



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106232867 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201580019801.5
 (22)申请日 2015.04.17
 (65)同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 106232867 A
 (43)申请公布日 2016.12.14
 (30)优先权数据
 2014-086033 2014.04.18 JP
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日
 2016.10.14
 (86)PCT国际申请的申请数据
 PCT/JP2015/061898 2015.04.17
 (87)PCT国际申请的公布数据
 W02015/159983 JA 2015.10.22
 (73)专利权人 株式会社 尼康
 地址 日本东京都
 (72)发明人 西康孝 中积诚
 (74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
 代理人 王小东

(51)Int.Cl.
G23C 16/455(2006.01)
B05D 1/02(2006.01)
B05D 3/06(2006.01)
B05D 7/24(2006.01)
G03F 7/20(2006.01)
H01L 21/027(2006.01)
H01L 21/31(2006.01)
H01L 21/316(2006.01)
H01L 51/50(2006.01)
H05B 33/02(2006.01)
H05B 33/10(2006.01)

(56)对比文件
 JP 特开2002-217530 A,2002.08.02,
 JP 特开2002-217530 A,2002.08.02,
 JP 特开2008-302298 A,2008.12.18,
 JP 特开2009-240994 A,2009.10.22,
 CN 101116176 A,2008.01.30,
 CN 1846876 A,2006.10.18,

审查员 魏岳山

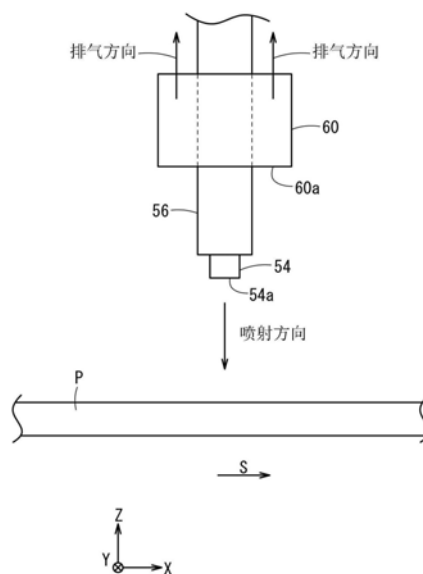
权利要求书1页 说明书14页 附图11页

(54)发明名称

膜形成设备、基板处理设备和装置制造方法

(57)摘要

提供了：一种膜形成设备，所述膜形成设备改善通过喷射薄膜形成材料而在基板上形成的薄膜的膜厚度的均匀性；基板处理设备；以及装置制造方法。在基板(P)上形成薄膜的该膜形成设备(20)设置有喷射薄膜形成材料的喷嘴(54)和排出气体的排气单元(60)。排气单元(60)的排气口(60a)相对于基板(P)设置在与重力作用的方向相反的一侧。该基板处理设备(12)使用该膜形成设备(20)对基板(P)执行特定处理。该装置制造方法使用该膜形成设备(20)来制造装置。



CN 106232867 B

1. 一种膜形成设备,该膜形成设备被构造为在基板上形成薄膜,该膜形成设备包括:
喷射单元,所述喷射单元被构造为喷射薄膜材料;以及
排气单元,所述排气单元被构造为排出气体;
其中,所述排气单元的排气口相对于所述基板设置在与重力作用的方向相反的一侧,
并且
其中,所述膜形成设备对相对于水平面在 15° 至 75° 的范围内倾斜的所述基板形成所述薄膜,所述水平面与重力作用的方向垂直;并且所述喷射单元喷射所述薄膜材料的喷射方向与所述排气单元排出所述气体的排气方向之间的角度差在 75° 以下。
2. 根据权利要求1所述的膜形成设备,其中,所述排气单元的所述排气口相对于所述喷射单元的喷射口设置在与重力作用的方向相反的一侧。
3. 根据权利要求1所述的膜形成设备,其中,所述膜形成设备被构造为在相对于所述水平面在 25° 至 60° 的范围内倾斜的所述基板上形成所述薄膜;并且
所述喷射单元和所述排气单元被设置为使得所述喷射方向与所述排气方向之间的角度差在 40° 至 60° 的范围内。
4. 根据权利要求1或2所述的膜形成设备,其中
所述喷射单元设置在供给管中,所述供给管被构造为供给所述薄膜材料;并且
所述排气单元的所述排气口设置在所述供给管上,位于从所述喷射单元的喷射口离开的位置处。
5. 根据权利要求1或2所述的膜形成设备,所述膜形成设备还包括膜形成室,所述膜形成室被构造为在所述基板上形成所述薄膜;
其中,所述喷射单元被插入到所述膜形成室中;并且
所述排气单元设置在所述膜形成室的外壁上,并且被构造为从所述膜形成室的内部排出气体。
6. 根据权利要求1或2所述的膜形成设备,其中,所述喷射单元包括至少沿着所述基板被传送的方向设置的多个喷射单元。
7. 一种基板处理设备,该基板处理设备包括:
根据权利要求1至6中任意一项所述的膜形成设备;以及
曝光装置,所述曝光装置被构造为通过利用光照射所述基板而使预定图案在所述基板上曝光,在所述基板上由所述膜形成设备形成有所述薄膜。
8. 根据权利要求7所述的基板处理设备,所述基板处理设备还包括基板传送装置,所述基板传送装置被构造为将所述基板以如下状态传送至所述膜形成设备:所述基板相对于与重力作用的方向垂直的水平面在 15° 至 75° 的范围内倾斜。
9. 一种用于制造装置的装置制造方法,该方法包括以下步骤:
膜形成步骤,在该膜形成步骤中,使用根据权利要求1至6中任意一项所述的膜形成设备在基板上形成薄膜;以及
曝光步骤,在该曝光步骤中,通过利用光照射所述基板而使预定图案在所述基板上曝光,在所述基板上由所述膜形成步骤形成有所述薄膜。

膜形成设备、基板处理设备和装置制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于通过喷射薄膜材料在基板上形成薄膜的膜形成设备以及基板处理设备和装置制造方法。

背景技术

[0002] 在日本特开专利第2002-075641号公报中,通过在基板上喷射薄雾形成薄膜来制造装置。

发明内容

[0003] 然而,在含有薄膜材料的液体被转化为薄雾并且涂布在基板上的情况下,由于积液局部地发生在基板的表面上的事实,对于以均匀的厚度在基板上形成薄膜是有问题的。

[0004] 根据本发明的第一方面,一种被构造为在基板上形成薄膜的膜形成设备包括:喷射单元,其被构造为喷射薄膜材料;和排气单元,其被构造为排出气体,其中,所述排气单元的排气口相对于所述基板设置在与重力作用的方向相反的一侧。

[0005] 根据本发明的第二方面,一种基板处理设备包括:根据第一方面的膜形成设备;和曝光装置,其被构造为通过利用光照射上面由所述膜形成设备形成有所述薄膜的所述基板,使预定图案在所述基板上曝光。

[0006] 根据本发明的第三方面,一种用于制造装置的装置制造方法,该方法包括以下步骤:膜形成步骤,该步骤使用根据第一方面的膜形成设备在基板上形成薄膜;和曝光步骤,该步骤通过利用光照射上面由所述膜形成步骤形成有所述薄膜的所述基板,使预定图案在所述基板上曝光。

附图说明

[0007] 图1是示出了用于通过相对于根据第一实施方式的基板实施预定处理来制造装置的基板处理设备的概略构造的图;

[0008] 图2是示出了根据示例1的喷嘴和排气单元与基板之间的位置关系的图;

[0009] 图3是示出了根据比较例1的喷嘴和排气单元与基板之间的位置关系的图;

[0010] 图4是喷嘴相对于水平面的喷射方向的喷射角度、基板相对于水平面的倾斜角度以及排气单元的排气方向相对于水平面的排气角度的说明图;

[0011] 图5是示出了示例2的实验结果的曲线图;

[0012] 图6是示出了示例3的实验结果的曲线图;

[0013] 图7是示出了示例4的实验结果的曲线图;

[0014] 图8是示出了示例5的实验结果的曲线图;

[0015] 图9是示出了示例6的实验结果的曲线图;

[0016] 图10是示出了根据第三实施方式和示例7的喷嘴、供给管、排气单元和基板的布置的构造的图;

[0017] 图11是示出了根据比较例2的喷嘴、供给管、排气单元与基板之间的位置关系的图；

[0018] 图12是示出了根据比较例3的喷嘴、供给管与基板之间的位置关系的图；

[0019] 图13是示出了根据比较例3的膜厚度均匀性的评估结果的表；以及

[0020] 图14是根据修改例1的通过在基板上所形成的ZnO:Al膜上形成SiO₂薄膜而获得的装置的结构图。

具体实施方式

[0021] 下面将参照附图详细呈现和描述根据本发明的方面的膜形成设备、装配有膜形成设备的基板处理设备以及用于使用膜形成设备来制造装置的装置制造方法的优选实施方式。本发明的方面不限于这些实施方式，并且可以还包括各种修改例或改进。

[0022] 【第一实施方式】

[0023] 图1是示出了用于通过相对于基板P实施预定处理来制造装置的基板处理设备12的概略构造的图。在以下描述中，设置XYZ正交坐标系，其中，根据附图中所示的箭头来描述X方向、Y方向和Z方向。

[0024] 基板处理设备12例如是用于制造作为装置的挠性显示器的系统。作为挠性显示器的示例，可以提供例如有机EL显示器等。基板处理设备12包括所谓的卷对卷式结构，其中，基板P从供给辊14（挠性基板（片材基板）P以卷状形状卷绕在供给辊14上）输送，并且在基板处理设备12已经相对于所输送的基板P实施了各种处理之后，上面已经实施了各种处理之后的基板P被卷起到卷取辊16上。基板P具有带状形，其中，基板P的移动方向由纵向（长形维度）限定，并且其宽度方向由横向（较短维度）限定。在已经实施了各种处理之后，基板P获取其上连续布置多个装置的状态，并且变为用作多图案基板的基板。关于从供给辊14输送的基板P，各种处理由基板处理设备12的清洁设备18、膜形成设备20和曝光设备22等在上面顺序地实施，然后基板P被卷起到卷取辊16上。

[0025] X方向是在水平面中传送基板P所沿的方向，并且Y方向是基板P的宽度方向，该方向是与水平面中的X方向垂直的方向。Z方向是垂直于X方向和Y方向的方向（向上方向）。-Z方向是重力方向（重力作用所沿的方向，或换句话说，施加重力所沿的方向）。水平面是垂直于重力的方向的平面。

[0026] 作为用于基板P的材料，可以使用例如树脂膜、或由不锈钢等的金属或金属合金制成的箔。作为树脂膜的材料，可以使用例如含有以下中的至少一种或更多种的材料：聚乙烯树脂、聚醚树脂、聚丙烯树脂、聚酯树脂、乙烯基共聚物树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯硫醚树脂、聚芳酯树脂、纤维素树脂、聚酰胺树脂、聚酰亚胺树脂、聚碳酸酯树脂、聚苯乙烯树脂和醋酸乙烯酯树脂。进一步地，基板P的厚度和刚性（杨氏模量）可以落在一定范围内，以便不会造成因基板P的扭曲而导致的折痕或不可逆皱纹。作为基板P的基材，厚度为25μm至200μm的PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）、PEN（聚萘二甲酸乙二醇酯）或PES（聚醚砜）等的膜可以作为典型示例来陈述。

