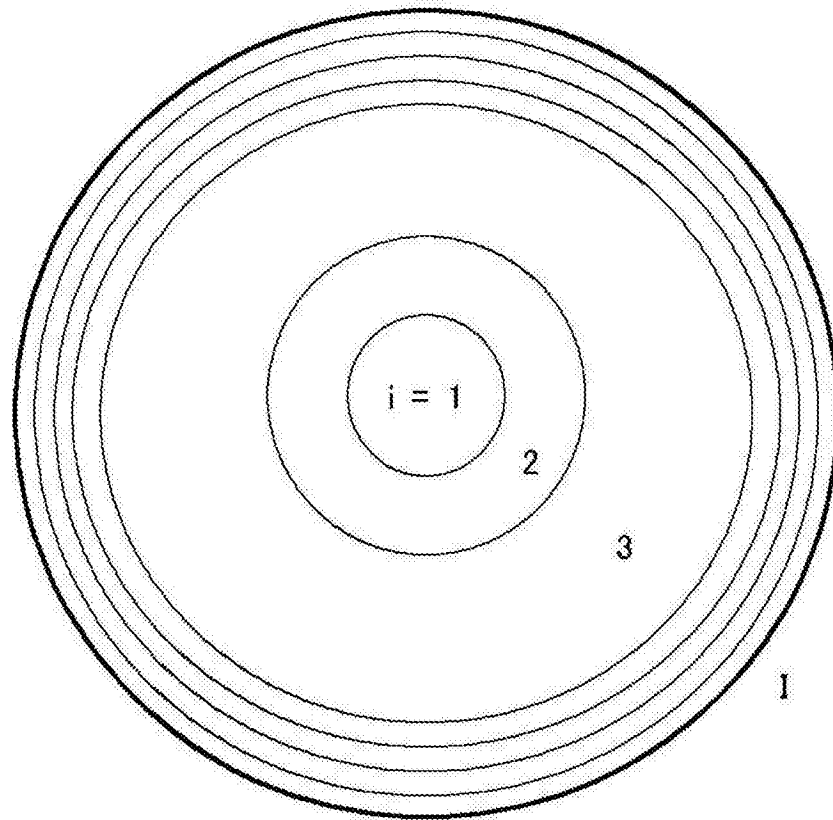


图8

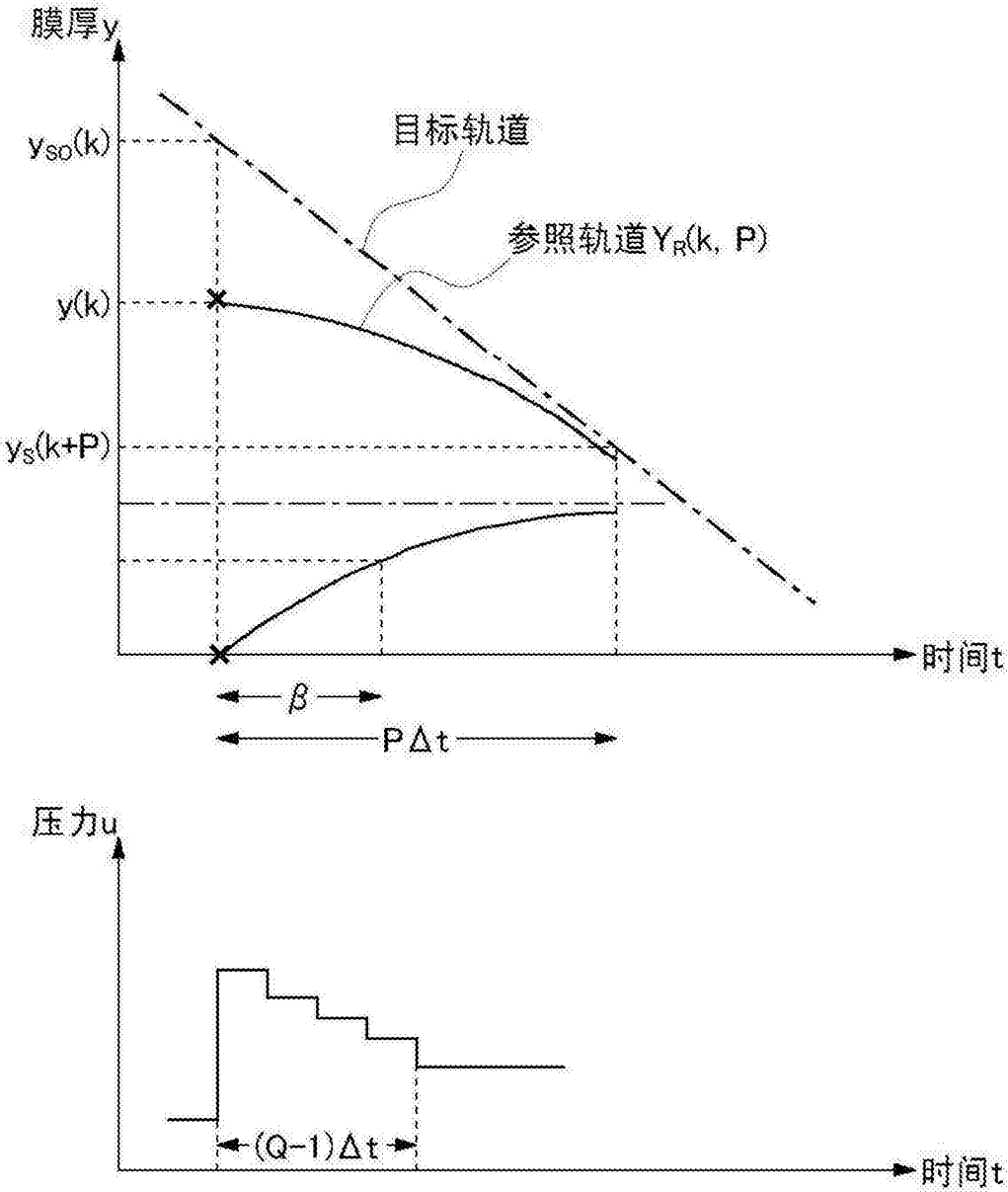


图9