

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/30 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

G03F 7/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410092387.4

[45] 授权公告日 2008年10月1日

[11] 授权公告号 CN 100423200C

[22] 申请日 2004.11.10

[21] 申请号 200410092387.4

[30] 优先权

[32] 2003.11.13 [33] JP [31] 2003-383784

[32] 2004.5.17 [33] JP [31] 2004-146217

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 远藤政孝 笹子胜

[56] 参考文献

JP6-124873A 1994.5.6

US5610683A 1997.3.11

CN1241806A 2000.1.19

WO99/49504A 1999.9.30

CN1408479A 2003.4.9

审查员 李晓明

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王霞

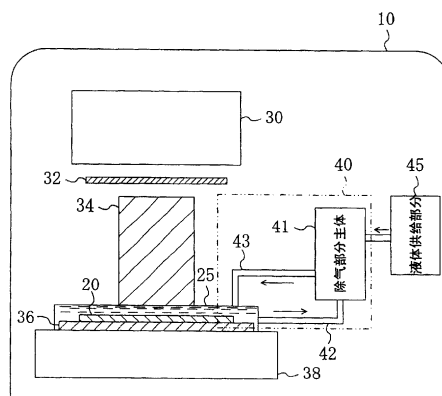
权利要求书4页 说明书18页 附图13页

[54] 发明名称

半导体制造装置和图案形成方法

[57] 摘要

一种半导体制造装置包括：液体供给部分，用于将液体供至所述平台上，所述平台用于保持芯片，抗蚀膜形成在芯片上；曝光部分，所述曝光部分利用设置在所述抗蚀膜上的所述液体、利用通过掩模的曝光用光来照射所述抗蚀膜；以及去除部分，用于从液体中去除包括在所述液体中的气体。这样，已经将气体去除的液体被设置在抗蚀膜上，因此包括在液体中的泡沫或者在曝光期间形成的泡沫能被去除。由此，诸如衍射异常等曝光异常能被防止，从而形成形状良好的抗蚀图案。



1. 一种半导体制造装置，包括：  
平台，所述平台具有其上形成抗蚀膜的衬底；  
液体供给部分，用于将液体供至所述平台上；  
曝光部分，所述曝光部分利用设置在所述抗蚀膜上的所述液体、利用通过掩模的曝光用光来照射所述抗蚀膜；以及  
去除单元，用于去除包括在所述液体中的气体。
2. 根据权利要求 1 所述的半导体制造装置，其中，所述去除单元除去供给到所述抗蚀膜上的所述液体中的气体，并且设置在所述液体供给部分与所述曝光部分之间或者设置在所述液体供给部分中。
3. 根据权利要求 1 所述的半导体制造装置，其中，所述液体供给部分包括喷射所述液体的单元。
4. 一种半导体制造装置，包括：  
平台，所述平台具有其上形成抗蚀膜的衬底；  
液体供给部分，用于将液体供至所述平台上；  
曝光部分，所述曝光部分利用设置在所述抗蚀膜上的所述液体、利用通过掩模的曝光用光来照射所述抗蚀膜；以及  
除气部分，用于去除包括在所述液体中的气体，  
其中，所述除气部分包括：  
用于从已经由所述液体供给部分供给的所述液体中去除气体的去除部分；  
用于将已经被去除了所述气体的所述液体供至所述抗蚀膜上的供给路径；以及  
用于将已经供至所述抗蚀膜上的所述液体提供到去除部分的收集路径。
5. 根据权利要求 4 所述的半导体制造装置，其中，通过所述收集路径收集到所述去除部分的所述液体在所述去除部分中被除气，并通过所述供给路径供至所述抗蚀膜上。

6. 根据权利要求 4 所述的半导体制造装置, 其中, 所述液体包括水或者过氟聚醚。

7. 根据权利要求 4 所述的半导体制造装置, 其中, 所述曝光用光是 KrF 准分子激光、ArF 准分子激光、F<sub>2</sub> 激光、Kr<sub>2</sub> 激光、ArKr 激光、Ar<sub>2</sub> 激光或者 Xe<sub>2</sub> 激光。

8. 一种半导体制造装置, 包括:

曝光部分, 所述曝光部分利用设置在所述抗蚀膜上的液体、利用通过掩模的曝光用光照射抗蚀膜;

供给部分, 所述供给部分将所述液体供至所述抗蚀膜与所述曝光部分之间;

收集部分, 用于收集已经被供至所述抗蚀膜上的所述液体; 以及

控制部分, 用于控制所述供给部分的液体供给操作、所述液体收集部分的液体收集操作以及具有所述衬底的平台的操作;

所述控制部分以这样的方式控制液体供给操作和液体收集操作、并且调节所述平台的操作: 将通过液体供给操作和液体收集操作在所述抗蚀膜上引起的所述液体的流速相对于所述平台的移动速度的差设定在 $\pm 10\%$ 以内, 且使所述液体的流动方向和所述平台的移动方向一致。

9. 根据权利要求 8 所述的半导体制造装置, 其中, 所述收集部分和所述供给部分相互连接, 并且已经通过所述收集部分收集的所述液体流入所述供给部分中。

10. 一种半导体制造装置, 包括:

平台, 所述平台具有其上形成抗蚀膜的衬底;

供给部分, 所述供给部分将液体供至所述平台上; 以及

曝光部分, 所述曝光部分利用设置在所述抗蚀膜上的所述液体、利用通过掩模的曝光用光照射所述抗蚀膜;

其中, 所述供给部分包括储存所述液体的室以及用于将所述液体供入所述室的喷雾嘴。

11. 根据权利要求 10 所述的半导体制造装置, 其中所述曝光部分和所述供给部分设置在一个室中。

12. 根据权利要求 10 所述的半导体制造装置, 其中所述曝光部分设

置在室中，而且所述供给部分设置在所述室的外部。

13. 根据权利要求 10 所述的半导体制造装置，其中所述液体包括水或者过氟聚醚。

14. 根据权利要求 10 所述的半导体制造装置，其中所述液体包括防沫剂。

15. 一种图案形成方法，包括步骤：

在衬底上形成抗蚀膜；

利用设置在所述抗蚀膜上的液体、通过曝光用光有选择地照射所述抗蚀膜；并且

在图案曝光之后，通过对所述抗蚀膜进行显影来形成抗蚀图案，

其中，实施图案曝光的所述步骤包括去除设置在所述抗蚀膜上的所述液体中所包含的气体的子步骤。

16. 根据权利要求 15 所述的图案形成方法，其中所述液体包括水或者过氟聚醚。

17. 根据权利要求 15 所述的图案形成方法，其中所述液体包括防沫剂。

18. 根据权利要求 15 所述的图案形成方法，其中所述曝光用光是 KrF 准分子激光、ArF 准分子激光、F<sub>2</sub> 激光、Kr<sub>2</sub> 激光、ArKr 激光、Ar<sub>2</sub> 激光或者 Xe<sub>2</sub> 激光。

19. 一种图案形成方法，包括步骤：

在衬底上形成抗蚀膜；

利用设置在所述抗蚀膜上的液体、利用曝光用光有选择地照射所述抗蚀膜；以及

在图案曝光之后，通过显影所述抗蚀膜来形成抗蚀图案，

其中，所述实施图案曝光的步骤包括以这样的方式将所述液体供至所述抗蚀膜上、并且从上述抗蚀膜上收集所述液体的子步骤：将在所述抗蚀膜上的所述液体的流速相对于所述平台的移动速率的差设定在±10%以内，且使所述液体的流动方向和所述平台的移动方向一致。