[0027] 因为出现基板P在由基板处理设备12实施的各种处理期间接收热的情况，所以优选地，选择热膨胀系数不是非常大的材料的基板。热膨胀系数可以例如通过在树脂膜中混合无机填充剂来抑制。例如，诸如氧化钛、氧化锌、氧化铝或氧化硅等材料可以用于无机填

充剂。而且,基板P可以是由浮选法等制造的、厚度为大约100 μm 的超薄玻璃的单层体,或者是其中树脂膜或箔等结合到超薄玻璃的层压体。

[0028] 清洁设备18用于随着基板P被连续地传送而清洁基板P。清洁设备18装配有:超声清洁装置30,用于利用酒精清洗溶液超声地清洁基板P;鼓风机32,用于去除残留在已经执行了超声清洁的基板P(基板P的表面)上的酒精清洗溶液;以及UV照射装置34,用于利用紫外(UV)线照射基板P的表面(酒精清洗溶液已经被鼓风机32从基板P的表面去除)。

[0029] 超声清洁装置30包括:清洁槽36,其中存储酒精清洗溶液;和循环系统38,其具有用于使清洁槽36中存储的酒精清洗溶液循环的未例示的泵。产生超声振动的超声振动器40设置在清洁槽36的底部上。超声振动器40被机械地振动,借此超声波被输出到清洁槽36的内部中。因此,被传送到清洁槽36的基板P被酒精清洗溶液超声地清洁。作为酒精清洗溶液,可以使用甲醇、乙醇、异丙醇(IPA)等中的任意。而且,不必设置循环系统38。

[0030] 通过向基板P输送空气,鼓风机32去除残留在基板P上的任何酒精清洗溶液。UV照射装置34包括低压水银灯34a,其产生紫外线,并且利用紫外线照射被连续传送的基板P的表面。通过利用紫外线照射基板P,可以执行UV臭氧清洁,用于去除有机污染物并对基板P的表面实施表面改性。经由紫外线照射,基板P的表面被改性为亲水表面。紫外线照射优选地具有200nm或更小的波长。为了以良好效率在基板P上照射臭氧,优选地,UV照射装置34在某种程度上地封闭或密封的空间内部中用紫外线辐射来照射基板P。

[0031] 进一步地,排放流道DR1设置在面向鼓风机32的位置处,并且残留在基板P上的酒精清洗溶液从排放流道DR1朝向未例示的废水处理设备排出。

[0032] 膜形成设备20在被清洁设备18连续地清洁和连续传送的基板P的表面上形成薄膜。膜形成设备20包括膜形成室50,并且在被传送到膜形成室50内部中的基板P上形成薄膜。膜形成设备20通过喷射包括薄膜材料的薄雾,在大气压下在基板P上形成薄膜。薄膜的形成可以在预定压力下实施,而不必是大气压。

[0033] 更具体地,膜形成设备20包括膜形成室50、薄雾供给装置52、喷嘴(喷射单元)54、供给管56、过滤器58、排气单元60和抽吸装置62。薄雾供给装置52使包括用于形成薄膜的膜形成材料的液体雾化,并且以预定流量向喷嘴54供给雾化后的液体(即,薄雾)。薄雾供给装置52经由供给管56连接到喷嘴54,借此薄雾通过供给管56供给到喷嘴54。

[0034] 关于用于生成薄雾的方法,虽然已知各种方法,但可以使用例如通过将超声振动从超声振动器施加到液体来释放液体本身的结合来雾化液体的方法,或用于通过向用于喷射薄雾的窄管直接施加电压来使液体雾化的静电方法。进一步地,其他方法是可以的,诸如用于通过使气体(气体被施加压力以增大其流量)和液体碰撞来分散并雾化液体的加压方法,和液滴滴落到高速旋转的盘上并且液滴由于离心力而分散并雾化的旋转盘方法。而且,也可以使用孔振动方法,其中,当液滴穿过内部具有微小尺寸的孔的孔板时,振动由压电元件来施加,借此液滴被分离并被雾化。可以根据诸如成本和性能等的因素从这些方法中随意适当选择一种方法。薄雾还可以通过组合多个这种方法来生成。

[0035] 作为用于向喷嘴54供给包括膜形成材料的薄雾的具体方法,使用载气,该载气是被压缩气体。更具体地,载气被供给到薄雾供给装置52,并且通过薄雾供给装置52允许所供给的载气流到供给管56,雾化后的薄雾与载气一起供给到喷嘴54。通过改变载气在供给管56中流动的流量(NL/min),可以改变供给到喷嘴54的薄雾的流速。

[0036] 作为用于形成膜的液体(膜形成液体),可以使用例如膜形成材料被溶解到溶剂中的溶液,或薄膜材料的细颗粒分散在分散介质中的分散液。作为膜形成材料,可以使用金属氧化物细颗粒,包括导电细金属颗粒(导电细金属颗粒包括铟、锌、锡、硅和钛等)中的至少一种。进一步地,作为溶剂或分散介质,可以使用可以被独立雾化的材料,诸如水性溶剂、或乙醇、异丙醇(IPA)等。更具体地,作为液体的示例,可以举例作为薄膜材料的、含有ITO(氧化铟锡)的细颗粒的水性分散液,或通过IPA分散介质中分散作为薄膜材料的SiO₂(二氧化硅)的细颗粒而制备的分散液。进一步地,作为载气,可以使用氮或惰性气体(诸如稀有气体等)。

[0037] 过滤器58设置在供给管56中。过滤器58用于允许从薄雾供给装置52供给到喷嘴54的薄雾内含有的薄膜材料(细颗粒)中的、小于预定粒径的薄膜材料(细颗粒)穿过。由于这一点,大于或等于预定粒径的薄膜材料(即,细颗粒)不供给到喷嘴54,并且可以提高形成膜的精度。进一步地,通过设置过滤器58,即使在诸如废料等的杂质被包含在液体中的情况下,也可以阻止这种杂质供给到喷嘴54。

[0038] 设置在供给管56的下游侧的远端上的喷嘴54被插入到膜形成室50的内部中。供给管56的下游侧指的是从供给薄雾所沿的方向看时的下游侧。供给到喷嘴54的薄雾与载气一起从喷嘴54的喷射口54a喷射。因此,在膜形成室50的内部,可以在连续地输送的基板P的表面上实施膜形成。经由这种膜形成,功能材料层形成在基板P的表面上。而且,喷嘴54可以包括未例示的可移构件,其能够改变喷射薄膜材料所沿的喷射方向。由于该特征,可以根据诸如膜形成材料、膜形成条件、膜形成时间和膜形成情况等特性来调节喷射膜形成材料所沿的方向。

[0039] 在膜形成期间,优选地,喷射到基板P上的薄雾具有的温度低于基板P的软化点。软化点指的是在基板P经受热的情况下由于基板P的软化开始发生变形的温度。软化点可以由如JIS K7207限定的实验方法(方法A)来确定。根据第一实施方式,供给管56设置在膜形成室50中,使得其轴心垂直于水平面。

[0040] 当形成膜时,通过使用诸如氦等的气体施加高频电压,还可以由大气压等离子体实施辅助膜形成步骤。作为在这种情况下所使用的气体,虽然氦是优选的,但也可以采用氮、氩或空气。例如,高频电压的施加相对于设置在喷嘴54与基板P之间的一对电极(未示出)实施。

[0041] 排气单元60设置在膜形成室50中,用于排出膜形成室50中的气体。更具体地,排气单元60设置在膜形成室50的外壁50a上,并且排气单元60的排气口60a设置在膜形成室50的内部中(包括膜形成室50的外壁50a)。膜形成室50内部中的气体从排气口60a被引入到排气单元60中。吸入气体的抽吸装置62设置在排气单元60中。据此,膜形成室50内部中的气体从排气口60a被吸到排气单元60中,并且排出到外部(膜形成室50的外部)。排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a设置在与重力方向相反的一侧(沿+Z方向的一侧)上,并且排气口60a和喷射口54a在分开给定距离的同时设置。排气单元60可以还排出包括薄雾的气体,或内部包括载气的气体等。例如,抽吸装置62用抽吸力吸入气体等,抽吸力的程度是使得被喷嘴54喷射的至少90%或更多的薄雾不被排气单元60排出。

[0042] 根据第一实施方式,排气单元60包括具有筒形的排气管,并且排气管的轴心相对于水平面垂直地设置。进一步地,供给管56被设置为穿过排气单元60的中心,并且喷嘴54设

置在排气单元60的下方、供给管56的远端上。换句话说,排气单元60设置在供给管56周围。因此,排气口60a可以设置在供给管56上、位于从喷嘴54的喷射口54a离开的位置处。由于这一点,从喷射口54a喷射出的薄雾更难以从排气口60a排出。供给管56和排气单元60还可以以一体方式设置在一起。

[0043] 而且,限定基板P的膜形成表面附近的膜形成空间的罩构件可以设置在供给管56上。这种罩构件可以包括各种形状中的任意形状,诸如例如,圆锥形、矩形或筒形等,并且通过改变罩构件的形状,可以调节基板P的膜形成表面附近的膜形成环境。进一步地,罩构件不限于被设置在供给管56上,而还可以设置在排气单元60上。通过在排气单元60上设置罩构件,薄雾能够从喷嘴54的喷射口54a喷射到被罩构件覆盖的膜形成空间中,借此可以提高基板P上所形成的薄膜的膜厚度均匀性。因此,可以高精度地执行基板P上的膜形成。膜形成室50可以包括各种形状中的任意形状的空间限定构件,诸如矩形、圆筒形、半圆筒形、多边形等。通过采用相应的形状,在膜形成室50中,可以调节实施膜形成的空间的膜形成环境。膜形成环境的调节指的是诸如例如调节环境中的薄雾或载气的气流(流)、湿度、温度、气体分压等。

[0044] 排放流道DR2设置在膜形成室50中。未固定到基板P上的薄膜材料、溶剂或分散介质中的任意者从排放流道DR2朝向未例示的废水处理设备排出。进一步地,膜形成设备20可以实施膜烧结处理,或用于相对于上面已经形成有膜的基板P照射微波或紫外线的照射处理。

[0045] 曝光设备22相对于经过膜形成并且由膜形成设备20连续传送的基板P的表面执行曝光。曝光设备22通过相对于上面已经形成有膜的基板P照射光(例如,激光),使预定图案在基板P上曝光。曝光设备22可以是不使用掩膜的直接渲染型曝光设备、所谓的光栅扫描型曝光设备、或使用掩膜的曝光设备。进一步地,曝光设备22可以是使用数字微镜装置(DMD)使预定图案曝光的曝光设备。曝光设备22相对于基板P使制造诸如挠性显示器等的装置所需的布线或电路的预定图案曝光。

[0046] 基板处理设备12还装配有基板传送装置70。基板传送装置70以预定速度传送从供给卷14向卷取卷16传送的基板P。基板传送装置70包括驱动辊R1至R6以及张紧辊RT1、RT2。驱动辊R1至R6沿着基板P的传送方向S以其间具有间隔的方式布置。驱动辊R1至R6在保持于基板P的正面和背面上的同时旋转,并且以预定速度朝向卷取辊16传送基板P。驱动辊R1至R6以该顺序从基板P的传送方向S的上游侧到下游侧设置。而且,驱动辊R1至R6由未例示的马达等旋转。

