



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103262663 B

(45)授权公告日 2016.12.14

(21)申请号 201280004136.9

(22)申请日 2012.04.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103262663 A

(43)申请公布日 2013.08.21

(30)优先权数据
2011-100736 2011.04.28 JP
2011-252383 2011.11.18 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.06.13

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2012/061049 2012.04.25

(87)PCT国际申请的公布数据
W02012/147771 JA 2012.11.01

(73)专利权人 住友理工株式会社
地址 日本爱知县
专利权人 国立大学法人名古屋大学

(72)发明人 笹井建典 丰田浩孝

(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.
H05H 1/46(2006.01)
G23C 14/34(2006.01)

(56)对比文件
US 5359177 A, 1994.10.25,
US 5359177 A, 1994.10.25,
CN 101127413 A, 2008.02.20,
JP 特开平6-116724 A, 1994.04.26,
JP 2010080350 A, 2010.04.08,
EP 1758149 A1, 2007.02.28,
CN 101798676 A, 2010.08.11,
CN 101144155 A, 2008.03.19,
US 2008/0099447 A1, 2008.05.01,
US 2007/0034157 A1, 2007.02.15,
JP 特开平7-142193 A, 1995.06.02,

审查员 吴小云

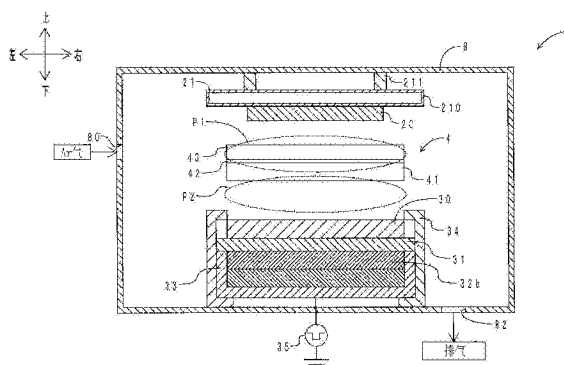
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

微波等离子体生成装置和采用该装置的磁控溅射成膜装置

(57)摘要

微波等离子体生成装置(4)包括:矩形波导管(41),其用于传送微波;缝隙天线(42),其具有供该微波通过的缝隙(420);电介质部(43),其以覆盖缝隙(420)的方式配置,等离子体生成区域侧的表面与从缝隙(420)入射的该微波的入射方向平行。微波等离子体生成装置(4)在1Pa以下的低压条件下能够生成微波等离子体(P1)。磁控溅射成膜装置(1)包括微波等离子体生成装置(4),向基材(20)与靶材(30)之间照射微波等离子体(P1)的同时利用磁控管等离子体(P2)进行成膜。采用磁控溅射成膜装置(1),能够形成表面的凹凸较小的薄膜。



1. 一种磁控溅射成膜装置(1),其包括基材(20)、靶材(30)、用于在该靶材(30)的表面形成磁场的磁场形成部件(32a、32b、32c),利用由磁控管放电生成的等离子体溅射该靶材(30),使飞出来的溅射粒子附着在该基材(20)的表面而形成薄膜,其特征在于,

还包括微波等离子体生成装置(4);

该微波等离子体生成装置(4)包括:

矩形波导管(41),其配置在真空容器(8)内,用于传送微波,并且呈直线状延伸的长条状;

缝隙天线(42),其配置在该矩形波导管(41)的一个面,具有供该微波通过的多个缝隙(420);

电介质部(43),其以覆盖该缝隙天线(42)的多个该缝隙(420)的方式与该缝隙天线(42)相接触地配置,经过了该缝隙(420)的该微波向该电介质部(43)入射,等离子体生成区域侧的表面(430)与从该缝隙(420)入射的该微波的入射方向平行;

该等离子体生成区域侧的表面(430)沿相对于该基材(20)的表面垂直的方向配置,从与该基材(20)的表面平行的方向向该基材(20)与该靶材(30)之间照射微波等离子体。

2. 根据权利要求1所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述微波等离子体生成装置(4)在0.5Pa以上100Pa以下的压力条件下能够生成上述微波等离子体。

3. 根据权利要求1所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述微波等离子体生成装置(4)在0.5Pa以上1Pa以下的压力条件下能够生成上述微波等离子体。

4. 根据权利要求1或2所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

在0.5Pa以上3Pa以下的压力条件下形成上述薄膜。

5. 根据权利要求1所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述微波等离子体生成装置(4)还包括:

支承板(45),其配置在上述电介质部(43)的背面,用于支承该电介质部(43);

永久磁铁(46),其配置在该支承板(45)的背面,用于在上述等离子体生成区域中形成磁场;

利用从该电介质部(43)向该磁场中传播的上述微波在产生电子回旋共振的同时生成ECR等离子体,从与该基材(20)的表面平行的方向向该基材(20)与该靶材(30)之间照射ECR等离子体。

6. 根据权利要求5所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述支承板(45)具有用于抑制上述永久磁铁(46)的温度上升的冷却部件(450)。

7. 根据权利要求5所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述微波等离子体生成装置(4)在0.05Pa以上100Pa以下的压力条件下能够生成上述ECR等离子体。

8. 根据权利要求6所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

上述微波等离子体生成装置(4)在0.05Pa以上100Pa以下的压力条件下能够生成上述ECR等离子体。

9. 根据权利要求5或6所述的一种磁控溅射成膜装置(1),其中,

在0.05Pa以上3Pa以下的压力条件下形成上述薄膜。

10. 根据权利要求7所述的一种磁控溅射成膜装置(1), 其中, 在0.05Pa以上3Pa以下的压力条件下形成上述薄膜。

11. 根据权利要求8所述的一种磁控溅射成膜装置(1), 其中, 在0.05Pa以上3Pa以下的压力条件下形成上述薄膜。

微波等离子体生成装置和采用该装置的磁控溅射成膜装置

技术领域

[0001] 本发明涉及能够在低压条件下生成微波等离子体的微波等离子体生成装置和采用该装置的磁控溅射成膜装置。

背景技术

[0002] 作为采用溅射的成膜方法,存在二极溅射法、磁控溅射法等。例如在利用高频(RF)进行的二极溅射法中,存在成膜速度较慢,由从靶材飞出来的二次电子的照射导致基材的温度易于上升这样的问题。由于成膜速度较慢,因此,RF二极溅射法不适合量产。另一方面,在采用磁控溅射法时,能够利用在靶材表面产生的磁场捕捉从靶材飞出来的二次电子。因此,基材的温度不易上升。另外,由于能够利用捕捉到的二次电子促进气体的离子化,因此,能够加快成膜速度。(例如参照专利文献1、2)。

[0003] 专利文献1:日本特开平6-57422号公报

[0004] 专利文献2:日本特开2010-37656号公报

[0005] 专利文献3:日本特开2005-197371号公报

[0006] 专利文献4:日本特开平7-6998号公报

[0007] 专利文献5:日本特开2003-301268号公报

[0008] 在磁控溅射法中,从成膜速度等的方面考虑,大多采用DC(直流)磁控溅射法(包含DC脉冲方式)。但是,在DC磁控溅射法中存在若不对靶材施加恒定的高电压则等离子体不稳定、或者不生成等离子体这样的问题。因此,通常对靶材施加几百伏特的高电压。在施加电压较高时,存在从靶材飞出粒子团这样的粒径较大的粒子的情况。在粒径较大的粒子附着于基材时,会在形成的膜的表面产生凹凸。在膜表面的凹凸较大的情况下,氧等易于吸附在凹部,有可能使膜自身、与膜接触的对应材料劣化。另外,有可能由凸部导致对应材料劣化。

发明内容

[0009] 本发明即是鉴于这样的实际情况而做成的,其课题在于提供能够形成表面的凹凸较小的薄膜的磁控溅射成膜装置、和该成膜装置所采用的、能够在低压条件下生成微波等离子体的微波等离子体生成装置。

[0010] (1)本发明人基于对利用DC磁控溅射法进行的成膜反复进行深入研究的结果,得出了这样的观点:只要在照射微波等离子体的同时利用由磁控管放电生成的等离子体(以下适当地称作“磁控管等离子体”)进行成膜,就能够降低施加电压,能够解决上述课题。但是,为了抑制杂质进入,维持薄膜质量,通常是在磁控管等离子体稳定的恒定的低压条件下进行磁控溅射。成膜时的压力期望为0.5Pa~1.0Pa左右。另一方面,一般的微波等离子体生成装置是在5Pa以上的压力较高的条件下生成微波等离子体(例如参照专利文献3)。因此,在使用以往的微波等离子体生成装置的情况下,在进行磁控溅射的1Pa以下的低压条件下难以生成微波等离子体。其理由被认为如下。

[0011] 图6表示以往的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。如图6所示,

等离子体生成部9具有波导管90、缝隙天线91、电介质部92。缝隙天线91以堵塞波导管90的前方开口部的方式配置。即,缝隙天线91形成波导管90的前壁。在缝隙天线91中形成有多个长孔状的缝隙910。电介质部92以覆盖缝隙910的方式配置在缝隙天线91的前表面(真空容器侧)。如图中前后方向空心箭头Y1所示,从波导管90的右端传送来的微波经过缝隙910入射到电介质部92。如图中左右方向空心箭头Y2所示,入射到电介质部92的微波沿着电介质部92的前表面920传播。由此,生成微波等离子体P。