20. 根据权利要求 19 所述的图案形成方法，进一步包括如下步骤：从已经从所述抗蚀膜上收集的所述液体中去除气体，并且将所述气体已经

被去除的所述液体供给到所述抗蚀膜上。

21. 根据权利要求 19 所述的图案形成方法, 其中所述曝光用光是 KrF 准分子激光、ArF 准分子激光、F<sub>2</sub> 激光、Kr<sub>2</sub> 激光、ArKr 激光、Ar<sub>2</sub> 激光或者 Xe<sub>2</sub> 激光。

22. 一种图案形成方法, 包括步骤:

在衬底上形成抗蚀膜;

喷射液体以便被储存在储存室中;

利用设置在所述抗蚀膜上的所述被储存液体、利用曝光用光有选择地照射所述抗蚀膜; 以及

在照射之后, 通过显影所述抗蚀膜来形成抗蚀图案。

23. 根据权利要求 22 所述的图案形成方法, 其中在喷射液体的步骤中, 通过将所述液体喷射到另一在先被储存在所述室中的液体上来储存所述液体。

24. 根据权利要求 22 所述的图案形成方法, 其中并行地实施喷射液体的步骤和照射的步骤。

25. 根据权利要求 22 所述的图案形成方法, 其中所述曝光用光是 KrF 准分子激光、ArF 准分子激光、F<sub>2</sub> 激光、Kr<sub>2</sub> 激光、ArKr 激光、Ar<sub>2</sub> 激光或者 Xe<sub>2</sub> 激光。

## 半导体制造装置和图案形成方法

### 技术领域

本发明涉及通过使用浸入光刻技术制造半导体集成电路的半导体制造装置，以及使用所述半导体制造装置的图案形成方法。

### 背景技术

由于半导体集成电路的集成程度的增加以及半导体器件的尺寸的减小，对光刻技术的进一步快速显影的需求日益增加。目前，通过利用水银灯、KrF 准分子激光器、ArF 准分子激光器或类似仪器的曝光用光的光刻技术来形成图案，并且对于发射较短波长激光的 F<sub>2</sub> 激光器的使用正在检验中。然而，由于在曝光系统和抗蚀材料方面仍然存在大量的问题，因此使用波长较短的曝光用光的光刻技术不能投入实际的应用中。

在这些情况下，浸入光刻技术近来已经被提出，用于通过使用传统的曝光用光来实现图案的进一步的精细化（例如，参见 M. Switkes 和 M. Rothschild 的“Immersion lithography at 157nm（157 纳米下的侵入光刻技术）”，J. Vac. Sci. Technol., Vol B19, p.2353（2001））。

在浸入光刻技术中，用具有折射率  $n$  的液体填充曝光系统的、在投影透镜与形成在芯片上的抗蚀膜之间的区域，因此曝光系统的 NA（数值孔径）具有值  $n \cdot NA$ 。结果，能提高抗蚀膜的分辨率。

现在，将参考图 13A 至 13D 描述使用浸入光刻的传统的图案形成方法。

首先，准备具有以下成分的正性化学增强抗蚀材料：

基础聚合物：聚（（降冰片烯-5-亚甲基-叔丁基羧酸酯）（50mol%）-（马来酸酐）（50mol%））... 2g

酸发生剂：三氟甲磺酸三苯基硫（triphenylsulfonium triflate）... 0.06g

淬灭剂：三乙醇胺 ... 0.002g

溶剂：丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着，如图 13A 所示，将上述化学增强抗蚀材料涂在衬底 1 上，以形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 2。

然后，如图 13B 所示，在液体（水）3 设置在抗蚀膜 2 上的情况下，利用 ArF 准分子激光器的曝光用光 4 通过掩模 5 对抗蚀膜 2 进行辐照、从而实施图案曝光。

在图案曝光之后，如图 13C 所示，利用加热板以  $100^\circ\text{C}$  的温度对抗蚀膜 2 烘焙 60 秒，并且利用 2.38% 重量百分比的氢氧化四甲铵显影剂对所得的抗蚀膜进行显影。这样，如图 13D 所示，形成抗蚀图 2a，所述抗蚀图 2a 由抗蚀膜 2 的未曝光部分形成并且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。然而，如图 13D 所示，由传统的图案形成方法所形成的抗蚀图在形状方面有缺陷。

## 发明内容

本发明人已经研究了通过传统的浸入光刻形成的抗蚀图在形状方面存在缺陷的原因，所得发现如下：当设置在曝光系统中用于保持芯片的可移动平台移动时，细小的泡沫形成在液体 3 中，这些泡沫导致投影透镜的象差和衍射等异常。特别地是，当可移动平台带着位于芯片表面上的液体移动时，空气通过抗蚀膜与液体之间的边界以泡沫的形式被吞入液体中。

由此，当通过包括这种细小泡沫的液体实施图案曝光时，所得抗蚀图案在形状方面存在缺陷。例如，如图 13D 所示，由使用浸入光刻的传统的图案形成方法所形成的抗蚀图案 2a 在形状方面存在缺陷。当具有这种缺陷形状的抗蚀图案被用于蚀刻目标膜时，目标膜的所得图案在形状方面也存在缺陷，这在半导体器件的制造过程中会降低生产率和产量。

在考虑上述传统问题的基础上，本发明的目的是通过使用浸入光刻技术形成形状良好的抗蚀图案。

为了实现所述目标，根据本发明，在使用浸入光刻技术的半导体制造装置和使用所述装置的图案形成方法中，曝光时设置在抗蚀膜上的液体中所包含的气体被去除。

具体地是，利用除气机构或用于喷射浸入液体的机构去除气体。  
(关于使用除气机构的方面)

本发明的使用除气机构的第一半导体制造装置包括：平台，所述平台用于放置其上形成抗蚀膜的衬底；液体供给部分，用于将液体供至所述平台上；曝光部分，所述曝光部分利用设置在抗蚀膜上的液体、利用通过掩模的曝光用光来照射抗蚀膜；以及除气部分，用于去除包括在液体中的气体，所述除气部分包括用于从已经由液体供给部分供给的液体中去除气体的去除部分、用于将已经被去除了气体的液体供至抗蚀膜上的供给路径；以及用于将已经供至抗蚀膜上的液体回收至回收部分的回收路径。

在第一半导体制造装置中，已经通过除气部分将气体去除的液体设置在抗蚀膜上，因此，在曝光中所使用的液体不包含泡沫。结果，可以形成形状良好的精细图案。

本发明的使用除气机构的第二半导体制造装置包括：液体供给部分，用于供给液体以将液体设置在用于放置衬底的平台，其中所述衬底上形成有抗蚀膜；曝光部分，所述曝光部分利用设置在抗蚀膜上的液体、利用通过掩模的曝光用光照射抗蚀膜；以及除气部分，用于从液体中去除包含在液体中的气体，所述除气部分去除通过液体供给单元设置在所述平台上的液体中的气体。

在第二半导体制造装置中，设置在所述平台上的液体通过除气部分被除去气体，由此将已经被除去气体的液体设置在抗蚀膜上。因此，曝光中所使用的液体不包含泡沫。结果，能形成形状良好的精细图案。