[0047] 驱动辊R1、R2设置在清洁槽36的+Z方向侧上,并且驱动辊R1相对于驱动辊R2设置在沿传送方向S的上游侧上。驱动辊R3设置在鼓风机32与UV照射装置34之间,并且驱动辊R4设置在UV照射装置34与膜形成室50之间。驱动辊R5设置在膜形成室50与曝光设备22之间,并且驱动辊R6设置在曝光设备22与卷取卷16之间。张紧辊RT1、RT2相对于在驱动辊R1与驱动辊R2之间被传送的基板P施加预定张力,连同使卷转动以将基板P浸入清洁槽36内部中的酒精清洗溶液中。更具体地,与驱动辊R1相比,张紧辊RT1更加沿-Z方向设置在清洁槽36的内部中,并且与驱动辊R2相比,张紧辊RT2更加沿-Z方向设置在清洁槽36的内部中。张紧辊RT1、RT2沿Z方向的位置互相相同。

[0048] 通过改变驱动辊R4和驱动辊R5沿Z方向的位置,基板传送装置70能够在相对于水

平面任意倾斜的状态下向膜形成设备20(膜形成室50的内部)传送基板P。换句话说,传送到膜形成设备20(膜形成室50的内部)的基板P可以相对于水平面以任意角度倾斜。进一步地,通过将驱动辊R4和驱动辊R5的位置沿Z方向放置在相同位置处,基板传送装置70能够与水平面平行地向膜形成设备20(膜形成室50的内部)传送基板P。因此,膜形成设备20能够在相对于水平面倾斜的同时被传送的基板P上形成薄膜,或在与水平面平行地被传送的基板P上形成薄膜。

[0049] 【示例】

[0050] (示例1)

[0051] 图2是示出了根据示例1的喷嘴54和排气单元60与基板P之间的位置关系的图。根据示例1,基板P在膜形成室50的内部中沿传送方向S的倾斜的角度是 0° ,或换言之,基板P与水平面平行地被传送。进一步地,从喷嘴54的喷射口54a朝向基板P喷射的薄雾的喷射方向相对于基板P(水平面)垂直,并且气体等从排气单元60的排气口60a排出(抽出)所沿的排气方向也相对于基板P(水平面)垂直。更具体地,根据本示例1,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图2中的喷射方向。进一步地,气体沿箭头的方向排出,箭头的方向指示图2中的排气方向。在图2中,省略了膜形成室50的例示。

[0052] 进一步地,根据示例1,水性分散液(由C.I.Kasei有限公司制造的NanoTek(注册商标)浆体),包括ITO的细颗粒)用作液体。这种ITO细颗粒的粒径在10nm至50nm的范围内,平均粒径是30nm,并且金属氧化物细颗粒在水分散液中的浓度是15wt%。进一步地,利用薄雾供给装置52,通过向超声振动器施加电压并且以2.4MHz振动超声振动器,使液体雾化。另外,使用氮作为载气,通过使载气以4NL/min流到供给管56中,雾化后的薄雾被运载到喷嘴54。PET用作基板P的材料。而且,在膜形成期间,不施加加热。在这些条件下,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。

[0053] 相对于所形成面积为2cm(沿基板P的宽度方向) \times 10cm(沿基板P的传送方向S)的薄膜,其阻力使用两端子方法来测量,借此评估膜厚度均匀性。关于阻力值的测量,沿着基板P的宽度方向和传送方向S以每2cm的间隔执行这种测量。膜厚度均匀性的评估值是52%。膜厚度均匀性的评估值指示如下事实:这种值越小,膜厚度越均匀。进一步地,形成膜的速率是60nm/min。

[0054] 膜厚度均匀性的评估值使用以下公式来计算:

[0055] 膜厚度均匀性的评估值 = $(R_{S_{\max}} - R_{S_{\min}}) / R_{S_{\min}} \times 100 \dots (1)$

[0056] 其中, $R_{S_{\max}}$ 指示阻力值的最大值,并且 $R_{S_{\min}}$ 指示阻力值的最小值。换句话说,根据相对于2cm \times 10cm的薄膜测得的多个阻力值中的最高阻力值 $R_{S_{\max}}$ 和最低阻力值 $R_{S_{\min}}$ 来实施计算。

[0057] (比较例1)

[0058] 图3是示出了根据比较例1的喷嘴54和排气单元60与基板P之间的位置关系的图。在比较例1中,以与示例1不同的方式,与基板P相比,排气单元60更加设置在-Z方向侧上,并且分别布置在沿基板P的传送方向S的上游侧和下游侧上。其其他各种条件(例如,诸如基板P的材料和倾斜角度、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、和喷嘴54的喷射方向等的条件)与示例1中相同。在这些条件下,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。在图3中,也省略了膜形成室50的例示。进一步地,根据本

比较例1,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图3中的喷射方向。进一步地,气体沿箭头的方向排出,箭头的方向指示图3中的排气方向。

[0059] 相对于所形成面积为2cm(沿基板P的宽度方向)×10cm(沿基板P的传送方向S)的薄膜,其阻力使用两端子方法来测量,借此评估膜厚度均匀性。膜厚度均匀性的评估值是120%,结果是均匀性比示例1的均匀性低。进一步地,形成膜的速率是20nm/min,结果是膜形成速率比示例1的膜形成速率慢。而且,比较例1中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0060] 作为示例1的膜厚度均匀性比比较例1的膜厚度均匀性提高的原因,是由于排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a设置在与重力方向相反的一侧上。为了更详细地进行说明,从喷嘴54的喷射口54a喷射的薄雾由于重力而向下移动(沿-Z方向)。然而,膜形成室50内部中的气体等被排气单元60的排气口60a向上(沿+Z方向)排出(抽出),排气口60a从喷嘴54的喷射口54a向上(沿+Z方向)定位。由于这一点,薄雾变得更可能留在基板P的上侧上(在膜形成面的表面侧上或附近),并且提高了膜厚度均匀性。进一步地,因为排气单元60的排气口60a设置在从喷嘴54的喷射口54a离开的位置处,所以从喷射口54a喷射的薄雾不可能从排气口60a排出。因此,薄雾容易留在基板P的膜形成面的表面侧上或附近,并且可以进一步提高要形成的薄膜的膜厚度均匀性。

[0061] 与此相反,当排气单元60的排气口60a从喷嘴54的喷射口54a向下(沿-Z方向)设置时,与比较例1相同,由于重力而向下移动的薄雾由于被排气单元60的排气口60a排出(抽出)而进一步向下移动。因此,薄雾难以留在基板P的上侧上,并且劣化了膜厚度的均匀性。

[0062] 进一步地,即使排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a不布置在与重力作用的方向相反的一侧上,只要排气单元60的排气口60a相对于基板P布置在与重力作用的方向相反的一侧上,因为薄雾更容易留在基板P的上侧上,所以与比较例1相比提高了膜厚度均匀性。

[0063] 【第二实施方式】

[0064] 如上所述,根据第一实施方式,通过将排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a布置在与重力的方向相反的一侧上,提高了膜厚度均匀性。在第二实施方式中,凭借排气口60a相对于喷射口54a布置在与重力的方向相反的一侧上的状况,而且如图4所示,将描述任意改变喷嘴54的喷射方向相对于水平面的喷射角 α 、基板P相对于水平面的倾斜角 β 、以及排气单元60的排气方向相对于水平面的排气角 γ 时的膜厚度的均匀性。

[0065] 在图4中,喷射角 α 指示被喷嘴54喷射的薄雾的喷射方向相对于水平面的角度(如通过基板P的传送方向S确定的)。进一步地,倾斜角 β 指示基板P相对于水平面的倾斜角(如通过基板P的传送方向S确定的),并且排气角 γ 指示由排气单元60排出的气体等的排气方向相对于水平面的角度(如通过基板P的传送方向S确定的)。因此,喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差由 $|\alpha - \gamma|$ 表示。进一步地,喷嘴54的喷射方向相对于基板P的角度由 $|\alpha - \beta|$ 表示,而排气单元60的排气方向相对于基板P的角度由 $|\gamma - \beta|$ 表示。根据本实施方式,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图4中的喷射方向。进一步地,气体沿箭头的方向排出,箭头的方向指示图4中的排气方向。在第二实施方式中,除非以其他方式描述,包括膜形成设备20的基板处理设备12的构造与上述第一实施方式的相同。

[0066] 关于基板P的倾斜角 β ,如上面讨论的,通过改变基板传送装置70的驱动辊R4和驱

动辊R5沿Z方向的位置,被传送到膜形成室50中的基板P可以相对于水平面任意倾斜。进一步地,通过改变设置在供给管56上的喷嘴54的布置角度,可以任意改变喷嘴54的喷射角 α ,并且通过喷嘴54的可动构件,也可以改变喷射角 α 。进一步地,通过改变设置在膜形成室50中的排气单元60的布置角度,可以任意改变排气角 γ 。

[0067] 【示例】

[0068] (示例2)

[0069] 根据示例2,在喷嘴54的喷射方向相对于基板P垂直($\alpha-\beta=90^\circ$)并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直($\gamma=90^\circ$)的状态下,当基板P的倾斜角 β 从 0° 改变为 105° 时,评估膜厚度均匀性。图5中示出了其实验结果。根据示例2,虽然钠钙玻璃用作基板P的材料,但其除了喷嘴54的喷射角 α 和基板P的倾斜角 β 之外的其他各种条件(例如,诸如液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、和排气单元60的排气方向 γ 等的条件)与示例1中的相同。进一步地,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。

[0070] 根据示例2,因为喷嘴54的喷射方向相对于基板P垂直,并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直,所以基板P的倾斜角 β 等同于喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差($\alpha-\gamma$)。换言之, $\beta=\alpha-\gamma$ 。在图5中的线100中,指示基准值。基准值是膜厚度均匀性的平均值(51.3%),其在基板P未倾斜(基板P的倾斜角 β 是 0°)时评估,其中,膜形成设备20的喷嘴54和排气单元60处于基准姿势(喷嘴54的喷射角 α 是 90° ,并且排气单元60的排气角 γ 是 90°)。换句话说,基准值是膜厚度均匀性的评估值,其在喷嘴54和排气单元60与基板P之间的位置关系如图2所示时被评估。基准值(51.3%)与根据示例1的膜厚度均匀性的评估值(52%)不同的事实是基板P的材料特性之差的结果。进一步地,图5中所示的多个圆形黑点代表以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线102是根据多个圆形黑点确定的近似曲线。而且,示例2中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0071] 根据示出图5的实验结果的曲线图,可以确认,如果基板P的倾斜角 β (即,喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差($\alpha-\gamma$))大于或等于 0° 且小于或等于 85° ,则获得膜厚度均匀性,其大致等于或优于基板P未倾斜的情况。其原因是因为以下事实:在基板P倾斜的情况下,从喷嘴54的喷射口54a喷射的薄雾由于重力而沿着基板P的表面倾斜地向下移动,以及在基板P的倾斜角 β 在大于或等于 0° 且小于或等于 85° 的范围内,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。另外,而且,通过排气单元60执行的排气动作,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。由于这一点,可以进一步提高膜厚度均匀性。