[0012] 在此,从缝隙910向电介质部92入射的微波的入射方向(箭头Y1)与电介质部92的前表面920正交。因此,入射到电介质部92的微波被生成的微波等离子体P遮挡,将行进方向改变 90° 从而在电介质部92的前表面920传播(箭头Y2)。这样,由于微波与生成的微波等离子体P垂直地入射,因此,作为等离子体源的微波难以传播到微波等离子体P。因此,一般认为难以在低压条件下生成等离子体。

[0013] 因此,本发明人着眼于微波相对于生成的微波等离子体的入射方向,开发了一种即使在1Pa以下的低压条件下也能够生成微波等离子体的微波等离子体生成装置。即,本发明的微波等离子体生成装置用于在真空容器内生成微波等离子体,其特征在于,包括:矩形波导管,其用于传送微波;缝隙天线,其配置在该矩形波导管的一个面,具有供该微波通过的缝隙;电介质部,其以覆盖该缝隙天线的该缝隙的方式配置,等离子体生成区域侧的表面与从该缝隙入射的该微波的入射方向平行。

[0014] 图3表示本发明的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。另外,图3是表示等离子体生成部的一实施方式的图(参照后述的第一实施方式)。图3并未对本发明的微波等离子体生成装置有任何限定。

[0015] 如图3所示,等离子体生成部40具有波导管41、缝隙天线42、电介质部43、电介质部固定板44。在波导管41的左端后方连接有用于传送微波的管体部51。缝隙天线42以堵塞波导管41的上方开口部的方式配置。即,缝隙天线42形成波导管41的上壁。在缝隙天线42中形成有多个长孔状的缝隙420。电介质部43以覆盖缝隙420的方式配置在缝隙天线42的上表面。如图中上下方向空心箭头Y1所示,从管体部51传送来的微波经过缝隙420入射到电介质部43。如图中左右方向空心箭头Y2所示,入射到电介质部43的微波主要沿着电介质部43的前表面430传播。由此,能够生成微波等离子体P1。在此,从缝隙420向电介质部43入射的微波的入射方向与电介质部43的前表面430(等离子体生成区域侧的表面)平行。由于使微波沿着生成的微波等离子体P1入射,因此,作为等离子体源的微波易于传播到微波等离子体P1。因此,一般认为即使在1Pa以下的低压条件下也能够生成等离子体。因而,采用本发明的微波等离子体生成装置,即使在低压条件下也能够生成微波等离子体。因此,采用本发明的微波等离子体生成装置,能够在照射微波等离子体的同时利用磁控管等离子体进行成膜。利用磁控管等离子体进行的成膜在之后的(6)中详细说明。

[0016] (2)根据上述(1)的结构,本发明的微波等离子体生成装置期望在0.5Pa以上100Pa以下的压力条件下生成上述微波等离子体。采用本结构,能够在适合磁控溅射的0.5Pa~1.0Pa左右的低压条件下生成微波等离子体。

[0017] (3)根据上述(1)或(2)的结构,优选还包括:支承板,其配置在上述电介质部的背面,用于支承该电介质部;永久磁铁,其配置在该支承板的背面,在上述等离子体生成区域中形成磁场;利用从该电介质部向该磁场中传播的上述微波在产生电子回旋共振(ECR)的

同时生成ECR等离子体。

[0018] 在本结构的微波等离子体生成装置中,将等离子体生成区域侧的面称作“表面”,将与表面背向的面称作“背面”。在本结构中,使微波沿着生成的微波等离子体入射(上述(1)的结构),并且,在产生电子回旋共振(ECR)的同时生成ECR等离子体。下面,说明本结构的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的一例子。

[0019] 图5表示本结构的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。在图5中,与图3相对应的构件用相同的附图标记表示。另外,图5是表示等离子体生成部的一实施方式(参照后述的第二实施方式)。图5并未对本发明的微波等离子体生成装置有任何限定。

[0020] 如图5所示,等离子体生成部40具有波导管41、缝隙天线42、电介质部43、支承板45、永久磁铁46。在波导管41的左端后方连接有用于传送微波的管体部51。缝隙天线42以堵塞波导管41的上方开口部的方式配置。即,缝隙天线42形成波导管41的上壁。在缝隙天线42中形成有多个长孔状的缝隙420。电介质部43以覆盖缝隙420的方式配置在缝隙天线42的上表面。

[0021] 如图中上下方向空心箭头Y1所示,从管体部51传送来的微波经过缝隙420入射到电介质部43。如图中左右方向空心箭头Y2所示,入射到电介质部43的微波主要沿着电介质部43的前表面430传播。由此,能够生成微波等离子体。在此,从缝隙420向电介质部43入射的微波的入射方向与电介质部43的前表面430(等离子体生成区域侧的表面)平行。由于微波沿着生成的微波等离子体入射,因此,作为等离子体源的微波易于传播到微波等离子体。

[0022] 另外,在电介质部43的后方借助支承板45配置有八个永久磁铁46。八个永久磁铁46均是前侧为N极,后侧为S极。从各个永久磁铁46朝向前方产生磁感线M。由此,在电介质部43的前方(等离子体生成区域)中形成有磁场。

[0023] 生成的微波等离子体中的电子按照回旋角频率 ω_{ce} 相对于磁感线M方向进行右旋转的回旋运动。另一方面,在微波等离子体中传播的微波激发被称作电子回旋波的右旋转的圆偏振波。电子回旋波向前方传播,在其角频率 ω 与回旋角频率 ω_{ce} 一致时,电子回旋波衰减,波动能量被电子吸收。即,产生ECR。例如在微波的频率为2.45GHz的情况下,在磁通密度0.0875T时产生ECR。利用ECR能量增大了的电子被磁感线M约束地与周边的中性粒子冲撞。由此,中性粒子相继电离。因电离而产生的电子也利用ECR加速,进而使中性粒子电离。这样,在电介质部43的前方生成高密度的ECR等离子体 P_{1ECR} 。

[0024] 这样,采用本结构的微波等离子体生成装置,通过使微波沿着生成的微波等离子体入射,并且,利用ECR加大等离子体密度,从而在1Pa以下的低压条件下、甚至0.1Pa以下的极低压条件下,也能够生成等离子体。因而,采用本结构的微波等离子体生成装置,能够在低压条件下或者极低压条件下照射ECR等离子体的同时、利用磁控管等离子体进行成膜。

[0025] 另外,在上述专利文献4中公开有一种利用了微波的ECR等离子体生成装置。在专利文献4的ECR等离子体生成装置中,利用空心线圈形成磁场。但是,采用空心线圈,受制于线圈直径等,因此,无法在长条状的广阔范围内生成等离子体。在这一点上,采用本结构的微波等离子体生成装置,通过使用长条状的矩形波导管并在长度方向上配置缝隙,能够生成长条状的ECR等离子体。因而,通过将其装入到磁控溅射成膜装置中,能够形成大面积的

薄膜。磁控溅射成膜装置在之后的(8)中详细说明。

[0026] (4)根据上述(3)的结构,优选上述支承板具有用于抑制上述永久磁铁的温度上升的冷却部件。

[0027] 永久磁铁借助支承板配置在电介质部的背面侧。因此,在生成等离子体时,永久磁铁的温度易于上升。当永久磁铁的温度达到居里温度以上时,磁性丧失。采用本结构,能够利用支承板的冷却部件抑制永久磁铁的温度上升。因此,永久磁铁丧失磁性的可能性较小。因而,采用本结构,能够形成稳定的磁场。

[0028] (5)上述(3)或(4)的结构的微波等离子体生成装置在0.05Pa以上100Pa以下的压力条件下能够生成上述等离子体。另外,为了将生成的等离子体展开,期望在0.05Pa以上10Pa以下的压力条件下生成上述等离子体。

[0029] (6)本发明的第一磁控溅射成膜装置包括基材、靶材、用于在该靶材的表面形成磁场的磁场形成部件,利用由磁控管放电生成的等离子体溅射该靶材,使飞出来的溅射粒子附着在该基材的表面而形成薄膜,其特征还在于,还包括上述(1)或(2)的结构的微波等离子体生成装置,该微波等离子体生成装置向该基材与该靶材之间照射微波等离子体。

[0030] 在本发明的第一磁控溅射成膜装置中,在照射微波等离子体的同时利用磁控管等离子体进行成膜。当向基材与靶材之间照射微波等离子体时,即使降低施加电压,也能够稳定地维持磁控管等离子体。由此,能够抑制粒子团这样的粒径较大的粒子从靶材飞出。其结果,能够抑制溅射粒子的粒径的波动,能够减小形成的薄膜表面的凹凸。

[0031] 另外,采用上述(1)或(2)的结构的微波等离子体生成装置,即使在1Pa以下的低压条件下,也能够生成、照射微波等离子体。因而,采用本发明的第一磁控溅射成膜装置,能够维持着薄膜质量地形成表面的凹凸较小的薄膜。