本发明的使用除气机构的第三半导体制造装置包括：曝光部分，所述曝光部分利用通过掩模的曝光用光照射抗蚀膜，所述抗蚀膜形成在置于平台上的衬底上，液体设置在所述抗蚀膜上；液体供给部分，用于将液体供至抗蚀膜与曝光部分之间；液体回收部分，用于回收已经被供至抗蚀膜上的液体；以及控制部分，用于控制液体供给部分的液体供给操作、液体回收部分的液体回收操作以及所述平台的操作。所述控制部分以这样的方式控制液体供给操作和液体收集操作、并且调节所述平台的操作：将通过液体供给操作和液体收集操作在所述抗蚀膜上引起的所述液体的流速相对于所述平台的移动速度的差设定在 $\pm 10\%$ 以内，且使所述液体的流动方向和所述平台的移动方向一致。

在第三半导体制造装置中，控制部分适当地调节所述平台上的液体的



流速和流动方向以及所述平台的移动方向和移动速度。因此，能防止移动所述平台时空气通过衬底的边缘被吞入液体中，所以没有泡沫形成。结果，能形成形状良好的精细图案。

在第一半导体制造装置中，优选通过回收路径回收至回收部分的液体在去除部分中被除气，并通过供给路径供至抗蚀膜。

在第三半导体制造装置中，优选液体回收部分和液体供给部分相互连接，并且优选已经通过液体回收部分回收的液体流入液体供给部分中。这样，可以减小液体的消耗，并且能够稳定地供给液体。

本发明的使用除气机构的第一图案形成方法包括如下步骤：即在衬底上形成抗蚀膜；利用设置在抗蚀膜上的液体、通过曝光用光有选择地照射抗蚀膜，以实施图案曝光；以及在图案曝光之后，通过对抗蚀膜进行显影来形成抗蚀图案，实施图案曝光的所述步骤包括去除设置在抗蚀膜上的液体中所包含的气体的子步骤。

在第一图案形成方法中，设置在抗蚀膜上的液体总是被除去气体，因此在曝光时所用的液体中没有形成泡沫。结果，能形成形状良好的精细图案。

本发明的使用除气机构的第二图案形成方法包括步骤：在衬底上形成抗蚀膜；在将其上形成有抗蚀膜的衬底放置在平台上之后，利用设置在抗蚀膜上的液体、利用曝光用光有选择地照射抗蚀膜来实施图案曝光；以及在图案曝光之后，通过显影抗蚀膜来形成抗蚀图案，所述实施图案曝光的步骤包括以这样的方式将液体供至抗蚀膜上、并且从上述抗蚀膜上回收液体的子步骤：将通过液体供给操作和液体收集操作在所述抗蚀膜上引起的所述液体的流速相对于所述平台的移动速度的差设定在 $\pm 10\%$ 以内，且使所述液体的流动方向和所述平台的移动方向一致。

在第二图案形成方法中，在实施图案曝光的步骤中，能够防止在平台移动过程中，空气通过衬底的边缘被吞入设置在平台上的液体中，从而不会形成泡沫。结果，可以形成形状良好的精细图案。

优选地是，第一或第二图案形成方法还包括，在实施图案曝光步骤之后的回收液体以反复使用的步骤。

（使用用于通过喷射来供给浸入液体的机构的方面）

本发明人已经发现，通过喷射待储存液体能够显著地减少形成在浸入

液体中的泡沫，并且将浸入液体喷射到泡沫上能减小泡沫的直径、增加流速，从而增大泡沫破碎力。

具体而言，当喷射液体时，每个液滴的直径非常小，与液体被允许流入容器的一般情况相比，液滴的流速非常高。由此，例如，当液体通过喷射被供给到在先储存在容器中的液体上时，被喷射的液体碰撞在先储存的液体的液体面的力大于液体被允许流入容器中的情况下所获得的力。在这一点上，由于被喷射液滴具有非常小的直径，因此因为液体表面的排斥力小，被喷射的液体快速地透入被储存液体的液体表面。换言之，当液体被喷射时，最低程度地形成泡沫，并且在喷射的液体碰撞在先形成的泡沫的情况下，泡沫容易消失。

基于上述的发现提出本发明的以下各方面。在浸入液体被临时储存的情况下，浸入液体被喷射以便被储存，从而使将被设置在抗蚀膜与投影透镜之间的液体里形成的泡沫消失。这些方面具体实施如下：

本发明的第四半导体制造装置包括：平台，所述平台用于放置其上形成抗蚀膜的衬底；液体供给部分，用于将液体供至所述平台上；曝光部分，所述曝光部分利用设置在抗蚀膜上的液体、利用通过掩模的曝光用光来照射抗蚀膜，所述液体供给部分包括用于储存液体的储存部分和用于将液体喷入储存部分中的喷雾嘴。

在第四半导体制造装置中，能够使将被设置在曝光部分与抗蚀膜之间的浸入液体里所形成的泡沫消失。由此，能够防止投影透镜的象差异常，从而形成形状良好的抗蚀图案。

在第四半导体制造装置中，优选地是，液体供给部分包括用于允许另一液体流入储存部分中的喷嘴。这样，当另一液体被允许通过喷嘴流入容器以便被储存，并且液体通过喷雾嘴被喷射到被储存液体上时，被喷射液体与储存的液体混合，同时使形成在储存液体中的泡沫消失。并且，由于被喷射液体能被一点一点地加至储存液体中，因此能容易地调整混合液体的组成。然而，被喷射液体和被储存液体不需要具有不同的组成，但也可以具有相同的组成。

在这种情况下，用于允许另一液体流动的喷嘴优选是喷雾嘴。

在第四半导体制造装置中，曝光部分和液体供给部分优选设置在一个

室内。

可选地是，在第四半导体制造装置中，优选地是，曝光部分被设置在室内，而液体供给部分被设置在室外。这样，能防止储存在储存部分中的液体污染室的内部。

本发明的第三图案形成方法包括步骤：在衬底上形成抗蚀膜；喷射待储存的液体；利用设置在抗蚀膜上的被储存液体、利用曝光用光有选择地照射抗蚀膜来实施图案曝光；以及在图案曝光之后，通过显影抗蚀膜来形成抗蚀图案。

在第三图案形成方法中，液体被喷射以便被储存，并且被储存的液体被设置在抗蚀膜上，因此形成在液体中的泡沫能够消失。由此，投影透镜的象差异常能够被防止，从而形成形状良好的抗蚀图案。

在第三图案形成方法中，在喷射液体的步骤中，通过将液体喷射到另一在先被储存的液体上来储存液体。这样，由于被喷射的液体被加至在先被储存的液体，因此喷射的液体与储存的液体混合，同时形成在储存液体中的泡沫消失。并且，由于喷射的液体能一点一点地被加至储存液体，因此能容易地调整混合液体的组成。然而，被喷射的液体和被储存的液体无需具有不同的组成，但是也可以具有相同的组成。

在第三图案形成方法中，优选并行地实施喷射液体的步骤和实施图案曝光的步骤。

在本发明的任一半导体制造装置和图案形成方法中，当曝光用光是诸如 g 线或 i 线之类的紫外线，或者是诸如 KrF 准分子激光或 ArF 准分子激光之类的远紫外线时，优选液体是水。

可选地是，在本发明的任一半导体制造装置和图案形成方法中，当曝光用光是真空紫外线，诸如 F<sub>2</sub> 激光时，优选液体是过氟聚醚 (perfluoropolyether)。

在本发明的任一半导体制造装置和图案形成方法中，浸入液体优选包括防沫剂。这样，形成在液体中的泡沫能通过防沫剂被大量地去除，并且因此，曝光时由于泡沫的影响而产生的图案损坏能极大地被减少。