[0072] 优选地,基板P的倾斜角 β (即,喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度方向($\alpha-\gamma$))在大于或等于 10° 且小于或等于 75° 的范围内。因此,可以使所获得的膜厚度均匀性的评估值大致小于或等于40%。进一步地,更优选地,如果基板P的倾斜角 β (即,喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度方向($\alpha-\gamma$))在大于或等于 20° 且小于或等于 70° 的范围内,则可以使所获得的膜厚度均匀性的评估值大致小于或等于30%。甚至更优选地,如果基板P的倾斜角 β (即,角度差($\alpha-\gamma$))在 40° 至 60° 的范围内,则膜厚度均匀性的评估值变得小于或等于20%。因此,可以获得进一步优越的膜厚度均匀性。

[0073] (示例3)

[0074] 根据示例3,在喷嘴54的喷射方向相对于基板P倾斜 45° ($\alpha-\beta=45^\circ$) 并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直 ($\gamma=90^\circ$) 的状态下,当基板P的倾斜角从 0° 改变为 105° 时,评估膜厚度均匀性。图6中示出了其实验结果。根据示例3,其除了喷嘴54的喷射角 α 和基板P的倾斜角 β 之外的其他各种条件(例如,诸如基板P的材料、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、和排气单元60的排气方向 γ 等的条件)与示例2中的相同。进一步地,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。

[0075] 根据示例3,因为喷嘴54的喷射方向相对于基板P倾斜 45° ,并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直,所以喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差($\alpha-\gamma$)变为 45° ,比基板P的倾斜角 β 小。换言之, $\beta-45=\alpha-\gamma$ 。在图6的线100中,基准值(51.3%)如由示例2所描述的来指示。进一步地,图6中所示的多个圆形黑点代表在多个倾斜角 β 下获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线104是通过多个圆形黑点确定的近似曲线。而且,示例3中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0076] 根据示出图6的实验结果的曲线图,可以确认如果基板P的倾斜角 β 大于或等于 15° 且小于或等于 75° ,或换言之,如果角度差($\alpha-\gamma$)大于或等于 -30° 且小于或等于 30° ,则获得大致等同于或低于基准值(51.3%)的评估结果。更具体地,如果基板P的倾斜角 β 在 15° 至 75° 的范围内,并且膜形成设备20的喷嘴54和排气单元60处于基准姿势,则获得大致相同或优于基板P未倾斜的条件的膜厚度均匀性。其原因是因为以下事实:在基板P的倾斜角 β 在 15° 至 75° 的范围内,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。另外,而且,通过排气单元60执行的排气动作,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。由于这一点,可以进一步提高膜厚度均匀性。

[0077] 优选地,基板P的倾斜角 β 大于或等于 20° 且小于或等于 70° ,或换句话说,角度差($\alpha-\gamma$)在大于或等于 -25° 且小于或等于 25° 的范围内。因此,可以使所获得的膜厚度均匀性的评估值基本上小于或等于40%。进一步地,更优选地,如果基板P的倾斜角 β 大于或等于 23° 且小于或等于 65° ,或换句话说,如果角度差($\alpha-\gamma$)在大于或等于 -22° 且小于或等于 20° 的范围内,则可以使所获得的膜厚度均匀性的评估值基本上小于或等于30%。甚至更优选地,如果基板P的倾斜角 β 在 25° 至 60° 的范围内,或换句话说,如果角度差($\alpha-\gamma$)在 -20° 至 15° 的范围内,则膜厚度均匀性的评估值小于或等于20%。因此,可以获得进一步优越的膜厚度均匀性。

[0078] (示例4)

[0079] 根据示例4,在喷嘴54的喷射方向相对于基板P倾斜 135° ($\alpha-\beta=135^\circ$) 并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直 ($\gamma=90^\circ$) 的状态下,当基板P的倾斜角 β 从 0° 改变为 105° 时,评估膜厚度均匀性。图7中示出了其实验结果。根据示例4,其除了喷嘴54的喷射角 α 和基板P的倾斜角 β 之外的其他各种条件(例如,诸如基板P的材料、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、和排气单元60的排气方向 γ 等的条件)与示例2中的相同。进一步地,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。

[0080] 根据示例4,因为喷嘴54的喷射方向相对于基板P倾斜 135° ,并且排气单元60的排气方向相对于水平面垂直,所以基板P的倾斜角 β 变为 45° ,小于喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差($\alpha-\gamma$)。换言之, $\beta+45=\alpha-\gamma$ 。在图7的线100中,基准值

(51.3%) 如由示例2所描述的来指示。进一步地,图7中所示的多个方形黑点代表以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线106是根据多个方形黑点确定的近似曲线。而且,示例4中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0081] 根据示出图7的实验结果的曲线图,可以确认如果基板P的倾斜角 β 大于或等于 10° 且小于或等于 45° ,或换言之,如果角度差 $(\alpha-\gamma)$ 大于或等于 55° 且小于或等于 90° ,则获得大致等同于或低于基准值(51.3%)的评估结果。更具体地,如果基板P的倾斜角 β 在 10° 至 45° 的范围内,并且膜形成设备20的喷嘴54和排气单元60处于基准姿势,则获得基本相同或优于基板P未倾斜的条件的膜厚度均匀性。其原因是因为以下事实:在基板P的倾斜角 β 在 10° 至 45° 的范围内,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。另外,而且,通过排气单元60执行的排气动作,所喷射的薄雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长。由于这一点,可以进一步提高膜厚度均匀性。

[0082] 优选地,基板P的倾斜角 β 大于或等于 13° 且小于或等于 35° ,或换句话说,角度差 $(\alpha-\gamma)$ 在大于或等于 58° 且小于或等于 80° 的范围内。因此,可以使所获得的均匀性的评估值基本上小于或等于40%。进一步地,更优选地,如果基板P的倾斜角 β 在 17° 至 30° 的范围内,或换句话说,如果角度差 $(\alpha-\gamma)$ 在 62° 至 75° 的范围内,则膜厚度均匀性的评估值小于或等于30%。因此,可以获得进一步优越的膜厚度均匀性。

[0083] (示例5)

[0084] 根据示例5,在喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha-\gamma|$ ($|$ 指示绝对值)分别固定在 0° 、 45° 、 75° 和 90° 的状态下,当基板P的倾斜角 β 从 0° 改变到 105° 时,评估膜厚度均匀性。图8中示出了其实验结果。根据示例5,其除了喷嘴54的喷射角 α 、基板P的倾斜角 β 和排气单元60的排气方向 γ 之外的其他各种条件(例如,诸如基板P的材料、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量等的条件)与示例2中的相同。

[0085] 在图8的线100中,基准值(51.3%)如由示例2所描述的来指示。图8中所示的多个三角形(Δ)黑点代表在角度差 $|\alpha-\gamma|$ 为 0° 的状态下以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线108是从多个三角形黑点确定的近似曲线。图8中所示的多个圆形黑点代表在角度差 $|\alpha-\gamma|$ 为 45° 的状态下以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线110是通过多个圆形黑点确定的近似曲线。图8中所示的多个倒三角形(∇)黑点代表在角度差 $|\alpha-\gamma|$ 为 75° 的状态下以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线112是通过多个倒三角形黑点确定的近似曲线。图8中所示的方形黑点代表在角度差 $|\alpha-\gamma|$ 为 90° 的状态下以多个倾斜角 β 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线114是通过多个方形黑点确定的近似曲线。而且,示例5中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0086] 根据示出图8的实验结果的曲线图,可以确认如果喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha-\gamma|$ 超过 90° ,则不管基板P的倾斜角 β 如何,膜厚度均匀性的评估值都大于基准值(51.3%)。更具体地,当角度差 $|\alpha-\gamma|$ 超过 90° 时,不管基板P的倾斜角 β 如何,膜厚度均匀性变得更劣于基板P处于未倾斜状态时,膜形成设备20的喷嘴54和排气单元60处于基准姿势。

[0087] 进一步地,可以确认如果喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的至少角度差 $|\alpha-\gamma|$ 小于或等于 75° ,则假设基板P的倾斜角 β 在恒定角度范围(至少大于或等于

15°且小于或等于75°)内的条件,获得大致等同于或小于基准值(51.3%)的评估结果。更具体地,角度差 $|\alpha - \gamma|$ 小于或等于75°,并且在基板P的倾斜角 β 处于恒定角度范围内的情况下,因为所喷射的雾留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间变长,膜形成设备20的喷嘴54与排气单元60处于基准姿势,获得了基本上相同或优于基板P未倾斜的条件的膜厚度均匀性。因此,在喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的至少角度差 $|\alpha - \gamma|$ 小于或等于75°的情况下,通过膜形成设备20在基板P(基板P在相对于水平面在15°至75°的范围内倾斜的同时被传送)上形成薄膜,可以获得进一步优越的膜厚度均匀性。

[0088] 而且,如果至少角度差 $|\alpha - \gamma|$ 是75°或更小,并且基板P的倾斜角 β 在恒定角度范围(即,至少在15°至75°的范围)内,则如示例2至示例4所指示的,根据图5至图7的实验结果的曲线图,也可以确认获得了等于或小于基准值(51.3%)的事实。

[0089] (示例6)

[0090] 根据示例6,在考虑示例5的实验结果,并且基板P的倾斜角 β 被固定在60°的状态下,当喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha - \gamma|$ 从0°改变为90°时,评估膜厚度均匀性。图9中示出了其实验结果。根据示例6,其除了喷嘴54的喷射角 α 、基板P的倾斜角 β 和排气单元60的排气方向 γ 之外的其他各种条件(例如,诸如基板P的材料、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量等的条件)与示例2中的相同。

[0091] 在图9的线100中,基准值(51.3%)如由示例2所描述的来指示。进一步地,图9中所示的多个方形白点(□)代表以多个角度差 $|\alpha - \gamma|$ 获得的膜厚度均匀性的评估值,并且曲线116是通过多个方形白点确定的近似曲线。而且,示例6中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0092] 根据示出了图9的实验结果的曲线图,可以确认如果当基板P的倾斜角 β 是60°(其在15°至75°的范围内)时至少角度差 $|\alpha - \gamma|$ 小于或等于75°,则获得基本上等同于或小于基准值(51.3%)的评估结果。

[0093] 【第三实施方式】

[0094] 根据第三实施方式,通过将至少多个喷嘴54沿着基板P的传送方向S设置,提高膜形成速率。在第三实施方式中,除非以其他方式描述,包括膜形成设备20的基板处理设备12的构造与上述第一实施方式的相同。

[0095] 图10是示出了根据第三实施方式的喷嘴54、供给管56、排气单元60和基板P的布置的构造的图。还在图10中,省略了膜形成室50的例示。在第三实施方式中,沿基板P的传送方向S,基板P相对于水平面倾斜,并且多个喷嘴54沿着倾斜的基板P的传送方向S布置。更具体地,基板P的倾斜角 β 被设置为45°,其在15°至75°的范围内,并且三个喷嘴54沿着倾斜的基板P的传送方向S布置。