[0032] (7)根据上述(6)的结构,优选在0.5Pa以上3Pa以下压力条件下形成上述薄膜。

[0033] 通过将真空容器内设为3Pa以下的高真空状态,磁控管等离子体稳定,并且,能够抑制杂质进入、延长平均自由行程。由此,形成的薄膜的薄膜质量上升。

[0034] (8)本发明的第二磁控溅射成膜装置包括基材、靶材、用于在该靶材的表面形成磁场的磁场形成部件,利用由磁控管放电生成的等离子体溅射该靶材,使飞出来的溅射粒子附着在该基材的表面而形成薄膜,其特征还在于,还包括上述(3)~(5)中任一个结构的微波等离子体生成装置,该微波等离子体生成装置向该基材与该靶材之间照射ECR等离子体。

[0035] 在本发明的第二磁控溅射成膜装置中,在照射ECR等离子体的同时利用磁控管等离子体进行成膜。向基材与靶材之间照射ECR等离子体时,即使降低施加电压,也能够稳定地维持磁控管等离子体。由此,能够抑制粒子团这样的粒径很大的粒子从靶材飞出。其结果,能够抑制溅射粒子的粒径的波动,能够减小形成的薄膜表面的凹凸。另外,在照射ECR等离子体时,能够将溅射粒子微细化。因此,能够形成质地更细的薄膜。

[0036] 另外,采用上述(3)~(5)中任一个结构的微波等离子体生成装置,即使在1Pa以下的低压条件下、甚至0.1Pa以下的极低压条件下,也能够生成等离子体。因而,通过在压力更低的条件下进行磁控溅射,能够抑制杂质进入,并且延长靶材粒子的平均自由行程。由此,形成的薄膜的薄膜质量上升。

[0037] 另外,在上述专利文献5中公开了一种利用了ECR的磁控溅射成膜装置。在专利文献5的磁控溅射成膜装置中,在成膜的基材的背侧配置磁铁,在基材的表面附近生成ECR等

离子体。但是,在基材的背侧配置磁铁时,形成的薄膜的厚度易于产生波动。此外,也存在薄膜易于着色这样的问题。另外,在专利文献5的磁控溅射成膜装置中,自螺旋形天线放射微波。因此,微波难以均匀地传播到整个等离子体生成区域。另外,也没有利用磁场产生的、从天线向等离子体生成区域的指向性。

[0038] 在这一点上,在上述(3)~(5)中任一个结构的微波等离子体生成装置中,在电介质部的背面侧配置永久磁铁,使微波沿着电介质部的表面传播。也就是说,不在基材的附近配置永久磁铁。因而,采用本发明的第二磁控溅射成膜装置,不会产生专利文献5的磁控溅射成膜装置的上述问题。

[0039] (9)根据上述(8)的结构,优选在0.05Pa以上3Pa以下的压力条件下形成上述薄膜。

[0040] 通过将真空容器内设为0.05Pa以上3Pa以下的高真空状态,磁控管等离子体稳定,并且,能够抑制杂质进入,延长靶材粒子的平均自由行程。由此,形成的薄膜的薄膜质量上升。

附图说明

[0041] 图1是第一实施方式的磁控溅射成膜装置的左右方向剖视图。

[0042] 图2是该磁控溅射成膜装置的前后方向剖视图。

[0043] 图3是构成该磁控溅射成膜装置的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。

[0044] 图4是第二实施方式的磁控溅射成膜装置的前后方向剖视图。

[0045] 图5是构成该磁控溅射成膜装置的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。

[0046] 图6是以往的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。

[0047] 附图标记说明

[0048] 1、磁控溅射成膜装置;20、基材;21、基材支承构件;210、台部;211、脚部;30、靶材;31、垫板;32a~32c、永久磁铁(磁场形成部件);33、阴极;34、接地屏蔽;35、直流脉冲电源;4、微波等离子体生成装置;40、等离子体生成部;41、波导管(矩形波导管);42、缝隙天线;43、电介质部;44、电介质部固定板;45、支承板;46、永久磁铁;420、缝隙;430、前表面;450、制冷剂通路(冷却部件);451、冷却管;50、微波传送部;51、管体部;52、微波电源;53、微波振荡器;54、隔离器;55、功率监视器;56、EH调配器;8、真空容器;80、气体供给孔;82、排气孔;M、磁感线;P1、微波等离子体;P1_{ECR}、ECR等离子体;P2、磁控管等离子体。

具体实施方式

[0049] 下面,对本发明的微波等离子体生成装置和包括该装置的本发明的磁控溅射成膜装置的实施方式进行说明。

[0050] 第一实施方式

[0051] 磁控溅射成膜装置

[0052] 首先,对本实施方式的磁控溅射成膜装置的结构进行说明。图1表示本实施方式的磁控溅射成膜装置的左右方向剖视图。图2表示该磁控溅射成膜装置的前后方向剖视图。图3表示构成该磁控溅射成膜装置的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。

[0053] 如图1~图3所示,磁控溅射成膜装置1包括真空容器8、基材20、基材支承构件21、靶材30、垫板31、永久磁铁32a~32c、阴极33、微波等离子体生成装置4。磁控溅射成膜装置1包含在本发明的第一磁控溅射成膜装置中。

[0054] 真空容器8为铝钢制,呈长方体箱状。在真空容器8的左壁穿设有气体供给孔80。在气体供给孔80上连接有用于将氩(Ar)气供给到真空容器8内的气体供给管(省略图示)的下游端。在真空容器8的下壁穿设有排气孔82。在排气孔82上连接有用于排出真空容器8内部的气体的真空排气装置(省略图示)。

[0055] 基材支承构件21具有台部210和一对脚部211。台部210为不锈钢制,呈中空的长方形板状。在台部210的内部填充有冷却液。台部210通过冷却液循环而被冷却。一对脚部211在左右方向上间隔开地配置在台部210的上表面。一对脚部211均为不锈钢制,呈圆柱状。一对脚部211的外周面被绝缘层覆盖。台部210借助一对脚部211安装在真空容器8的上壁。

[0056] 基材20是聚对苯二甲酸乙二酯(PET)膜,呈长方形状。基材20粘贴在台部210的下表面。

[0057] 阴极33为不锈钢制,呈向上方开口的长方体箱状。在阴极33、靶材30及垫板31的周围配置有接地屏蔽(earth shield)34。阴极33隔着接地屏蔽34配置在真空容器8的下表面。阴极33连接于直流脉冲电源35。

[0058] 永久磁铁32a~32c配置在阴极33的内侧。永久磁铁32a~32c均呈长条长方体状。永久磁铁32a~32c以在前后方向上间隔开且互相平行的方式配置。在永久磁铁32a和永久磁铁32c中,上侧是S极,下侧是N极。在永久磁铁32b中,上侧是N极,下侧是S极。利用永久磁铁32a~32c,在靶材30的表面形成磁场。永久磁铁32a~32c包含在本发明的磁场形成部件中。

[0059] 垫板31为铜制,呈长方形板状。垫板31以覆盖阴极33的上部开口的方式配置。

[0060] 靶材30是氧化铟-氧化锡的复合氧化物(ITO),呈长方形薄板状。靶材30配置在垫板31的上表面。靶材30与基材20相相对地配置。

[0061] 微波等离子体生成装置4包括等离子体生成部40、微波传送部50。微波传送部50具有管体部51、微波电源52、微波振荡器53、隔离器54、功率监视器55、EH调配器56。微波振荡器53、隔离器54、功率监视器55以及EH调配器56利用管体部51连接起来。管体部51经过穿设在真空容器8的后壁中的波导孔连接于等离子体生成部40的波导管41的后侧。

[0062] 等离子体生成部40具有波导管41、缝隙天线42、电介质部43、电介质部固定板44。如图3所示,波导管41为铝制,呈向上方开口的长方体箱状。波导管41沿着左右方向延伸。波导管41包含在本发明的矩形波导管中。缝隙天线42为铝制,呈长方形板状。缝隙天线42从上方堵塞波导管41的开口部。即,缝隙天线42形成波导管41的上壁。在缝隙天线42中形成有四个缝隙420。缝隙420呈沿着左右方向延伸的长孔状。缝隙420配置在电场较强的位置。

[0063] 电介质部43为石英制,呈长方体状。电介质部43配置在缝隙天线42的上表面前侧。电介质部43从上方覆盖缝隙420。像前述那样,电介质部43的前表面430与从缝隙420入射的微波的入射方向Y1平行地配置。前表面430包含在电介质部的等离子体生成区域侧的表面。

[0064] 电介质部固定板44为不锈钢制,呈平板状。电介质部固定板44在缝隙天线42的上表面以与电介质部43的后表面(背面)相接触的方式配置。电介质部固定板44从后方支承电介质部43。

[0065] 磁控溅射成膜方法

[0066] 接着,对利用磁控溅射成膜装置1进行的成膜方法进行说明。本实施方式的成膜方法首先使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,使真空容器8的内部达到减压状态。其次,从气体供给管向真空容器8内供给氩气。此时,调整氩气的流量,使得真空容器8内的压力达到约10Pa~100Pa。接着,开启微波电源52。当开启微波电源52,微波振荡器53产生频率2.45GHz的微波。产生的微波在管体部51内传播。在此,隔离器54抑制从等离子体生成部40反射来的微波返回到微波振荡器53。功率监视器55监视产生的微波的功率和反射来的微波的功率。EH调配器56调整微波的反射量。经过了管体部51内的微波在波导管41的内部传播。在波导管41的内部传播的微波进入到缝隙天线42的缝隙420中。然后,如图3中空心箭头Y1所示,经过缝隙420入射到电介质部43。如该图中空心箭头Y2所示,入射到电介质部43的微波主要沿着电介质部43的前表面430传播。利用该微波的强电场使真空容器8内的氩气电离,在电介质部43的前方生成微波等离子体P1。之后,在维持着生成微波等离子体P1的状态下,调整氩气的流量,使得真空容器8内的压力达到约0.7Pa。