作为防沫剂，可以使用破泡剂、抑泡剂或者消泡剂。破泡剂被吸到泡沫上并通过表面张力的作用浸入泡沫的表面膜。其后，破泡剂通过表面张

力膨胀遍及泡沫的表面膜，这样减小了表面膜的厚度，从而最终能使表面膜破损。抑泡剂与液体中的起泡物质一起被吸到泡沫的表面膜上。当抑泡剂被吸收时，泡沫的表面膜的表面张力降低，从而减小了表面膜的厚度。因此，泡沫变得不稳定，并且当它到达液体表面时破碎。消泡剂被吸收到液体中的泡沫的表面膜上。当这种泡沫在液体中彼此吸收时，泡沫在被吸收接口上破损，因此泡沫能结合形成大的泡沫。大的泡沫具有大的上升力，并且因此高速上升至液体表面。

至此所述，在根据本发明的、半导体制造装置和使用所述装置的图案形成方法中，没有泡沫形成在设置在抗蚀膜上的液体中，并且因此，能防止投影透镜的象差异常和曝光异常，诸如聚焦失败等。结果，能形成形状良好的图案。

#### 附图简述

图 1 是根据本发明实施例 1 的、用于利用浸入光刻技术实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 2A、2B、2C 和 2D 是在使用本发明实施例 1 的半导体制造装置的图案形成方法中的各步骤的剖视图；

图 3 是根据实施例 1 的变更实施方式的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 4 是根据本发明实施例 2 的、用于利用浸入光刻技术实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 5A、5B、5C 和 5D 是在使用实施例 2 的半导体制造装置的图案形成方法中的各步骤的剖视图；

图 6 是根据本发明实施例 3 的、用于利用浸入光刻实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 7 是根据实施例 3 的变更实施方式 1 的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 8 是根据实施例 3 的变更实施方式 2 的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图；

图 9 是根据实施例 3 的变更实施方式 3 的半导体制造装置的主要部分

的示意剖视图；

图 10A、10B、10C 和 10D 是在根据本发明实施例 4 的图案形成方法中的各步骤的剖视图；

图 11A、11B、11C 和 11D 是在根据本发明实施例 5 的图案形成方法中的各步骤的剖视图；

图 12A、12B、12C 和 12D 是在根据本发明实施例 6 的图案形成方法中的各步骤的剖视图；以及

图 13A、13B、13C 和 13D 是在传统图案形成方法中的各步骤的剖视图。

### 具体实施方式

图 1 是根据本发明实施例 1 的、用于利用浸入光刻技术实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的示意剖视图。

如图 1 所示，实施例 1 的半导体制造装置包括：光学系统 30，所述光学系统 30 设置在室 10 中，并且作为光源用于使设计图案曝光至涂在芯片 20 主表面上的抗蚀膜（未示出）上；除气部分 40，所述除气部分 40 用于去除设置在芯片 20 的抗蚀膜上的液体 25 中的气体，所述液体 25 在曝光过程中用于增加曝光用光的数值孔径的值；以及液体供给部分 45，用于将液体供至除气部分 40。

在光学系统 30 的下面，设置有曝光部分（投影透镜）34 和用于保持芯片 20 的可移动平台 36，其中所述曝光部分 34 用于通过液体 25、将由光学系统 30 发出的、且通过具有将要被转移到抗蚀膜上的设计图案的掩模（标线）32 而进入的曝光用光投射到抗蚀膜上。在曝光时，曝光部分 34 被保持与设置在芯片 20 的抗蚀膜上的液体 25 的表面接触，从而覆盖可移动平台 36（或芯片 20）。并且，可移动平台 36 被保持在表面板 38 上，可相对曝光部分 34 移动。

除气部分 40 包括用于对液体 25 进行除气的除气部分主体 41；用于将已经设置在可移动平台 36 上的液体 25 回收至除气部分主体 41 的回收路径 42；以及用于将已经被除气的液体 25 供给到可移动平台 36 上的供给路径 43。

已经被回收且已经通过除气部分主体 41 被除去气体的液体 25 被再次供给到可移动平台 36 上, 以便在下次曝光中使用。这里, 除气部分主体 41 可以不覆盖已经被供给到可移动平台 36 上的全部液体 25, 而是可以将回收的一部分液体 25 与从液体供给部分 45 新供给的新鲜液体 25 进行混合, 在除气部分主体 41 中除去混合液体 25 中的气体, 并且将除去气体的液体 25 再次供给到平台 36 上。

除气部分主体 41 可以使用以下方法中的任一种: 即, 氮溶解方法; 气-液分离膜方法, 该方法使用无定形含氟聚合物或类似物质的膜, 其中滤网尺寸例如为大约  $0.1\ \mu\text{m}$ ; 热除气方法; 真空除气方法; 氮气起泡方法; 膜除气方法; 还原剂添加方法; 使用催化树脂的还原方法; 以及其它已知的技术。

现在, 将参考图 2A 至 2D 描述使用图 1 所示半导体制造装置的图案形成方法。

首先, 准备具有以下成分的正性化学增强抗蚀材料:

基础聚合物: 聚((降冰片烯-5-亚甲基-叔丁基羧酸酯)(50mol%) - (马来酸酐)(50mol%)) ... 2g

酸发生剂: 三氟甲磺酸三苯基铯(triphenylsulfonium triflate) ... 0.06g

淬灭剂: 三乙醇胺 ... 0.002g

溶剂: 丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着, 如图 2A 所示, 上述化学增强抗蚀材料被涂到衬底 20 上, 从而形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 21。

然后, 如图 2B 所示, 水液体 25 设置在抗蚀膜 21 与投影透镜 34 之间, 利用数值孔径为 0.65NA 的 ArF 准分子激光器的曝光用光、通过掩模(未示出)照射抗蚀膜 21, 由此来实施图案曝光。在这一点, 如图 1 所示, 曝光期间当液体 25 被供给到抗蚀膜 21 上时, 液体 25 通过除气部分 40 的回收路径 42 在除气部分主体 41 中被除气, 并且通过供给路径 43 将所得的除气液体 25 恢复到可移动平台 36 上。

在图案曝光之后, 如图 2C 所示, 用加热板在 100 摄氏度的温度下对抗蚀膜 21 进行烘焙 60 秒, 并且利用 2.38% 重量百分比的氢氧化四甲铵显影剂对所得的抗蚀膜进行显影。这样, 如图 2D 所示, 形成抗蚀图 21a,

所述抗蚀图 21a 由抗蚀膜 21 的未曝光部分形成并且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。

这样, 根据实施例 1 的图案形成方法, 设置在抗蚀膜 21 上的液体 25 在图案曝光期间被除去气体。因此, 即使由于可移动平台 36 的移动使得液体 25 中形成了泡沫, 也能去除所形成的泡沫。结果, 当曝光用光通过液体 25 时, 能够防止曝光用光 35 的象差和衍射异常, 否则泡沫会引起象差和衍射异常。由此, 能够防止诸如聚焦失败等曝光异常, 从而由抗蚀膜 21 形成的抗蚀图案 21a 能以良好的形状被形成。

本发明通过利用激光扫描对液体 25 进行的测量已经证实, 如果 100ml 的液体 25 中包括大约 30 个或更少的直径大约为  $0.1\ \mu\text{m}$  或更大的泡沫, 则不会影响光的衍射。由此, 在图 2B 所示的曝光中, 液体 25 能够总是被除去气体或者适当地被除去气体, 从而满足该条件。

### 实施例 1 的变更实施方式

现在, 参考附图描述实施例 1 的变更实施方式。

图 3 示意性地示出了用于利用根据实施例 1 所述的浸入光刻技术实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的剖视结构。在图 3 中, 相同的附图标记用于表示与图 1 中所示的相同组件, 从而省略对它们的描述。