[0096] 喷嘴54的喷射方向相对于基板P垂直,或换句话说,喷嘴54的喷射方向 α 是135°,而排气单元60的排放角 γ 是90°。因此,喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha - \gamma|$ 变为45°,其小于或等于75°。更具体地,根据本第三实施方式,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图10中的喷射方向。进一步地,气体沿箭头的方向排出,箭头的方向指示图10中的排气方向。

[0097] 排气单元60的轴心以相对于水平面垂直的方式来设置。供给管56的轴心相对于水平面垂直地穿过排气单元60的内部,并且此后,供给管56的延长部分56a朝向基板P的上游

侧延伸,与基板P的表面平行。三个喷嘴54沿着延长部分56a设置,与基板P的表面平行,并且使得其喷射方向相对于基板P垂直。而且,至少排气单元60的排气口60a、延长部分56a和喷嘴54设置在膜形成室50的内部中。

[0098] 【示例】

[0099] (示例7)

[0100] 在示例7中,喷嘴54、供给管56、排气单元60和基板P之间的位置关系如图10所示。根据示例7,其除了喷嘴54的数量、喷射角 α 和倾斜角 β 之外的其他各种条件(例如,诸如基板P的材料、液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、和排气方向 γ 等的条件)与示例1中的相同。在这些条件下,薄雾从喷嘴54喷射两分钟,并且所获得的膜厚度是300nm。

[0101] 相对于所形成面积为2cm(沿基板P的宽度方向)×10cm(沿基板P的传送方向S)的薄膜,其阻力使用两端子方法来测量,借此评估膜厚度均匀性。膜厚度均匀性的评估值是18%,结果是均匀性与示例1的(均匀性评估值52%)相比显著改善。进一步地,确认形成膜的速率是150nm/min,结果是膜形成速率比上述示例1中的(60nm/min)高。而且,示例7中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0102] (比较例2)

[0103] 图11是示出了根据比较例2的喷嘴54、供给管56、排气单元60与基板P之间的位置关系的图。在比较例2中,以与示例7不同的方式,与基板P相比,排气单元60更加设置在-Z方向侧上,并且分别布置在沿基板P的传送方向S的上游侧和下游侧。其其他各种条件(例如,诸如液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、喷嘴54的数量和喷射方向 α 、和基板P的材料和倾斜角 β 等的条件)与示例7中相同。在这些条件下,调节薄雾的喷射时间,并且实施膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。在图11中,也省略了膜形成室50的例示。进一步地,根据本比较例2,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图11中的喷射方向。进一步地,气体沿箭头的方向排出,箭头的方向指示图11中的排气方向。

[0104] 相对于所形成面积为2cm(沿基板P的宽度方向)×10cm(沿基板P的传送方向S)的薄膜,其阻力使用两端子方法来测量,借此评估膜厚度均匀性。膜厚度均匀性的评估值是130%,结果是膜厚度均匀性优于示例1的(均匀性评估值52%)和示例7的(均匀性评估值18%)。进一步地,形成膜的速率是30nm/min,结果是膜形成速率慢于示例7的膜形成速率(150nm/min)。比较例2中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0105] 进一步地,即使排气单元60的排气口60a并未相对于喷嘴54的喷射口54a而设置在与重力作用的方向相反的一侧,只要排气单元60的排气口60a相对于基板P设置在与重力作用的方向相反的一侧,因为薄雾更容易留在基板P的上侧,所以与比较例2相比,提高了膜厚度均匀性。

[0106] (比较例3)

[0107] 图12是示出了根据比较例3的喷嘴54、供给管56和基板P之间的位置关系的图。在比较例3中,以与示例7不同的方式,未设置排气单元60。进一步地,在比较例3中,载气的流量从1NL/min改变为5NL/min。其其他各种条件(例如,诸如液体的类型、生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、喷嘴54的数量和喷射方向 α 、和基板P的材料和倾斜角 β 等的条件)与示例7中相同。在这些条件下,在载气的各个相应的流量下,调节薄雾的喷射时间,并且实施

膜形成,以便形成膜厚度为300nm的薄膜。在图12中,也省略了膜形成室50的例示。进一步地,根据本比较例3,薄雾沿箭头的方向喷射,箭头的方向指示图12中的喷射方向。

[0108] 因此,相对于所形成面积为2cm(沿基板P的宽度方向)×10cm(沿基板P的传送方向S)的薄膜,其阻力使用两端子方法来测量,借此评估膜厚度均匀性。膜厚度均匀性的评估结果在图13中示出。而且,比较例3中用于计算膜厚度均匀性的评估值的方法与示例1中使用的相同。

[0109] 如图13所示,在载气流量为1NL/min的情况下,膜厚度均匀性评估值是165%,并且膜形成速率是140nm/min。在载气流量为2NL/min的情况下,膜厚度均匀性评估值是154%,并且膜形成速率是135nm/min。在载气流量为3NL/min的情况下,膜厚度均匀性评估值是145%,并且膜形成速率是132nm/min。进一步地,在载气流量为4NL/min的情况下,膜厚度均匀性评估值是140%,并且膜形成速率是130nm/min。在载气流量为5NL/min的情况下,膜厚度均匀性评估值是120%,并且膜形成速率是130nm/min。

[0110] 根据上述,最优秀的是当载气流量是5NL/min且膜厚度均匀性评估值是120%时。然而,即使这样膜厚度均匀性是最优秀的,结果也是膜厚度均匀性劣于示例1的(均匀性评估值52%)和示例7的(均匀性评估值18%)。进一步地,当载气的流量是4NL/min或5NL/min时,出现这样的结果:虽然当膜形成速率是130nm/min时膜形成速率是最快速的,但膜形成速率慢于示例7的膜形成速率(150nm/min)。

[0111] 作为与比较例2和3相比改善了示例7的膜厚度均匀性的原因,如上面在第一实施方式描述的,由于排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a设置在与重力的方向相反的一侧的事实。进一步地,作为与上述示例1相比改善示例7的膜厚度均匀性的原因,如上面在第二实施方式描述的,由于基板P在15°至75°的范围内倾斜,并且喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha - \gamma|$ 小于或等于75°的事实。

[0112] (修改例1)

[0113] 在修改例1中,关于图10所示的喷嘴54、供给管56、排气单元60和基板P之间的位置关系,将描述使用液体(分散液体)(其中,作为膜形成材料的SiO₂的细颗粒分散在IPA分散介质中)实施膜形成的情况。在修改例1中,其除了液体的类型之外的其他各种条件(例如,生成薄雾所用的方法、载气的类型和流量、喷嘴54的数量和喷射角 α 、基板P的材料和倾斜角 β 、和排气单元60的排气方向 γ 等)与示例7中的相同。在这些条件下,薄雾从喷嘴54喷射五分钟,并且所获得的膜厚度是300nm。根据修改例1, SiO₂膜形成在在基板P上所形成的ZnO:Al(添加有铝的氧化锌)膜上。

[0114] 在所形成的SiO₂薄膜中,相对于2cm(沿基板P的宽度方向)×10cm(沿基板P的传送方向S)的面积,膜厚度使用笔式膜厚度计来直接测量,并且评估膜厚度均匀性。关于膜厚度的测量,沿着基板P的宽度方向和传送方向S以每2cm的间隔执行这种测量。膜厚度均匀性的评估值是15%。膜厚度均匀性的评估值指示如下事实:膜厚度越均匀,上述值越小。进一步地,形成膜的速率是60nm/min。

[0115] 在修改例1中,膜厚度均匀性的评估值使用以下公式来计算:

[0116] 膜厚度均匀性的评估值 = $(T_{\max} - T_{\min}) / T_{\min} \times 100 \dots (2)$

[0117] 其中, T_{\max} 指示膜厚度的最大值,并且 T_{\min} 指示膜厚度的最小值。换句话说,根据相对于2cm×10cm的薄膜测得的多个膜厚度中的最高膜厚度值 T_{\max} 和最低膜厚度值 T_{\min} 来实施

计算。

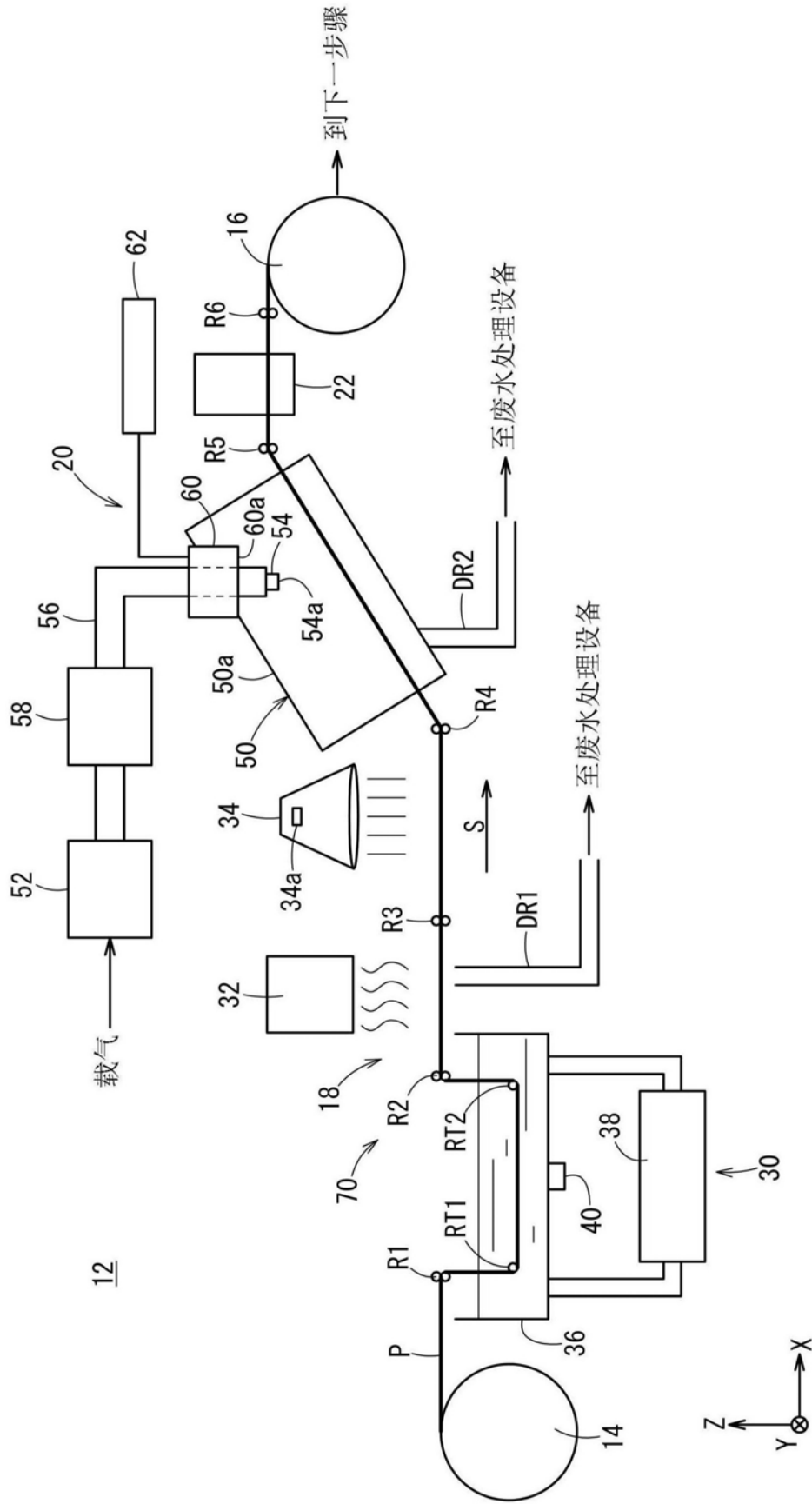
[0118] 在图14中,示出了装置的结构,其通过在基板P上所形成的ZnO:Al(添加有铝的氧化锌)膜上形成SiO₂膜而获得。ZnO:Al膜的载流子密度是 $8 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。另外,装置(上面形成SiO₂薄膜的基板P)在300°空气气氛中烧制一个小时。ZnO:Al的载流子生成至少由氧空位生成的电子而造成,并且空穴通过曝光于氧化气氛来补偿,借此减小载流子密度。然而,因为SiO₂膜形成在ZnO:Al膜上,所以烧制后的ZnO:Al膜的载流子密度变为 $6.8 \times 10^{19}/\text{cm}^3$,这是从烧制前的载流子密度大大改变的值。因此,可以确认,所形成的SiO₂薄膜展示出作为隔氧层的效果。