[0067] 接着,开启直流脉冲电源35,对阴极33施加电压。利用由此产生的磁控管放电使氩气电离,在靶材30的上方生成磁控管等离子体P2。然后,利用磁控管等离子体P2(氩离子)溅射靶材30,自靶材30轰击出溅射粒子。通过自靶材30飞出来的溅射粒子朝向基材20飞溅而附着在基材20的下表面,从而形成薄膜。此时,向基材20与靶材30之间(包含磁控管等离子体P2生成区域)照射微波等离子体P1。

[0068] 作用效果

[0069] 接着,对本实施方式的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置的作用效果进行说明。采用本实施方式,在微波等离子体生成装置4中,电介质部43的前表面430相对于缝隙天线42垂直地配置。由此,从缝隙420向电介质部43入射的微波的入射方向Y1与电介质部43的前表面430平行。这样,由于使微波沿着生成的微波等离子体P1入射,因此,作为等离子体源的微波易于传播到微波等离子体P1。因而,采用微波等离子体生成装置4,即使在0.7Pa左右的低压条件下,也能够生成微波等离子体P1。

[0070] 波导管41呈沿着左右方向延伸的长条的箱状。缝隙420在左右方向上直列地配置。因而,采用微波等离子体生成装置4,能够生成长条状的微波等离子体P1。

[0071] 采用磁控溅射成膜装置1,能够在照射微波等离子体P1的同时利用磁控管等离子体P2进行溅射成膜。通过照射微波等离子体P1,即使降低施加电压,也能够稳定地维持磁控管等离子体P2。由此,能够抑制粒子团这样的粒径很大的粒子从靶材30飞出。其结果,能够抑制溅射粒子的粒径的波动,能够减小形成的薄膜表面的凹凸。另外,通过使真空容器8内达到1Pa以下的高真空状态,从而使磁控管等离子体稳定,并且,能够抑制杂质进入、延长平均自由行程。由此,形成的薄膜的薄膜质量上升。

[0072] 另外,微波等离子体生成装置4能够生成长条状的微波等离子体P1。因此,采用磁控溅射成膜装置1,能够形成长条状的大面积的薄膜。

[0073] 第二实施方式

[0074] 磁控溅射成膜装置

[0075] 本实施方式的磁控溅射成膜装置与第一实施方式的磁控溅射成膜装置的不同点在于,变更微波等离子体生成装置的等离子体生成部的结构,生成利用ECR而得到的微波等

离子体。因而,在此以不同点为中心进行说明。

[0076] 首先,对在本实施方式中使用的微波等离子体生成装置的结构进行说明。图4表示本实施方式的磁控溅射成膜装置的前后方向剖视图。另外,图5表示构成该磁控溅射成膜装置的微波等离子体生成装置的等离子体生成部的立体图。在图4中,与图2相对应的构件用相同的附图标记表示。在图5中,与图3相对应的构件用相同的附图标记表示。

[0077] 如图4、图5所示,磁控溅射成膜装置1包括真空容器8、基材20、基材支承构件21、靶材30、垫板31、永久磁铁32a~32c、阴极33、微波等离子体生成装置4。磁控溅射成膜装置1包含在本发明的第二磁控溅射成膜装置中。微波等离子体生成装置4的除等离子体生成部40之外的结构与第一实施方式相同。因此,在此省略说明。

[0078] 等离子体生成部40具有波导管41、缝隙天线42、电介质部43、支承板45、永久磁铁46。波导管41、缝隙天线42以及电介质部43的结构与第一实施方式相同。

[0079] 支承板45为不锈钢制,呈平板状。支承板45在缝隙天线42的上表面以与电介质部43的后表面(背面)相接触的方式配置。在支承板45的内部形成有制冷剂通路450。制冷剂通路450呈沿着左右方向延伸的字母U字形。制冷剂通路450的右端连接于冷却管451。制冷剂通路450通过冷却管451在真空容器8的外部连接于热交换器和泵(均省略图示)。冷却液在制冷剂通路450→冷却管451→热交换器→泵→冷却管451→再次制冷剂通路450这样的路径中循环。利用冷却液的循环,将支承板45冷却。制冷剂通路450和冷却液包含在用于抑制永久磁铁46的温度上升的冷却部件中。

[0080] 永久磁铁46是钕磁铁,呈长方体状。永久磁铁46在支承板45的后表面(背面)配置有八个。八个永久磁铁46在左右方向上连续地直列配置。八个永久磁铁46均是前侧为N极,后侧为S极。从各个永久磁铁46朝向前方产生磁感线M。由此,在电介质部43前方的等离子体生成区域形成有磁场。

[0081] 磁控溅射成膜方法

[0082] 接着,对利用磁控溅射成膜装置1进行的成膜方法进行说明。本实施方式的成膜方法与第一实施方式同样,首先,使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,使真空容器8的内部达到减压状态。其次,从气体供给管向真空容器8内供给氩气,将真空容器8内的压力设为0.2Pa。接着,开启微波电源52。当开启微波电源52,微波振荡器53产生频率2.45GHz的微波。产生的微波在管体部51内传播。在此,隔离器54抑制从等离子体生成部40反射来的微波返回到微波振荡器53。功率监视器55监视产生的微波的功率和反射来的微波的功率。EH调配器56调整微波的反射量。经过了管体部51内的微波在波导管41的内部传播。在波导管41的内部传播的微波进入到缝隙天线42的缝隙420中。然后,如图5中空心箭头Y1所示,通过缝隙420入射到电介质部43。如该图中空心箭头Y2所示,入射到电介质部43的微波主要沿着电介质部43的前表面430传播。利用该微波的强电场使真空容器8内的氩气电离,在电介质部43的前方生成微波等离子体。

[0083] 生成的微波等离子体中的电子按照回旋角频率相对于磁感线M方向进行右旋转的回旋运动。另一方面,在微波等离子体中传播的微波激发电子回旋波。电子回旋波的角频率在磁通密度为0.0875T的情况下与回旋角频率一致。由此,产生ECR。利用ECR增大了能量的电子被磁感线M约束的同时与周边的中性粒子冲撞。由此,中性粒子相继电离。因电离而产生的电子也被ECR加速,进而使中性粒子电离。这样,在电介质部43的前方生成高密度的ECR

等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。

[0084] 接着,开启直流脉冲电源35,对阴极33施加电压。利用由此产生的磁控管放电使氩气电离,在靶材30的上方生成磁控管等离子体 P_2 。然后,利用磁控管等离子体 P_2 (氩离子)溅射靶材30,自靶材30轰击出溅射粒子。通过从靶材30飞出来的溅射粒子朝向基材20飞溅而附着在基材20的下表面,从而形成薄膜。此时,向基材20与靶材30之间(包含磁控管等离子体 P_2 生成区域)照射ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。

[0085] 作用效果

[0086] 接着,对本实施方式的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置的作用效果进行说明。本实施方式的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置中,结构共通的部分起到与第一实施方式的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置同样的作用效果。另外,在本实施方式中,从缝隙420向电介质部43入射的微波的入射方向 Y_1 与电介质部43的前表面430平行。在这种情况下,微波以沿着生成的微波等离子体延伸的方式入射。因而,作为等离子体源的微波易于传播到微波等离子体。另外,在电介质部43的前方形成有磁场。磁感线 M 自电介质部43向前方延伸。通过微波从电介质部43传播到磁场中,从而产生ECR。由此,在电介质部43的前方生成高密度的ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。这样,采用微波等离子体生成装置4,通过使微波沿着生成的微波等离子体入射,并且利用ECR加大等离子体密度,从而,即使在0.2Pa左右的低压条件下,也能够生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。

[0087] 另外,八个永久磁铁46配置在支承板45的后表面。在支承板45的内部形成有制冷剂通路450。通过冷却液经过制冷剂通路450循环,将支承板45冷却。因此,永久磁铁46的温度难以上升。因而,由温度上升导致永久磁铁46丧失磁性的可能性较小。因此,即使在生成等离子体时,也能够形成稳定的磁场。

[0088] 采用本实施方式的磁控溅射成膜装置1,能够在照射ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 的同时利用磁控管等离子体 P_2 进行溅射成膜。通过照射ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$,即使降低施加电压,也能够稳定地维持磁控管等离子体 P_2 。由此,能够抑制粒子团这样的粒径较大的粒子从靶材30飞出。其结果,能够抑制溅射粒子的粒径的波动,能够减小形成的薄膜表面的凹凸。另外,当照射ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$,会使溅射粒子微细化。因此,能够形成质地更细的薄膜。

[0089] 另外,通过使真空容器8内达到0.2Pa左右的高真空状态,磁控管等离子体 P_2 稳定,并且能够抑制杂质进入,延长靶材粒子的平均自由行程。由此,形成的薄膜的薄膜质量上升。