如图 3 所示, 在该变更实施方式的半导体制造装置中, 设置在芯片 20 上的液体 25 直接从液体供给部分 45 被供给, 在曝光期间已经设置在芯片 20 上的液体 25 通过除气部分 40 而被除去气体。从液体供给部分 45 供给的液体 25 可以在先被除去气体、或者也可以不是在先被除去气体。并且, 不需要总是实施除去气体过程, 可以例如在泡沫形成在液体 25 中时, 适当地实施除气过程。

可选择地是, 在曝光期间已经被使用的液体 25 可以被回收至除气部分 40 并在其中被除去气体, 从而被除气的液体 25 可以在这之后再次被供给到芯片 20 上。

这样, 根据该变更实施方式, 设置在抗蚀膜上的液体 25 在图案曝光过程中总是或者适当地被除去气体 (除去泡沫)。因此, 即使由于可移动平台 36 的移动而使液体 25 中形成泡沫, 也可以去除所形成的泡沫。结果, 能够在曝光用光通过液体 25 时防止曝光用光的象差和衍射异常, 否则泡

沫会引起象差和衍射异常。由此，能防止诸如聚集失败等曝光异常，从而抗蚀膜制成的抗蚀图案能以良好的形状被形成。

## 实施例 2

图 4 示意性地示出了根据本发明实施例 2 的、用于通过利用浸入光刻技术来实现图案形成方法的半导体制造装置的主要部分的剖视结构。在图 4 中，相同的附图标记用于表示图 1 中所示的相同组件，从而省略对它们的描述。

如图 4 所示，在实施例 2 的半导体制造装置中，用于增加曝光用光的数值孔径值的液体局部地设置在芯片 20 的主表面上，即，设置成液滴的形式，代替其中芯片 20 被浸入液体中的变更实施方法以及实施例 1 的汇聚成池的方法（pooling method）。

在该实施例的滴落方法（dropping method）中，允许液滴形式的液体 25 在可移动平台 36 移动时以某一流速流动，用于防止空气被吞入液体 25 中。具体而言，可移动台 36 相对于表面板 38 的移动速度  $V1$  被设置成大致等于相对于设置在芯片 20（抗蚀膜）与曝光部分 34 之间的液体 25 的表面板 38 的流速  $V2$ 。这样，芯片 20 与液体 25 之间的相对速度大致为零，因此能防止空气通过芯片 20 的边缘被吞入液体 25 中。

具体而言，半导体制造装置包括：液体供给部分 50，用于通过供给喷嘴 51 将在先已经被除去气体的液体 25 供给到芯片 20 上；液体回收单元 53，用于通过回收喷嘴 52 将已经被设置在芯片 20 上的液体回收；以及控制部分 54，用于控制液体供给部分 50、液体回收单元 53 以及可移动平台 36 的操作。

控制部分 54 控制液体供给部分 50 和液体回收单元 53，从而使芯片 20 上的液体 25 的流速  $V2$  和流动方向与可移动平台 36 的移动速度  $V1$  和移动方向同步。例如，通过另外设置的与供给喷嘴 51 和回收喷嘴 52 分离的供给喷嘴和回收喷嘴，当可移动平台 36 的移动方向改变时，控制部分 54 可以选择多个供给喷嘴和多个回收喷嘴中的任一个，从而使液体 25 沿着根据抗蚀膜的被改变的移动方向的方向流动。

这样，由于在实施例 2 中，可移动平台 36 的移动速度  $V1$  和移动方



向大致与设置在芯片 20 上的液体 25 的流速 V2 和流动方向一致，因此能防止空气通过液体 25 与抗蚀膜之间的交界面被吞入液体 25 中。

具体而言，本发明已经证实以下内容：在可移动平台 36 的移动速度 V1 为 100mm/s 至 1000mm/s 的情况下，如果液体流速 V2 与移动速度 V1 之间的差为  $\pm 10\%$  或更少时，包括在 100ml 液体中的直径为  $0.1\ \mu\text{m}$  或更大的泡沫的数量大致为 30 个或更少。

现在，将参考图 5A 至 5D 描述使用图 4 中半导体制造装置的图案形成方法。

首先，准备具有以下成分的正性化学增强抗蚀材料：

基础聚合物：聚（（降冰片烯-5-亚甲基-叔丁基羧酸酯）（50mol%）-（马来酸酐）（50mol%））... 2g

酸发生剂：三氟甲磺酸三苯基铯（triphenylsulfonium triflate）... 0.06g

淬灭剂：三乙醇胺 ... 0.002g

溶剂：丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着，如图 5A 所示，上述化学增强抗蚀材料被涂到衬底 20 上，从而形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 21。

然后，如图 5B 所示，水液体 25 以与可移动平台 36 的移动速度 V1 同步的流速 V2（两速度差为  $\pm 10\%$  或更小）被供给到抗蚀膜 21 与投影透镜 34 之间的部分上并且从该部分处被回收。在这些条件下，利用数值孔径为 0.65NA 的 ArF 准分子激光器的曝光用光 35、通过掩模（未示出）照射抗蚀膜 21，由此来实施图案曝光。在这一点，如图 4 所示，曝光期间当液体 25 被供给到抗蚀膜 21 上时，液体 25 总是或者适当地在除气部分 40 中被除气。

在图案曝光之后，如图 5C 所示，用加热板在 100 摄氏度的温度下对抗蚀膜 21 进行烘焙 60 秒，并且利用 2.38% 重量百分比的氢氧化四甲铵显影剂对所得的抗蚀膜进行显影。这样，如图 5D 所示，形成抗蚀图 21a，所述抗蚀图 21a 由抗蚀膜 21 的未曝光部分形成并且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。

可选地是，已经被液体回收单元 53 回收的液体 25 被传递（循环）至液体供给部分 50，从而再次被供给到芯片 20 上。这样，浸入液体 25 能够反复地被重复利用，从而有效地降低成本和废物。

这样，在实施例 2 的图案形成方法中，在图案曝光过程中，已经在先被除气且设置在抗蚀膜 21 上的液体 25 的流速  $V_2$  被设置成大致与可移动平台的移动速度  $V_1$  同步（速度差例如为  $\pm 10\%$  或更小），因此，即使在可移动平台 36 移动时，泡沫也不会形成在液体 25 中。结果，由于可以防止在曝光用光通过液体 25 时曝光用光 35 发生象差和衍射异常（否则就会由泡沫引起象差和衍射异常），因此能防止诸如聚焦失败等曝光异常，从而由抗蚀膜 21 制成的抗蚀图案 21a 能以良好的形状被形成。

尽管在实施例 1 中水被用作用于增大曝光用光的数值孔径值的液体 25，但是在实施例 1 以及实施例 2 的变更实施方式中，可以使用过氟聚醚代替水。

并且，尽管 ArF 准分子激光被用作曝光用光，然而也可以使用 KrF 准分子激光、 $F_2$  激光、 $Kr_2$  激光、ArKr 激光、 $Ar_2$  激光或  $Xe_2$  激光。

### 实施例 3

图 6 示意性地示出了根据本发明实施例 3 的用于利用浸入光刻实现图案形成方法的曝光系统，即半导体制造装置的主要部分的剖视结构。

如图 6 所示，实施例 3 的曝光系统包括：照明光学系统 130，所述照明光学系统 130 设置在室 110 中，并且用作使设计图案曝光至涂到芯片 120 上的抗蚀膜（未示出）上的光源；以及液体供给部分 140，用于在曝光过程中将用来增大曝光用光的数值孔径值的浸入液体 121A 供给到芯片 120 的抗蚀膜上。