[0119] 以上述方式,根据本发明的实施方式,因为膜形成设备20的排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a设置在与重力作用的方向相反的一侧,所以薄膜材料容易留在基板P的膜形成面的表面侧或附近,并且可以提高要形成在基板P上的薄膜的膜厚度均匀性。

[0120] 因为膜形成设备20相对于基板P(基板P相对于垂直于重力作用的方向的水平面在15°至75°的范围内倾斜)形成薄膜,并且喷嘴54的喷射方向与排气单元60的排气方向之间的角度差 $|\alpha - \gamma|$ 小于或等于75°,所以可以进一步延长膜形成材料留在基板P的膜形成面的表面侧或附近的时间,并且可以进一步改善要形成的薄膜的均匀性。

[0121] 因为排气口60a设置在供给管56上、位于从喷嘴54的喷射口54a离开的位置处,所以所喷射的薄膜材料不太可能从排气口60a排出。因此,薄膜材料容易留在基板P的膜形成面的表面侧或附近,并且可以改善要形成在基板P上的薄膜的膜厚度均匀性。进一步地,因为至少喷嘴54沿着基板P的传送方向S设置多个,所以可以使膜形成速率更快。

[0122] 根据第一至第三实施方式,虽然膜形成设备20在传送基板P的同时对于基板P实施形成薄膜的膜形成处理,但膜形成也可以相对于静止基板P而执行。因为膜形成设备20的排气单元60的排气口60a相对于喷嘴54的喷射口54a设置在与重力作用的方向相反的一侧,所以即使相对于静止基板P执行膜形成,也可以改善要形成在基板P上的薄膜的膜厚度均匀性。