[0090] 另外,采用微波等离子体生成装置4,即使在低压条件下,也能够稳定地生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。因此,在将真空容器8内的压力设为0.2Pa的状态下,能够生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 以及利用磁控溅射进行成膜。也就是说,最初在10Pa~100Pa左右的压力条件下产生微波等离子体并使其稳定化之后,不必将压力降低到预定值来进行磁控溅射。因而,能够简化真空容器8内的压力操作。

[0091] 另外,在微波等离子体生成装置4中,八个永久磁铁46配置在电介质部43的后方。而且,使微波传播到形成在电介质部43前方的磁场中。因此,微波易于均匀地传播到整个等离子体生成区域。另外,与在基材20的背侧(台部210的上表面)配置有永久磁铁46的情况相比较,形成的薄膜的厚度波动较小。另外,还能够抑制薄膜的着色。

[0092] 其它

[0093] 以上,对本发明的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置的实施方式进行了说明。但是,本发明的微波等离子体生成装置和磁控溅射成膜装置的实施方式并不限于上述方式。也可以用本领域技术人员能够进行的各种变形的方式、改良的方式进行实施。

[0094] 例如,在上述实施方式中,作为靶材使用了ITO。但是,靶材的材料并没有特别的限定,根据形成的薄膜的种类适当地决定即可。同样,形成薄膜的基材也根据用途适当地选择即可。除了上述实施方式的PET膜之外,例如也可以使用聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)膜、聚苯硫醚(PPS)膜、聚酰胺(PA)6膜、PA11膜、PA12膜、PA46膜、聚酰胺MXD6膜、PA9T膜、聚酰亚胺(PI)膜、聚碳酸酯(PC)膜、氟树脂膜、乙烯-乙醇共聚合物(EVOH)膜、聚乙烯醇(PVA)膜、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、环烯烃聚合物等聚烯烃膜等。

[0095] 缝隙天线的材质、缝隙的数量、形状、配置等并没有特别的限定。例如,缝隙天线的材质是非磁性的金属即可,除了铝之外,也可以是不锈钢、黄铜等。另外,缝隙也可以不是一列,而配置为两列以上。缝隙数量既可以是奇数个,也可以是偶数个。另外,也可以改变缝隙的配置角度而以锯齿状配置。电介质部的材质、形状也没有特别的限定。电介质部的材质期望是介电常数较低、难以吸收微波的材料。例如除了石英之外,氧化铝(矾土)等也适合。

[0096] 在上述第二实施方式中,支承板的材质、形状并没有特别的限定。在上述第二实施方式中,作为支承板的冷却部件,配置有制冷剂通路和冷却液。但是,支承板的冷却部件的结构并没有特别的限定。另外,支承板也可以不具有冷却部件。

[0097] 用于在电介质的前方(等离子体生成区域)形成磁场的永久磁铁只要能够产生ECR,其形状、种类、个数、配置方式等就没有特别的限定。例如,既可以仅配置一个永久磁铁,也可以将多个永久磁铁配置为二列以上。

[0098] 另外,将此永久磁铁之外的永久磁铁以隔着等离子体生成区域地与等离子体生成部相面对的方式配置。具体地讲,在上述图4的真空容器8的前壁以与八个永久磁铁46相面对的方式配置永久磁铁即可。此时,追加的永久磁铁以前侧是N极、后侧是S极的方式配置。由此,八个永久磁铁46的N极和追加的永久磁铁的S极相面对。因而,能够生成更具有指向性的ECR等离子体 P_{LECR} 。另外,为了抑制温度上升,也期望追加的永久磁铁包括冷却部件。在这种情况下,例如将具有制冷剂通路和冷却液的上述第二实施方式的支承板配置在永久磁铁的后侧(等离子体生成区域侧)即可。

[0099] 在上述实施方式中,使用了频率2.45GHz的微波。但是,微波的频率并不限于2.45GHz带,只要是300MHz~100GHz的频带,就可以采用任意的频带。作为该范围的频带,例如能够列举出8.35GHz、1.98GHz、915MHz等。

[0100] 真空容器、基材支承构件、垫板以及阴极的材质、形状也没有特别的限定。例如,真空容器若是金属制,则期望采用其中导电性较高的材料。基材支承构件的台部也可以不被冷却。垫板采用非磁性的导电性材料即可。其中,期望是导电性和导热性较高的铜等金属材料。阴极除了不锈钢之外,也可以采用铝等金属。另外,用于在靶材的表面形成磁场的磁场形成部件的结构也并不限于上述实施方式。在使用永久磁铁作为磁场形成部件的情况下,永久磁铁的种类、配置方式适当地决定即可。例如,各个永久磁铁的N极和S极也可以与上述实施方式相反。

[0101] 在上述第一实施方式中,在0.7Pa的压力条件下进行成膜,在上述第二实施方式中,在0.2Pa的压力条件下进行成膜。但是,成膜处理的压力并不限定该压力。成膜处理适当

地在最佳的压力条件下进行即可。例如,在照射微波等离子体的第一实施方式中,0.5Pa以上3Pa以下较佳。另外,在照射ECR等离子体的第二实施方式中,0.05Pa以上3Pa以下较佳。另外,作为供给的气体,除了氩之外,也可以使用氦(He)、氖(Ne)、氙(Kr)、氙(Xe)等惰性气体、氮(N₂)、氧(O₂)、氢(H₂)等。另外,也可以将两种以上气体混合使用。

[0102] 实施例

[0103] 接着,列举实施例更具体地说明本发明。

[0104] 在低压条件下生成微波等离子体

[0105] 实施例1

[0106] 对上述第一实施方式的微波等离子体生成装置4在低压条件下生成微波等离子体进行了研究。以下处理中的构件的附图标记与上述图1~图3相对应。

[0107] 首先,使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,将真空容器8的内部压力设为 8×10^{-3} Pa。其次,向真空容器8内供给氩气,将真空容器8的内部压力设为100Pa。接着,开启微波电源52,利用振荡的功率1.4kW的微波生成微波等离子体P1。之后,减小氩气的流量,将真空容器8的内部压力设为50Pa→25Pa→13Pa→7Pa→4Pa→2Pa→1Pa→0.5Pa,在各个压力条件下目测确认微波等离子体P1的生成状态。其结果,在任一个压力条件下都稳定地生成了微波等离子体P1。另外,此时向微波振荡器53方向返回的微波的反射均为0.1kW以下。

[0108] 实施例2

[0109] 对上述第二实施方式的微波等离子体生成装置4在低压条件下生成ECR等离子体进行了研究。以下处理中的构件的附图标记与上述图4、图5相对应。

[0110] 首先,使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,将真空容器8的内部压力设为 8×10^{-3} Pa。其次,向真空容器8内供给氩气,将真空容器8的内部压力设为100Pa。接着,开启微波电源52,利用振荡的功率1.4kW的微波生成ECR等离子体P1_{ECR}。之后,减小氩气的流量,将真空容器8的内部压力设为13Pa→5Pa→1Pa→0.7Pa→0.5Pa→0.3Pa→0.1Pa,在各个压力条件下目测确认ECR等离子体P1_{ECR}的生成状态。其结果,在任一个压力条件下都稳定地生成了ECR等离子体P1_{ECR}。另外,此时向微波振荡器53方向返回的微波的反射均为0.1kW以下。

[0111] 比较例

[0112] 将微波等离子体生成装置4的等离子体生成部40变更为以往的等离子体生成部9(参照上述图6),与上述实施例1同样地对在低压条件下生成微波等离子体进行了研究。其结果,真空容器8的内部压力为4Pa,生成的微波等离子体P不稳定,开始了闪烁。此时,向微波振荡器53方向返回的微波的反射均为0.5kW以上。另外,在真空容器8的内部压力达到2Pa时,无法持续生成等离子体,微波等离子体P消失。不言而喻,在1Pa以下无法生成微波等离子体P。

[0113] 利用磁控溅射成膜装置形成薄膜

[0114] 实施例1

[0115] 利用上述第一实施方式的磁控溅射成膜装置1在PET膜的表面形成ITO膜。以下的成膜处理中的构件的附图标记与上述图1~图3相对应。首先,使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,将真空容器8的内部压力设为 8×10^{-3} Pa。其

次,向真空容器8内供给氩气,将真空容器8的内部压力设为25Pa。接着,开启微波电源52,利用振荡的功率1.4kW的微波生成微波等离子体P1。之后,立即减小氩气的流量,将真空容器8的内部压力设为0.65Pa。进而,向真空容器8内供给微量的氧气,将真空容器8的内部压力设为0.67Pa。此时,稳定地生成微波等离子体P1,微波的反射也为0.1kW以下。

[0116] 在该状态下,以功率1500W、频率100kHz、脉冲宽度3056ns的设定条件开启直流脉冲电源35(日本MKS(有限公司)制RPG-100,Pulsed DC Plasma Generator),对阴极33施加电压,生成磁控管等离子体P2。然后,利用磁控管等离子体P2溅射靶材30,并且照射微波等离子体P1,在基材20(PET膜)的表面形成ITO膜。成膜时的电压为260V(利用直流脉冲电源35自动地控制电压。下同。),与下述比较例1相比较,能够将施加电压降低约20%。