在照明光学系统 130 下面，设置有投影透镜 131、用于保持芯片 120 的可移动平台 132 以及用于保持芯片平台 132 的表面板 133，其中所述投影透镜 131 用于通过液体 121A、将由照明光学系统 130 发出的且通过具有将要被转移到抗蚀膜上的设计图案的掩模（标线）122 而进入的曝光用光投射到抗蚀膜上。在曝光时，投影透镜 131 被保持与设置在芯片 120 的抗蚀膜上的液体 121A 的表面接触。

液体供给部分 140 包括用于临时储存液体 121A 的容器 141、用于将储存的液体 121A 供给到芯片 120 上的供给喷嘴 142、用于将待储存的新鲜液体 121A 喷射到容器 141 里的储存喷雾嘴 143。

在实施例3中,液体供给部分140储存喷射到容器141里的液体121A,其后,储存的液体121A通过供给喷嘴142被供给到芯片120上。

根据实施例3,由于液体供给部分140包括用于将液体121A喷射到容器141中以便被储存的储存喷雾嘴143,因此在容器141中,形成在设置于抗蚀膜与投影透镜131之间的液体121A内的泡沫能够消失。结果,能防止投影透镜131的象差和散焦异常,从而以良好的形状形成由抗蚀膜制成的抗蚀涂案。

### 实施例3的变更实施方式

图7示意性地示出了根据实施例3的变更实施方式1的曝光系统的主要部分的剖视结构。在图7中,相同的附图标记用于表示如图6所示的相同组件,从而省略对它们的描述。

如图7所示,在变更实施方式1的曝光系统中,储存在液体供给部分140中的液体121B通过供给喷嘴142供给到芯片120上,同时,新鲜液体121B被喷射到容器141中以便被储存。并且,这样,在容器141中,形成在设置于抗蚀膜与投影透镜131之间的液体121B中的泡沫能够消失,因此,能防止投影透镜131发生象差和散焦异常。

### 实施例3的变更实施方式2

图8示意性地示出了根据实施例3的变更实施方式2的曝光系统的主要部分的剖视结构。在图8中,相同的附图标记用于表示如图6所示的相同组件,从而省略对它们的描述。

如图8所示,在变更实施方式2的曝光系统中,除了储存喷雾嘴143以外,液体供给部分140还设有储存喷嘴144,用于允许另一液体流入容器141中。

在变更实施方式2中,第一液体首先通过储存喷嘴被储存在容器141中,然后,第二液体通过储存喷雾嘴143被喷射以与第一液体混合。如上所述,当第二液体被喷射到在先储存的第一液体中时,由于被喷射的第二液体的液滴具有非常小的直径,因此第二液体快速地透入第一液体的液体表面,因为液体表面的排斥力小。结果,少量的泡沫形成在被喷射的第二

液体中，并且此外，当被喷射的液体碰撞泡沫时，泡沫容易消失。由此，即使液体 121C 在容器 141 中被混合，会形成在设置于抗蚀膜与投影透镜 131 之间的液体 121C 中的泡沫能够在容器 141 中被消除，因此，能防止投影透镜 131 的象差和散焦异常。

应该指出的是，第一液体和第二液体可以具有相同的组成。并且，用于将第一液体引入到容器 141 中的储存喷嘴 144 可以是能够喷射第一液体的喷雾嘴。

并且，相对于混合第一液体和第二液体的时机，可以在将液体 121C 供给到芯片 120 上之前完成混合，或者这些液体可以被混合，同时将液体 121C 供给到芯片 120 上。

### 实施例 3 的变更实施方式

图 9 示意性地示出了根据实施例 3 的变更实施方式的曝光系统的主要部分的剖视结构。在图 9 中，相同的附图标记用于表示如图 6 所示的相同组件，从而省略对它们的描述。

如图 9 所示，在变更实施方式 3 的曝光系统中，液体供给部分 140 设置在室 110 的外部。这样，在将液体 121A 喷射到容器 141 中以便被储存时，能够防止室 110 的内部被从容器 141 中散射出的液体 121A 污染。结果，能保持曝光环境的高度清洁。

### 实施例 4

现在，将参考图 10A 至 10D 描述作为实施例 4 的、使用根据图 6 所示实施例 3 或图 9 所示变更实施方式 3 的曝光系统的图案形成方法。

首先，准备具有以下成分的正性化学增强抗蚀材料：

基础聚合物：聚（（降冰片烯-5-亚甲基-叔丁基羧酸酯）（50mol%）-（马来酸酐）（50mol%））... 2g

酸发生剂：三氟甲磺酸三苯基铯（triphenylsulfonium triflate）... 0.06g

溶剂：丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着，如图 10A 所示，上述化学增强抗蚀材料被涂到衬底 120 上，从而形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 123。

然后,如图 10B 所示,通过设置在抗蚀膜 123 与投影透镜 131 之间的水液体 121A,利用数值孔径为 0.65 NA 的 ArF 准分子激光器的曝光用光 134、通过掩模照射抗蚀膜 123,由此来实施图案曝光。在这一点,如图 6 或 9 所示,已经被除去泡沫的液体 121A 从临时储存液体 121A 的液体供给部分 140 被供给。

在图案曝光之后,如图 10C 所示,用加热板在 110 摄氏度的温度下对抗蚀膜 123 进行烘焙 60 秒,并且利用 2.38%重量百分比的氢氧化四甲铵溶液(碱性显影剂)对所得的抗蚀膜进行显影。这样,如图 10D 所示,形成抗蚀图案 123a,所述抗蚀图 123a 由抗蚀膜 123 的未曝光部分形成并且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。

根据实施例 4,由于图案曝光期间供给到抗蚀膜 123 上的液体 121A 不包含泡沫,因此能防止投影透镜 131 的象差和散焦异常,因此由抗蚀膜 123 形成的抗蚀图案 123a 能以良好的形状被形成。

#### 实施例 5

现在,将参考图 11A 至 11D 描述作为实施例 5 的、使用根据图 7 所示实施例 3 的变更实施方式 1 的曝光系统的图案形成方法。

首先,准备具有以下成分的正的化学增强抗蚀材料:

基础聚合物:聚((降冰片烯-5-亚甲基-叔丁基羧酸酯)(50mol%) - (马来酸酐)(50mol%)) ... 2g

酸发生剂:三氟甲磺酸三苯基铯(triphenylsulfonium triflate) ... 0.06g

溶剂:丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着,如图 11A 所示,上述化学增强抗蚀材料被涂到衬底 120 上,从而形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 123。

然后,如图 11B 所示,通过设置在抗蚀膜 123 与投影透镜 131 之间的水液体 121B,利用数值孔径为 0.65 NA 的 ArF 准分子激光器的曝光用光 134、通过掩模照射抗蚀膜 123,由此来实施图案曝光。在这一点,如图 7 所示,即使同时被供给到芯片 120 上,液体 121B 也被喷射到液体供给部分 140 的容器 141 中,以便被储存在其中。

在图案曝光之后,如图 11C 所示,用加热板在 110 摄氏度的温度下对

抗蚀膜 123 进行烘焙 60 秒，并且利用 2.38%重量百分比的氢氧化四甲铵溶液（碱性显影剂）对所得的抗蚀膜进行显影。这样，如图 11D 所示，形成抗蚀图案 123a，所述抗蚀图 123a 由抗蚀膜 123 的未曝光部分形成并且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。

根据实施例 5，由于图案曝光期间供给到抗蚀膜 123 上的液体 121B 不包含泡沫，因此能防止投影透镜 131 的象差和散焦异常，因此由抗蚀膜 123 形成的抗蚀图案 123a 能以良好的形状被形成。