12

图1

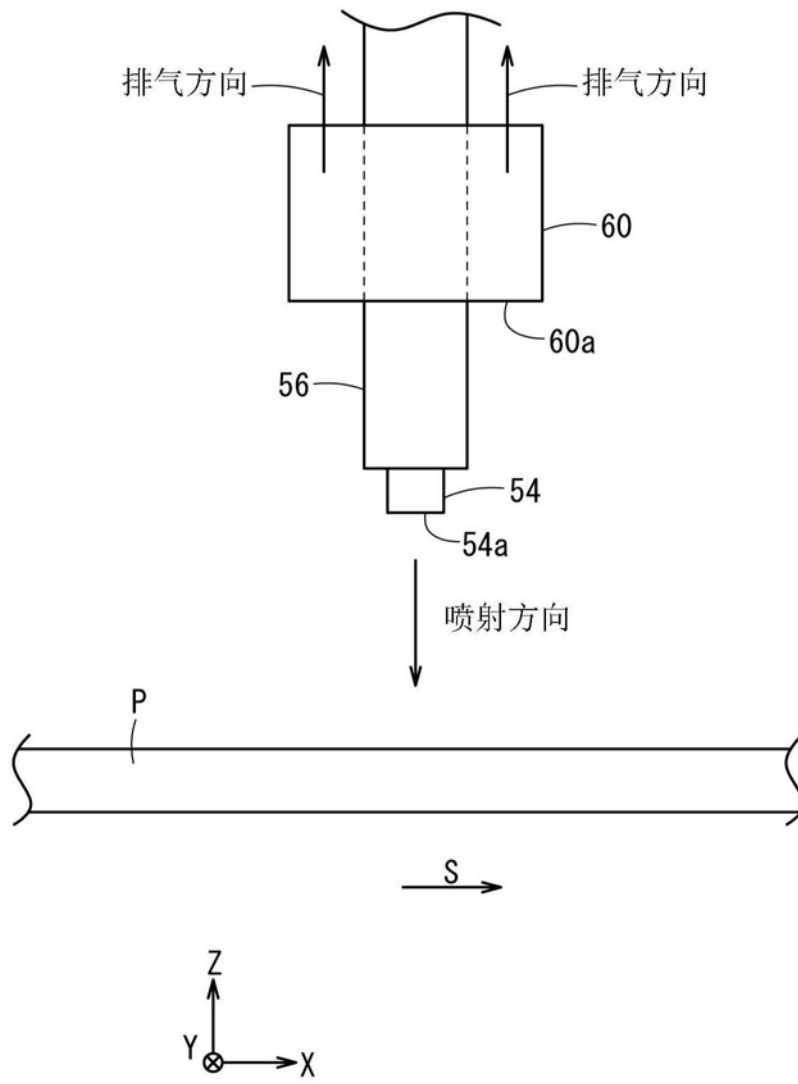


图2

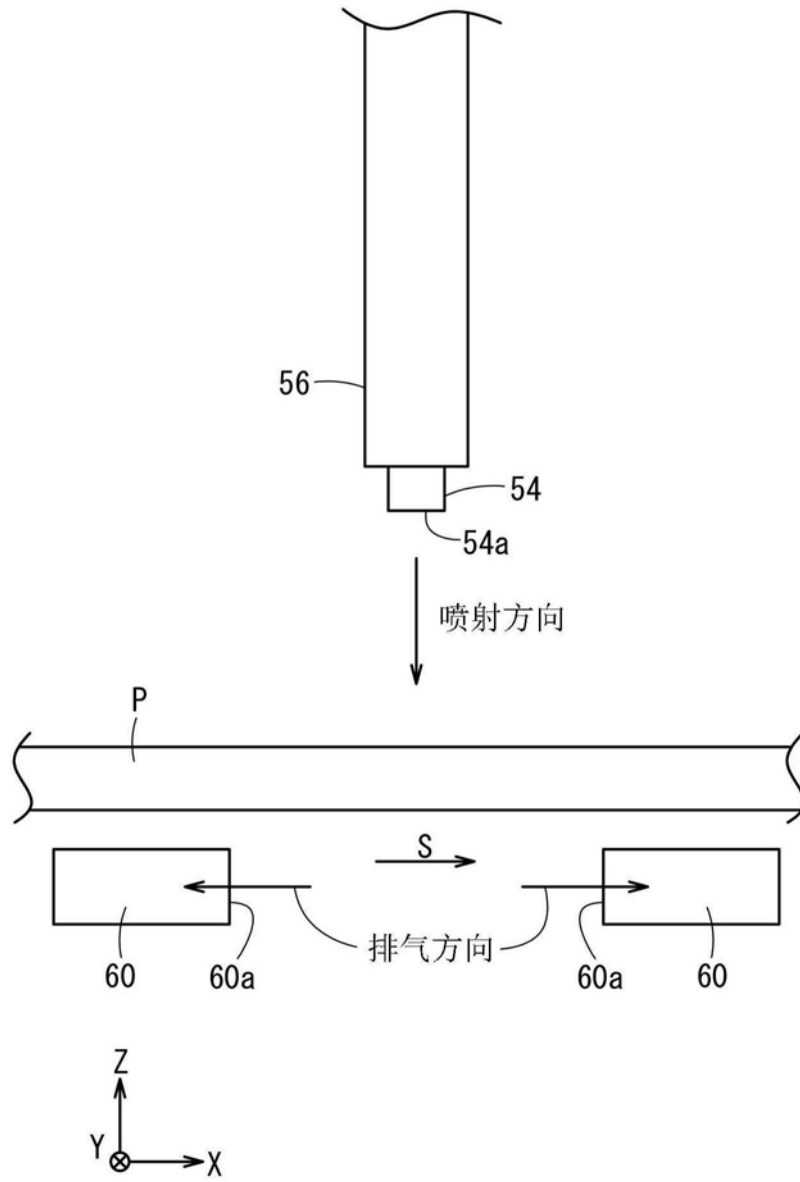


图3

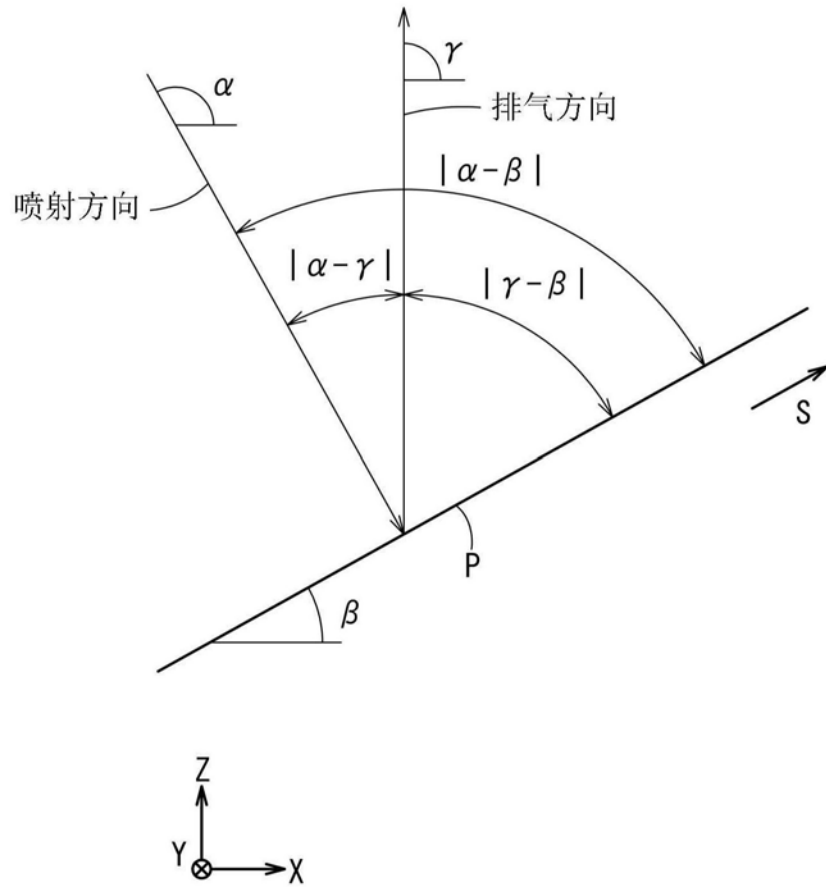


图4

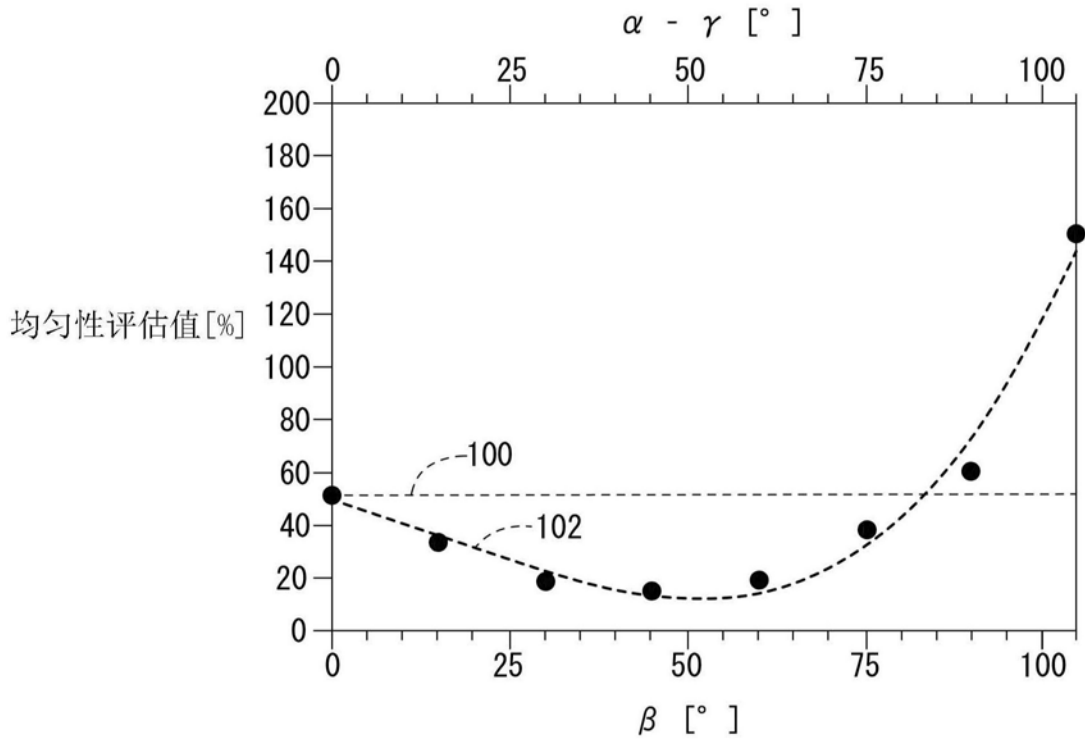


图5

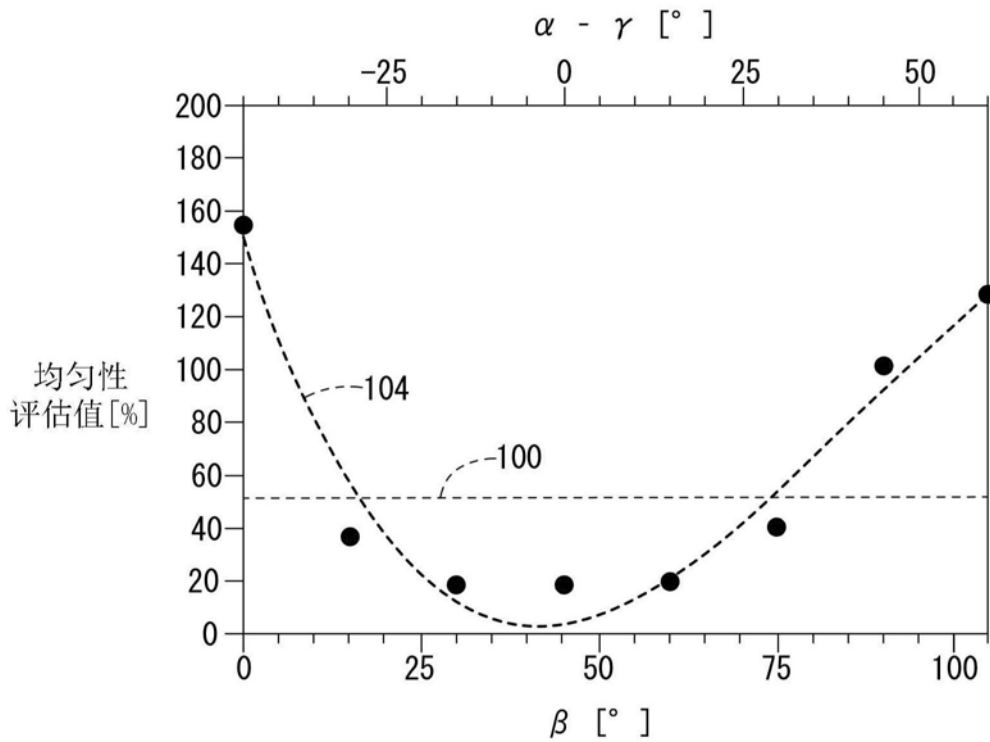


图6

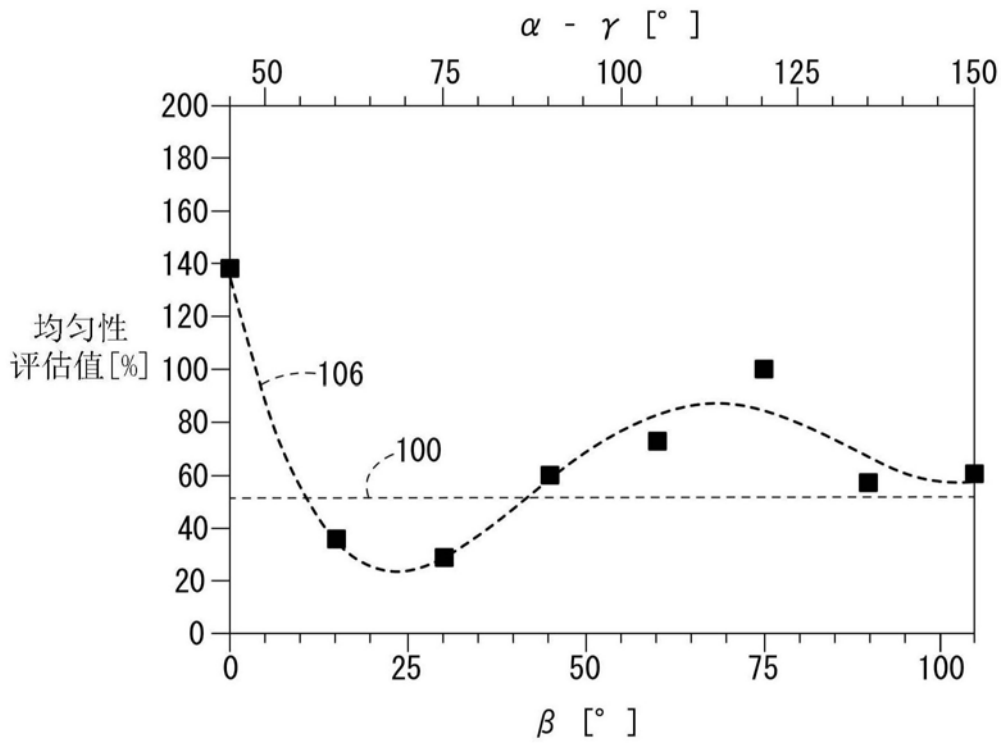


图7

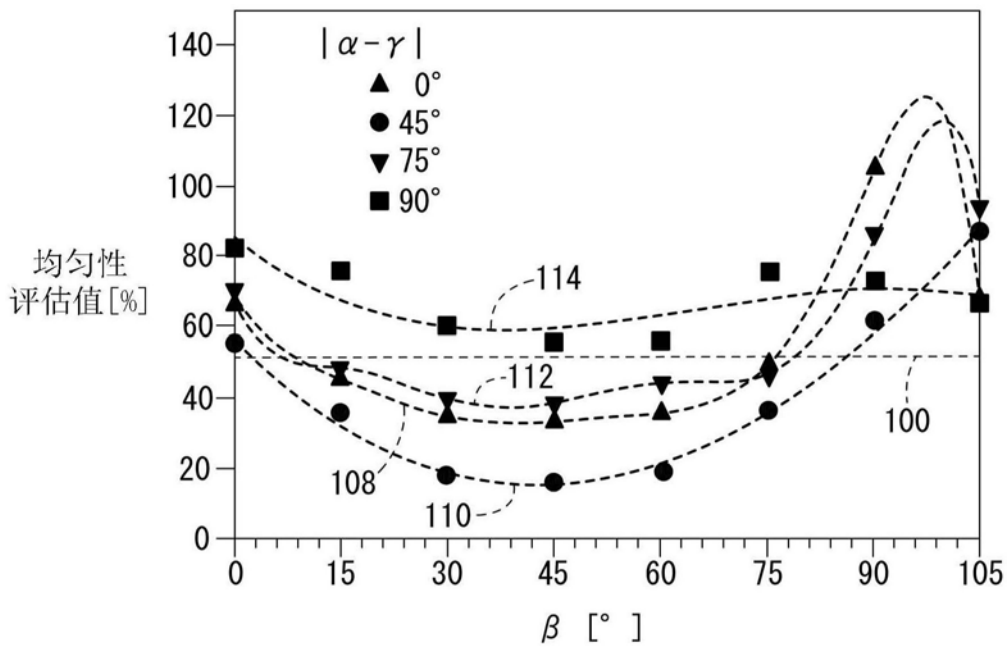


图8