[0117] 比较例1

[0118] 在上述第一实施方式的磁控溅射成膜装置1中,将微波等离子体生成装置4的等离子体生成部40变更为以往的等离子体生成部9(参照上述图6),在与上述实施例1同样的条件下尝试生成微波等离子体。但是,与研究在低压条件下生成微波等离子体时同样,在真空容器8的内部压力为0.65Pa时,等离子体消失。

[0119] 因此,向真空容器8内供给微量的氧气,将真空容器8的内部压力设为0.67Pa,以功率1500W、频率100kHz、脉冲宽度3056ns的设定条件开启了直流脉冲电源35(同上)之后,尝试生成微波等离子体,但无法生成等离子体。

[0120] 因此,不使微波等离子体生成装置4工作(不生成微波等离子体P1),在与上述实施例1同样的条件下生成磁控管等离子体P2。然后,利用磁控管等离子体P2溅射靶材30,在基材20(PET膜)的表面形成ITO膜。成膜时的电压为310V。

[0121] 实施例2

[0122] 利用上述第二实施方式的磁控溅射成膜装置1在PET膜的表面形成ITO膜。以下的成膜处理中的构件的附图标记与上述图4、图5相对应。首先,使真空排气装置(省略图示)工作,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,将真空容器8的内部压力设为 8×10^{-3} Pa。其次,向真空容器8内供给氩气,将真空容器8的内部压力设为0.2Pa。接着,开启微波电源52,利用振荡的功率1.4kW的微波生成ECR等离子体P1_{ECR}。之后,再向真空容器8内供给微量的氧气,并且调整氩气的流量,将真空容器8的内部压力同样设为0.2Pa。此时,稳定地生成ECR等离子体P1_{ECR},微波的反射也为0.1kW以下。

[0123] 在该状态下,以功率1500W、频率100kHz、脉冲幅3056ns的设定条件开启直流脉冲电源35,对阴极33施加电压,生成磁控管等离子体P2。然后,利用磁控管等离子体P2溅射靶材30,并且照射ECR等离子体P1_{ECR},在基材20(PET膜)的表面形成ITO膜。成膜时的电压为270V,与下述比较例2相比较,能够将施加电压降低约10%。

[0124] 比较例2

[0125] 在上述第二实施方式的磁控溅射成膜装置1中,将微波等离子体生成装置4的等离子体生成部40变更为以往的等离子体生成部9(参照上述图6),在与上述实施例2同样的条件下尝试生成微波等离子体。但是,与研究在低压条件下生成微波等离子体时同样,在真空容器8的内部压力为0.2Pa时,等离子体消失。

[0126] 因此,不使微波等离子体生成装置4工作(不生成ECR等离子体P1_{ECR}),在与上述实施例2同样的条件下生成磁控管等离子体P2。然后,利用磁控管等离子体P2溅射靶材30,在

基材20(PET膜)的表面形成ITO膜。成膜时的电压为300V。

[0127] 实施例3

[0128] 除了将生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 时的真空容器8的内部压力降低到0.1Pa之外,与上述实施例2同样地在PET膜的表面形成ITO膜。即,首先,将真空容器8内部的气体从排气孔82排出,将真空容器8的内部压力设为 8×10^{-3} Pa。其次,向真空容器8内供给氩气,将真空容器8的内部压力设为0.1Pa。接着,开启微波电源52,利用振荡的功率1.4kW的微波生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$ 。之后,再向真空容器8内供给微量的氧气,并且调整氩气的流量,将真空容器8的内部压力同样设为0.1Pa。此时,稳定地生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$,微波的反射也为0.1kW以下。

[0129] 在该状态下,开启直流脉冲电源35,对阴极33施加电压,生成磁控管等离子体 P_2 。然后,利用磁控管等离子体 P_2 溅射靶材30,并且照射ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$,在基材20(PET膜)的表面形成ITO膜。成膜时的电压为290V,不会像下述比较例3那样磁控管等离子体 P_2 消失。

[0130] 比较例3

[0131] 在上述第二实施方式的磁控溅射成膜装置1中,将微波等离子体生成装置4的等离子体生成部40变更为以往的等离子体生成部9(参照上述图6),在与上述实施例3同样的条件下尝试生成微波等离子体。但是,与上述比较例2同样,在真空容器8的内部压力为0.1Pa时,等离子体消失。

[0132] 因此,不使微波等离子体生成装置4工作(不生成ECR等离子体 $P_{1\text{ECR}}$),在与上述实施例3同样的条件下尝试生成磁控管等离子体 P_2 。但是,无法生成磁控管等离子体。

[0133] 产业上的可利用性

[0134] 本发明的微波等离子体生成装置和采用该装置的磁控溅射成膜装置例如可用于形成触摸面板、显示器、LED(发光二极管)照明、太阳能电池、电子纸等所采用的透明导电膜等。