### 实施例 6

现在，将参考图 12A 至 12D 描述作为实施例 6 的、使用根据图 8 所示实施例 3 的变更实施方式 3 的曝光系统的图案形成方法。

首先，准备具有以下成分的正性化学增强抗蚀材料：

基础聚合物：聚（（降冰片烯—5—亚甲基—叔丁基羧酸酯）（50mol%）—（马来酸酐）（50mol%））... 2g

酸发生剂：三氟甲磺酸三苯基铯（triphenylsulfonium triflate）... 0.06g

溶剂：丙二醇单甲醚乙酸酯 ... 20g

接着，如图 12A 所示，上述化学增强抗蚀材料被涂到衬底 120 上，从而形成厚度为  $0.35\ \mu\text{m}$  的抗蚀膜 123。

然后，如图 12B 所示，通过设置在抗蚀膜 123 与投影透镜 131 之间的水液体 121C，利用数值孔径为 0.65 NA 的 ArF 准分子激光器的曝光用光 134、通过掩模照射抗蚀膜 123，由此来实施图案曝光。在这一点，如图 8 所示，液体 121C 是已经分别通过储存喷嘴 144 和储存喷雾嘴 143 被引入的液体的混合物，该混合物在液体供给部分 140 的容器 141 中获得，而在这种情况下液体 121C 是水。应给指出的是，即使在被供给到芯片 120 上的同时，液体 121C 也可以接连被喷射，以被储存在液体供给部分 140 的容器 141 中。

在图案曝光之后，如图 12C 所示，用加热板在 110 摄氏度的温度下对抗蚀膜 123 进行烘焙 60 秒，并且利用 2.38%重量百分比的氢氧化四甲铵溶液（碱性显影剂）对所得的抗蚀膜进行显影。这样，如图 12D 所示，形成抗蚀图案 123a，所述抗蚀图 123a 由抗蚀膜 123 的未曝光部分形成并

且具有  $0.09\ \mu\text{m}$  的线宽。

根据实施例 6，由于图案曝光期间供给到抗蚀膜 123 上的液体 121C 不包含泡沫，因此能防止投影透镜 131 的象差和散焦异常，因此由抗蚀膜 123 形成的抗蚀图案 123a 能以良好的形状被形成。

在实施例 4 至 6 中的每个实施例中，液体 121A、121B 或 121C 优选包括防沫剂。这样，可以通过防沫剂极大地去除形成在液体中的泡沫，因此能够进一步减少由于曝光时泡沫的影响而产生的图案损坏。

作为防沫剂，可以使用破泡剂、抑泡剂或者消泡剂。具体而言，可以使用硅油、脂肪酸、磷酸酯、植物油脂、甘油脂肪酸酯、碳酸钙、碳酸镁、卵磷脂或聚醚。这种防沫剂的含量大约为几个 ppm. 至 1%。

尽管 ArF 准分子激光被用作曝光用光 134，然而可以使用 KrF 准分子激光、F<sub>2</sub> 激光、Kr<sub>2</sub> 激光、ArKr 激光、Ar<sub>2</sub> 激光或 Xe<sub>2</sub> 激光。