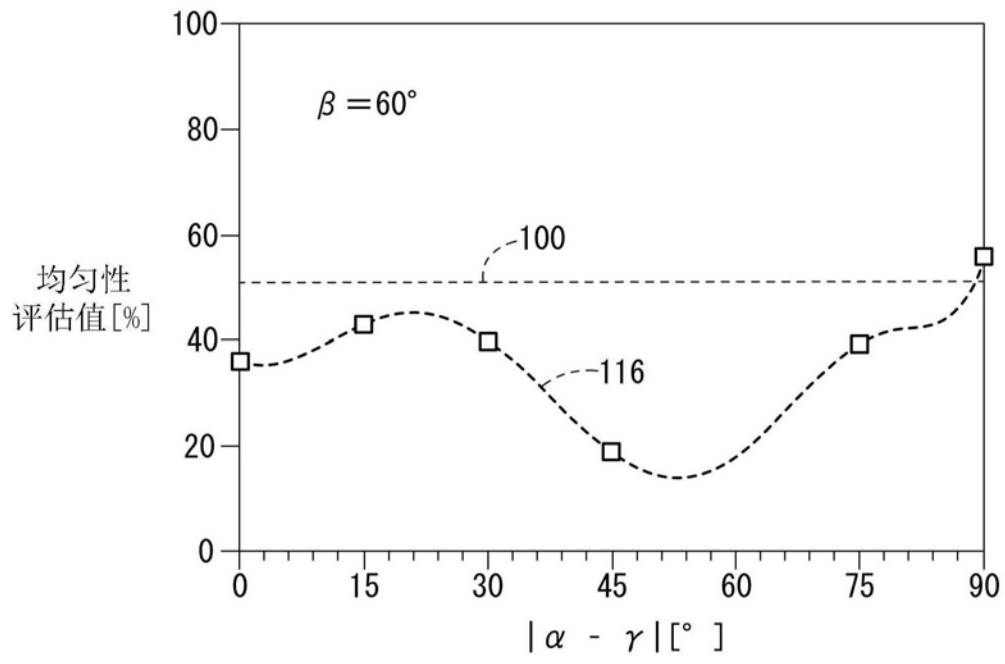


图9

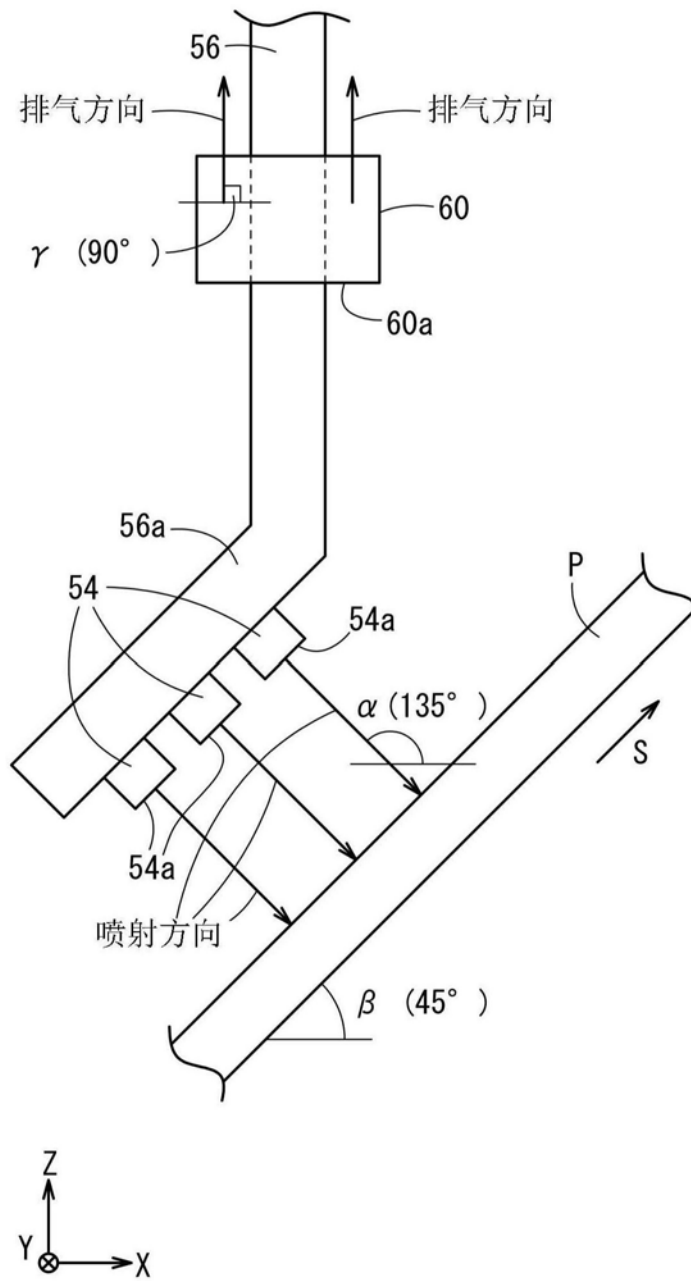


图10

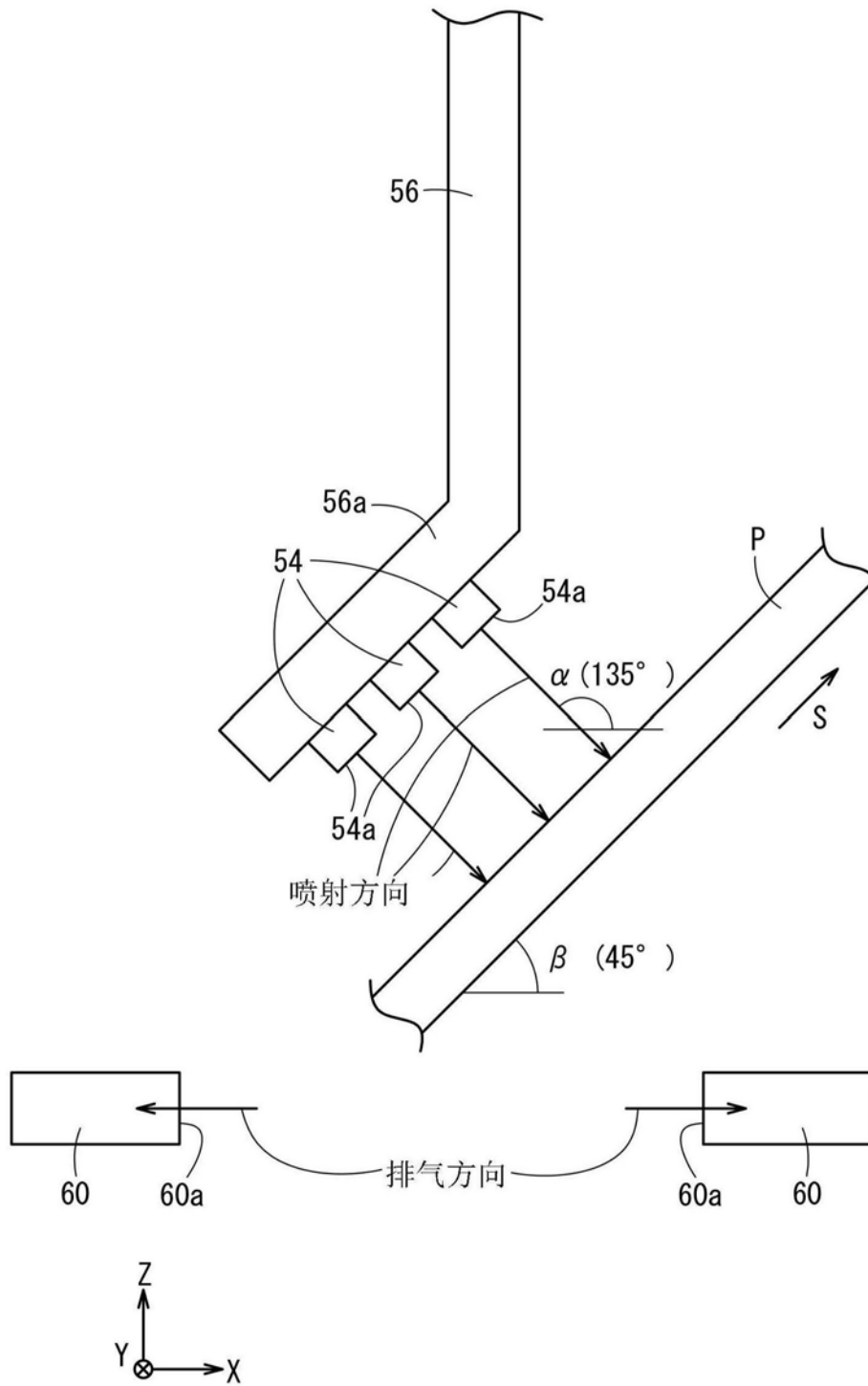


图11

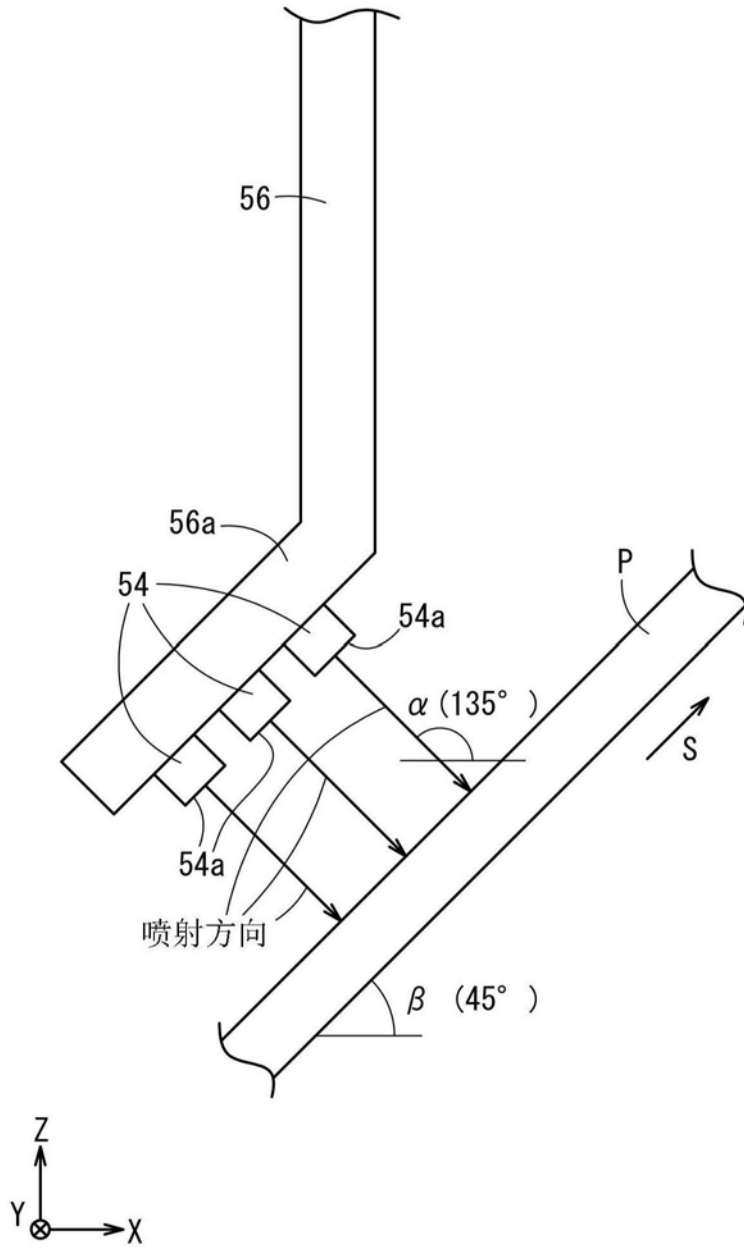


图12

	1NL/min	2NL/min	3NL/min	4NL/min	5NL/min
均匀性 评估值	165%	154%	145%	140%	120%
膜形成 速率	140nm/min	135nm/min	132nm/min	130nm/min	130nm/min

图13

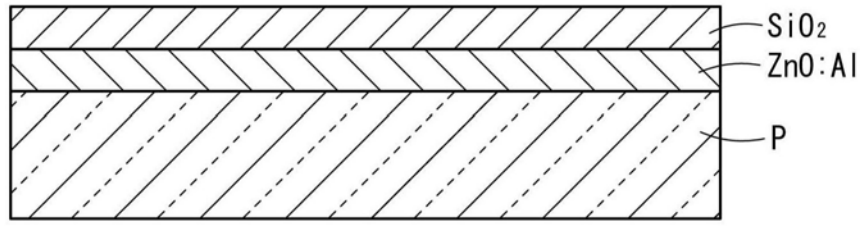


图14