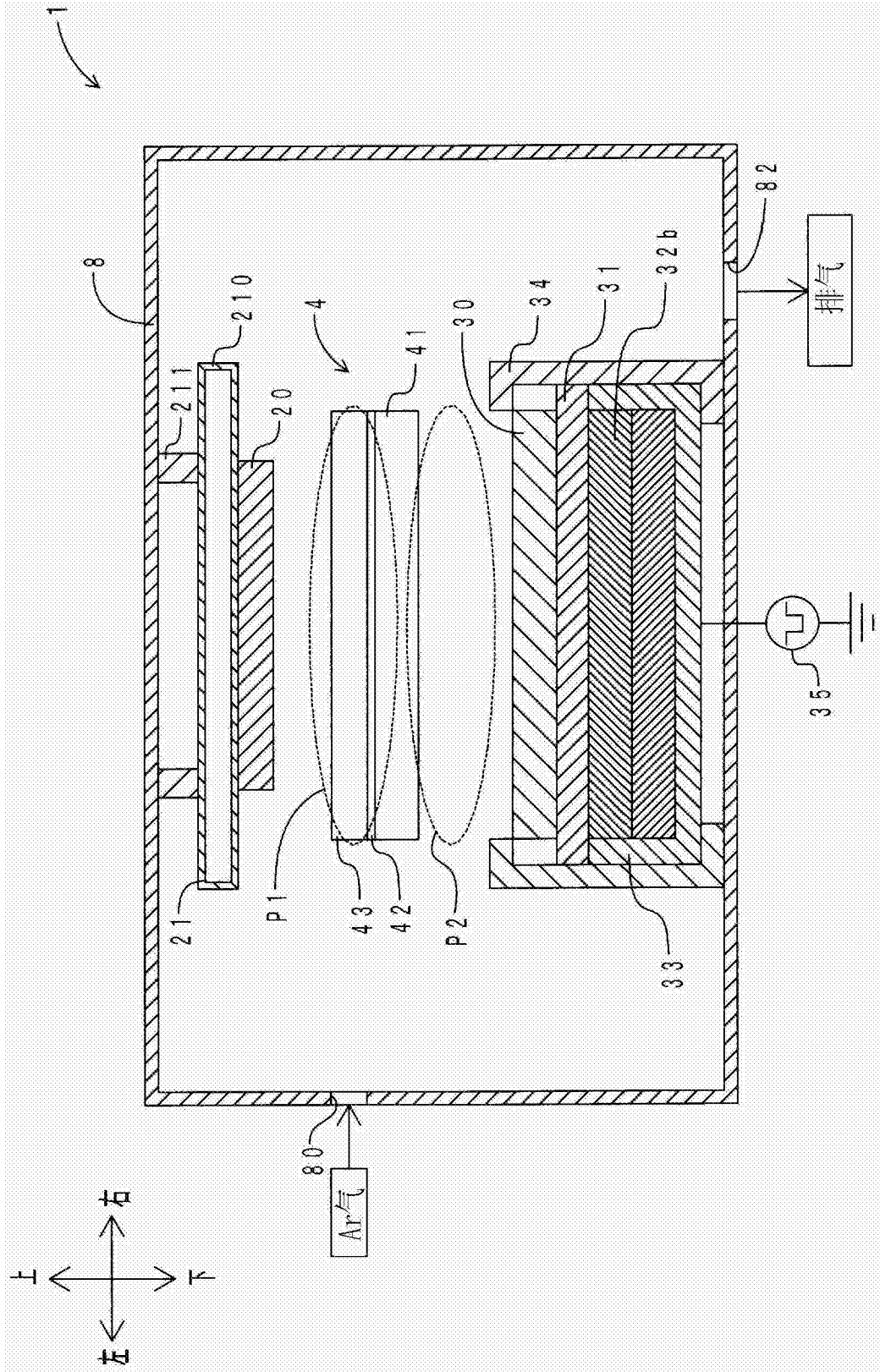


图1

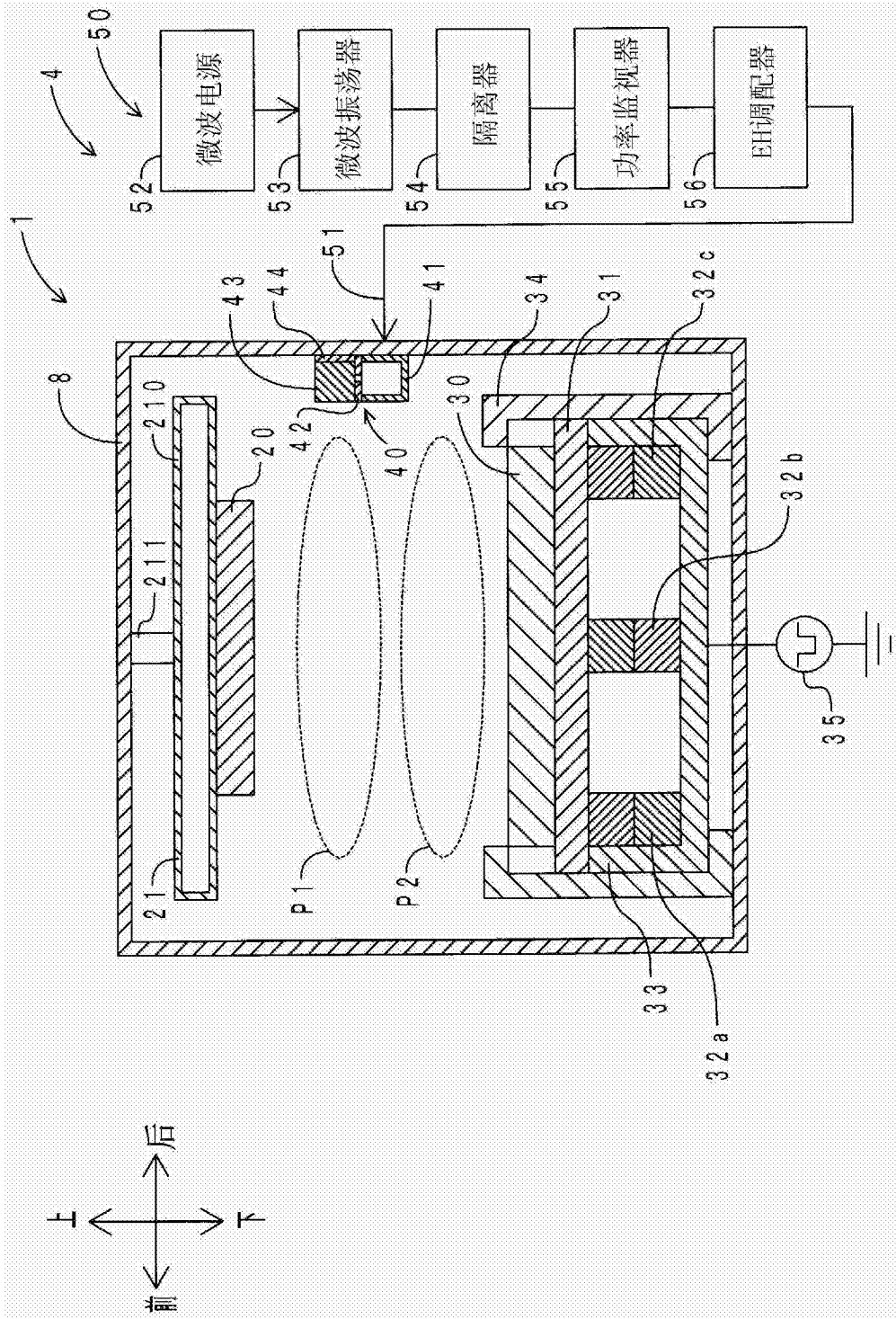


图2

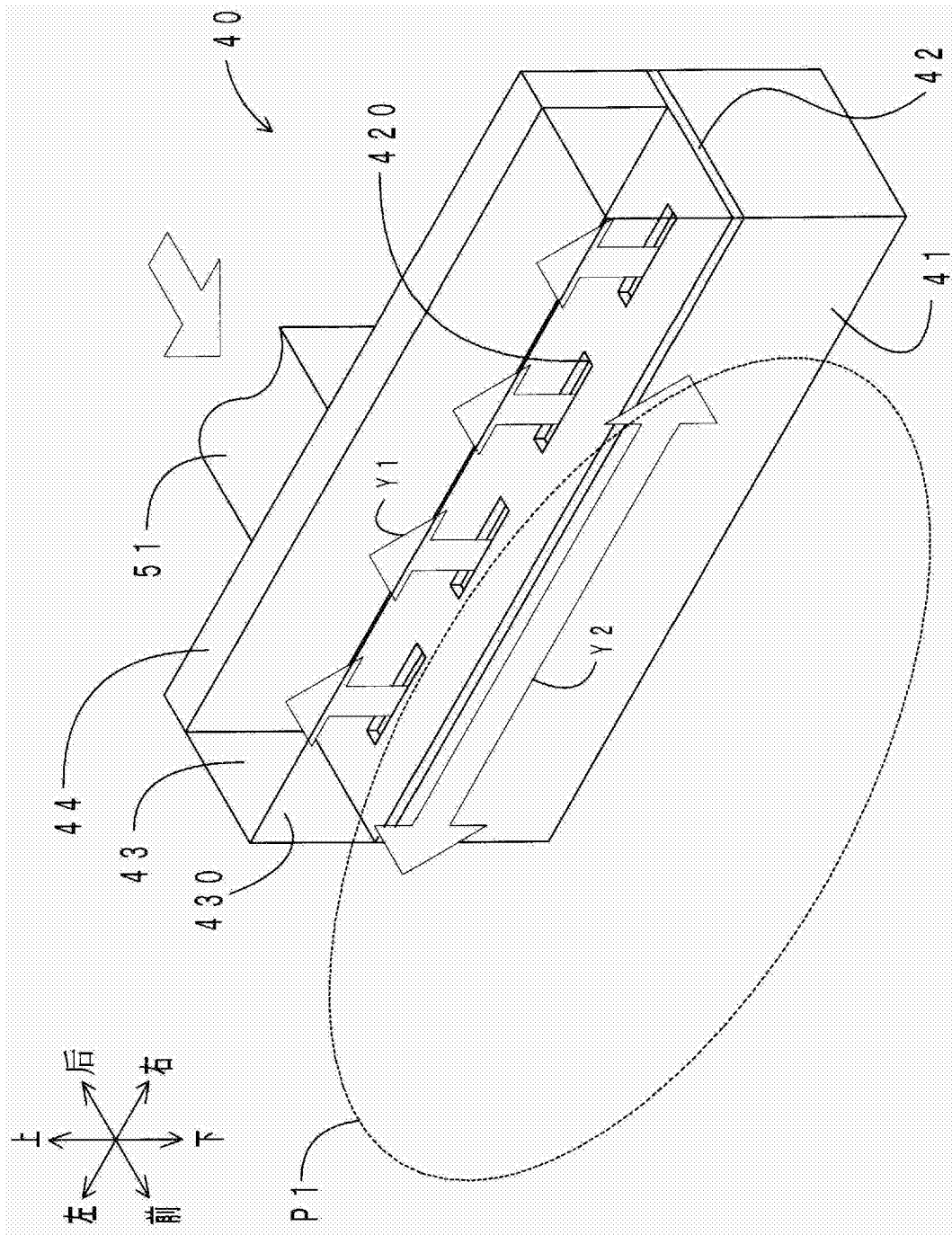


图3

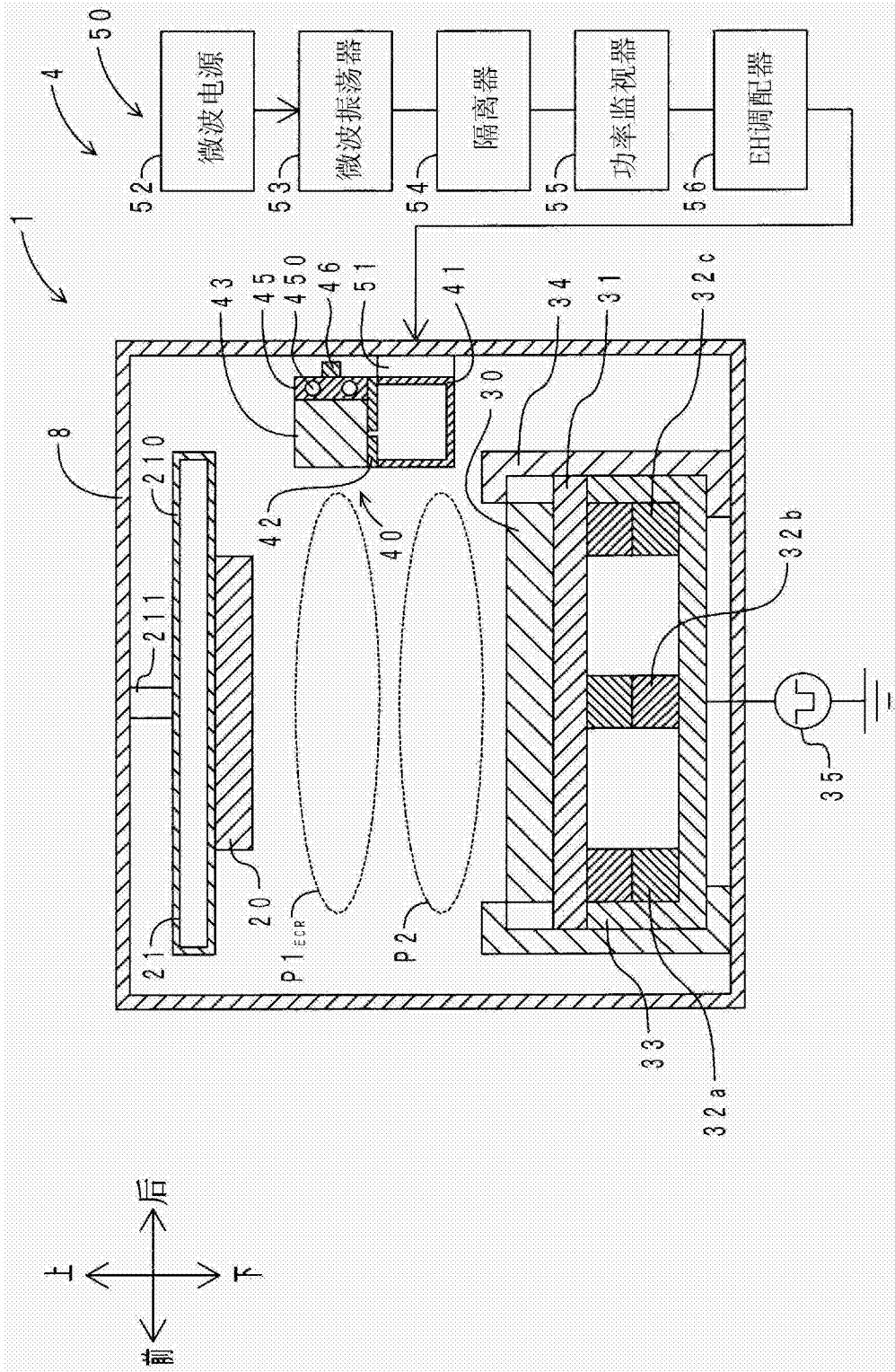


图4

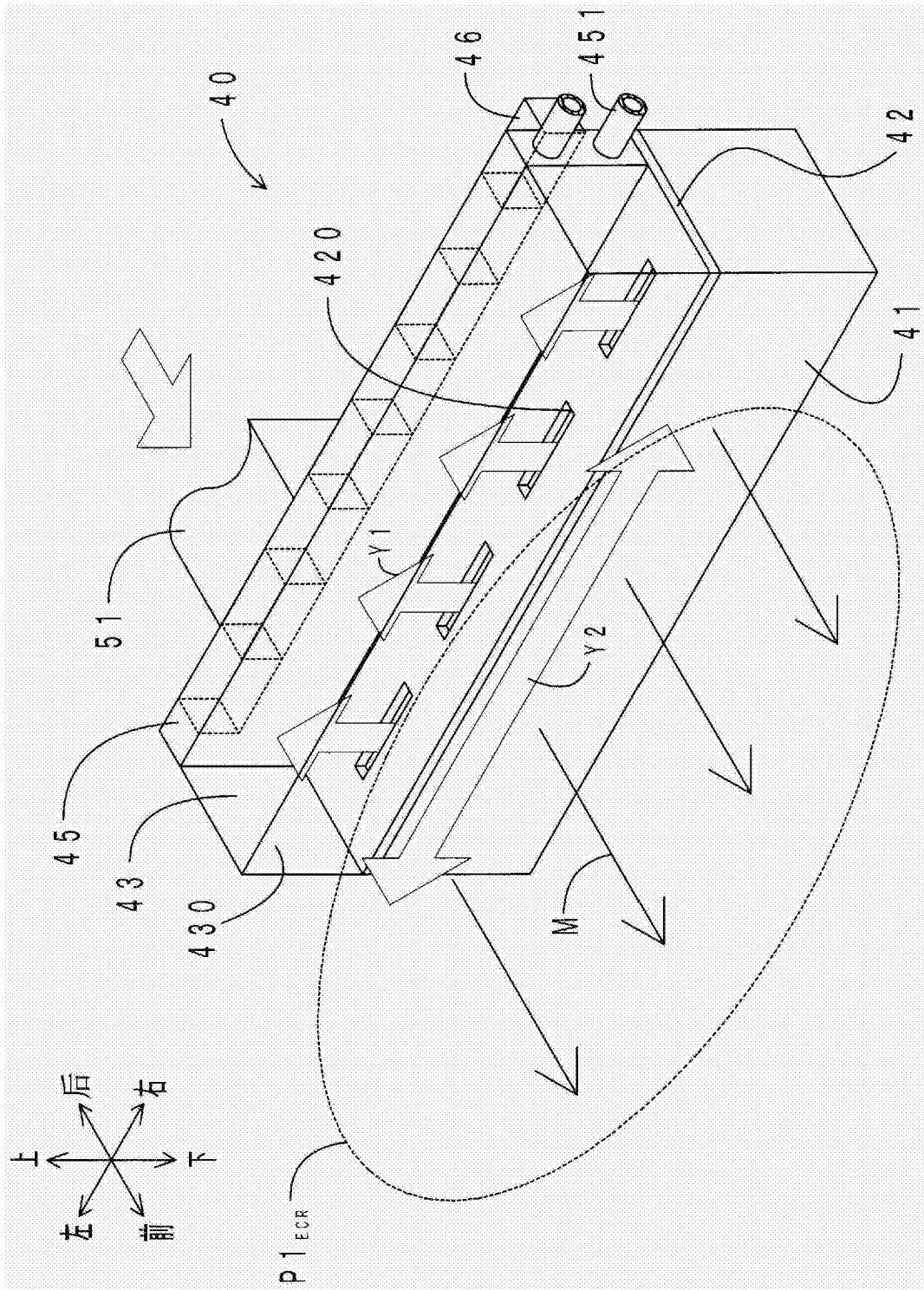


图5

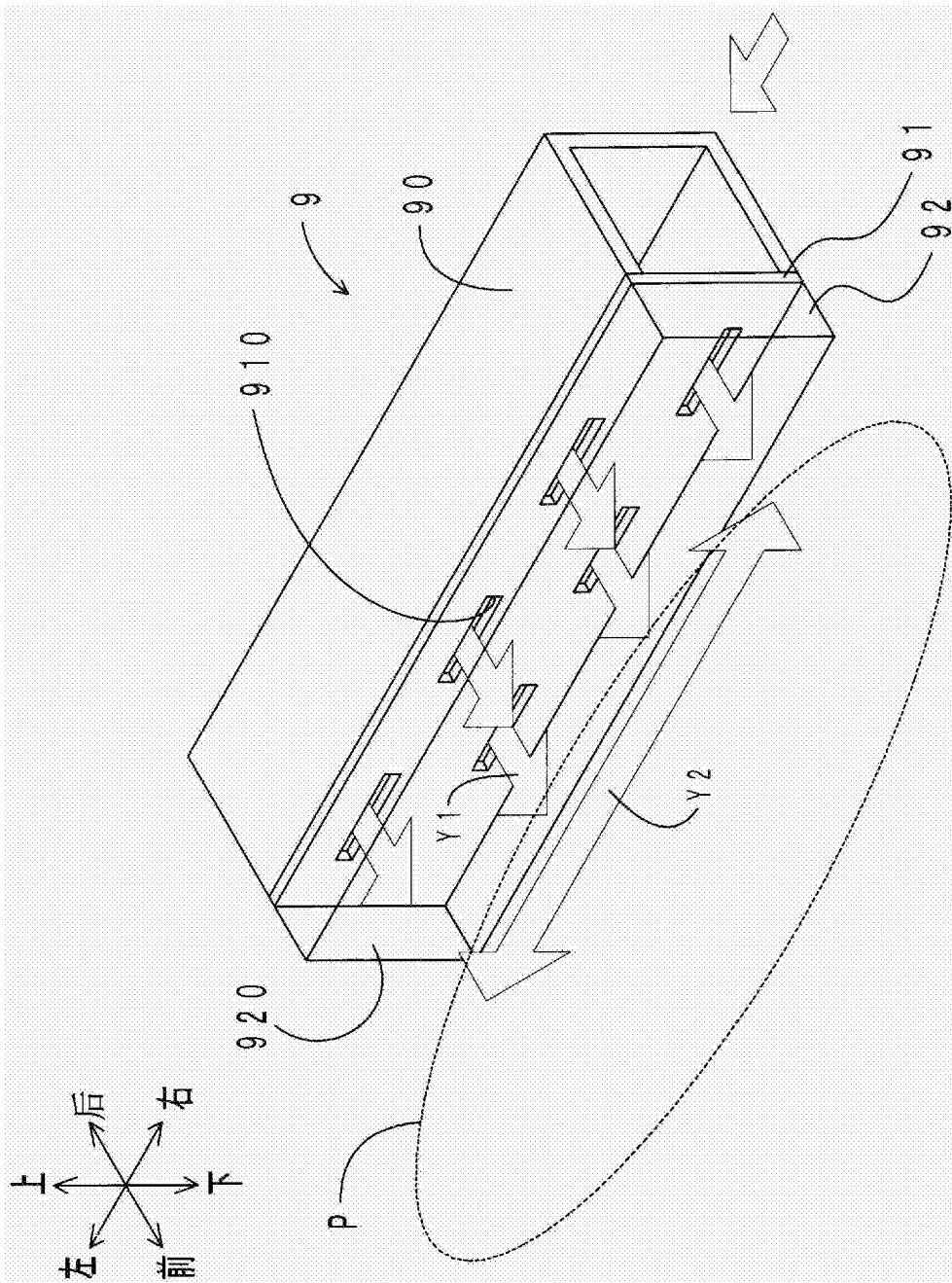


图6