并且，当曝光用光是诸如 F<sub>2</sub> 激光等真空紫外线时，浸入液体可以是过氟聚醚。

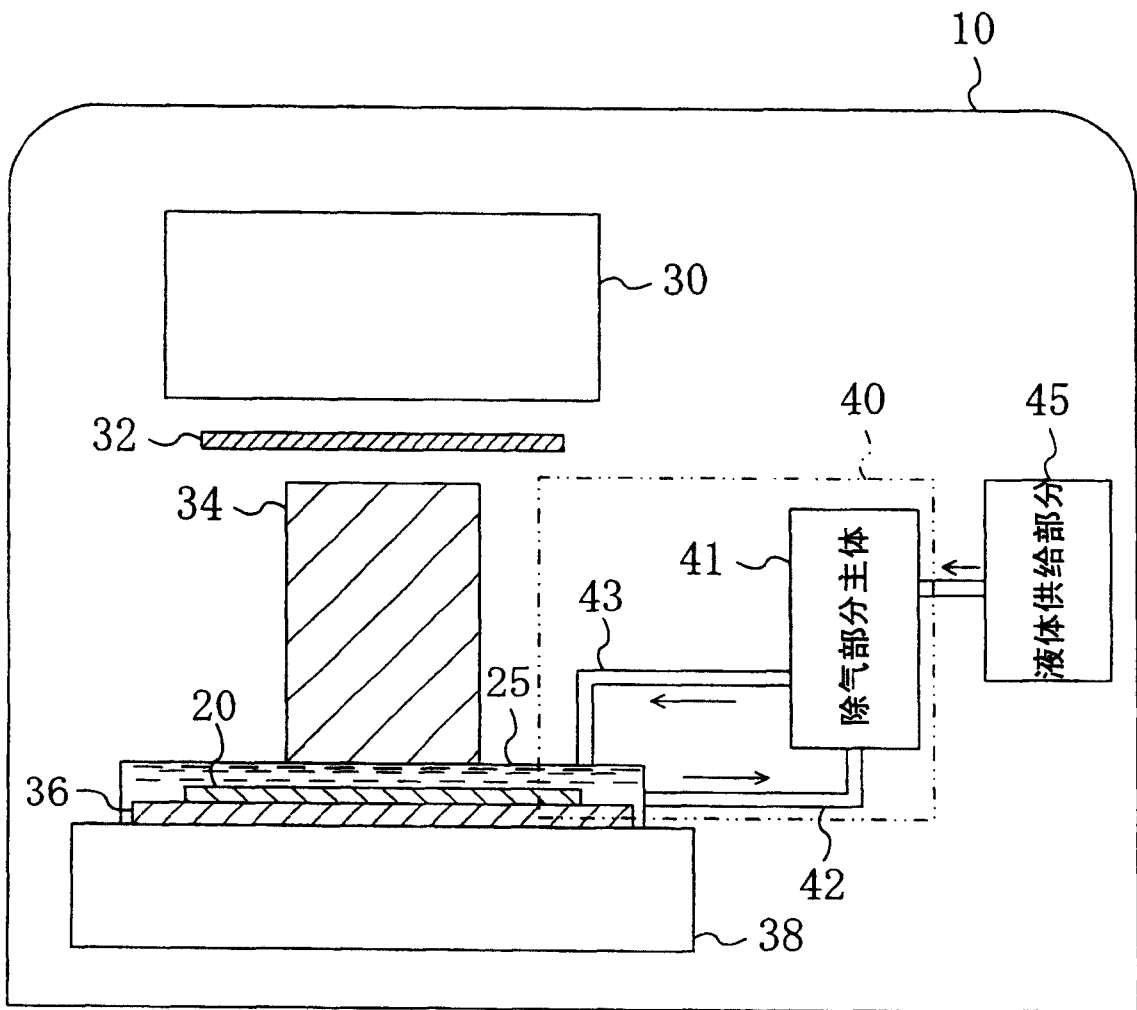


图 1



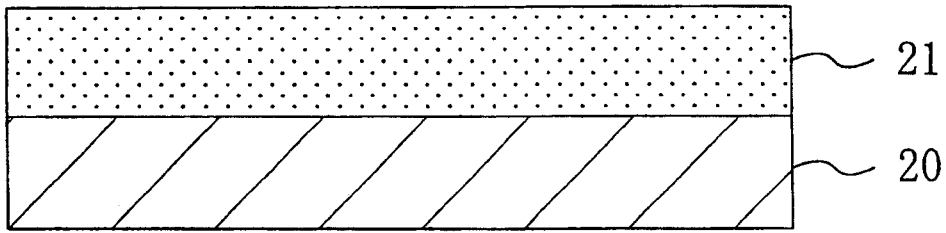


图 2A

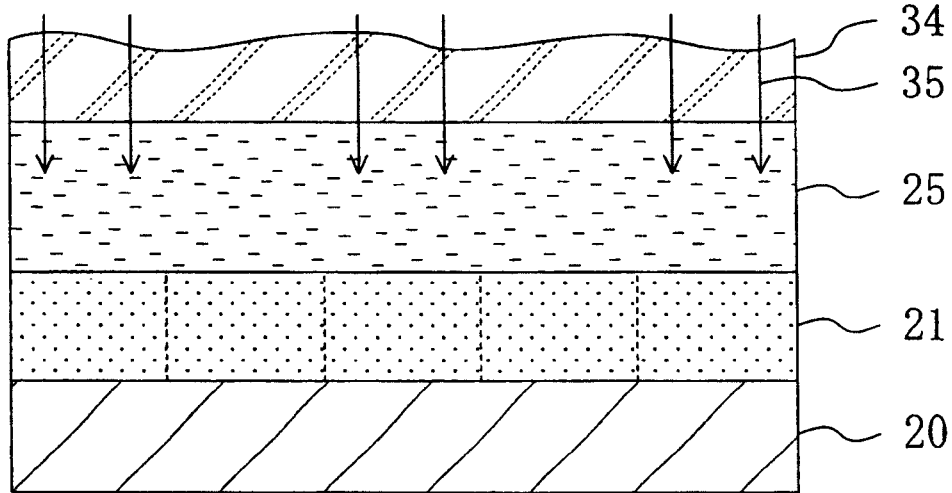


图 2B

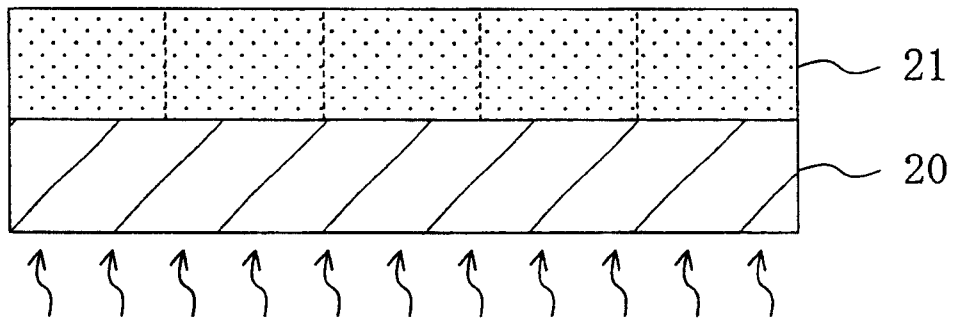


图 2C

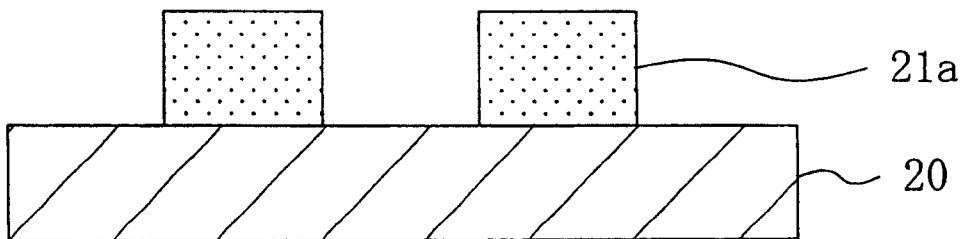


图 2D

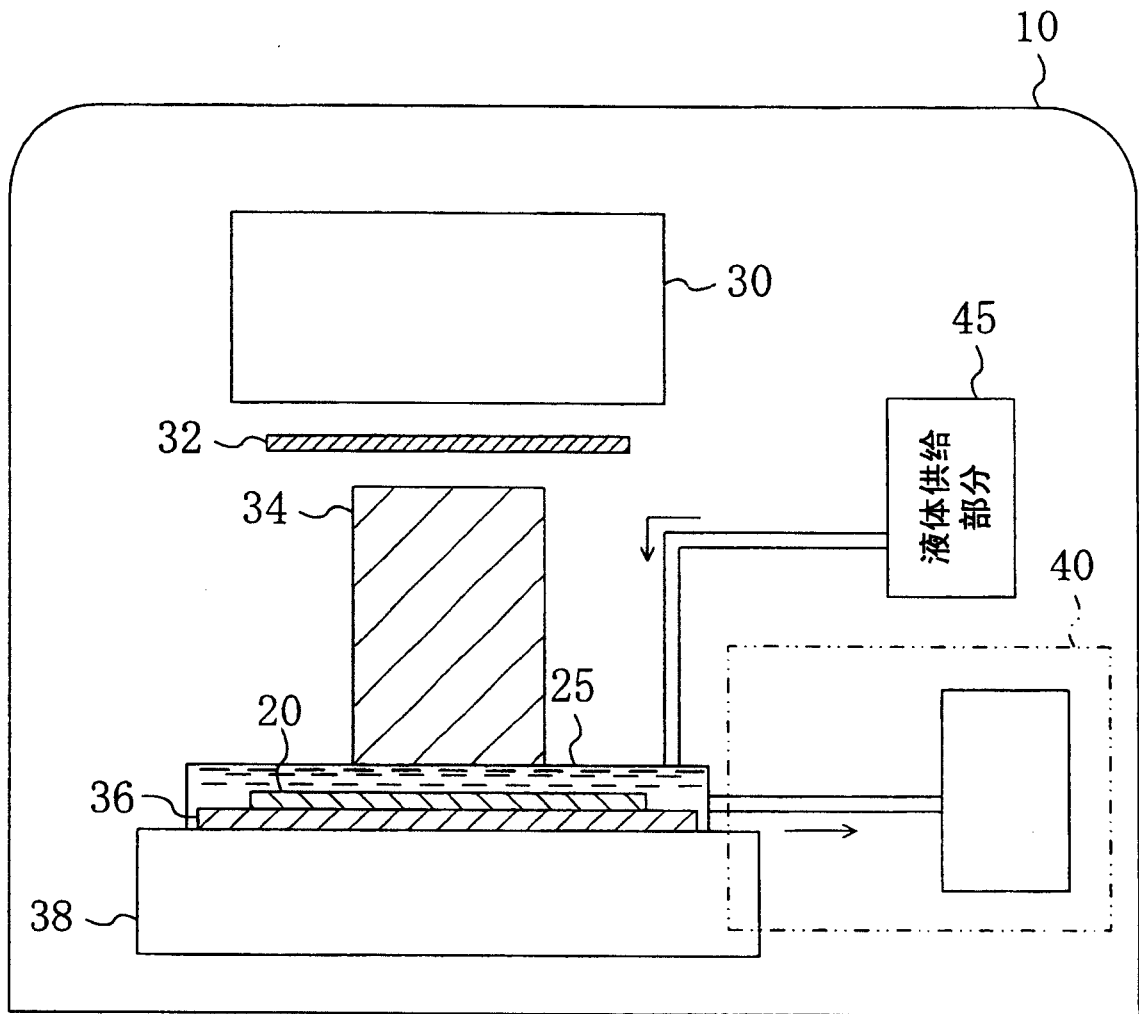


图 3

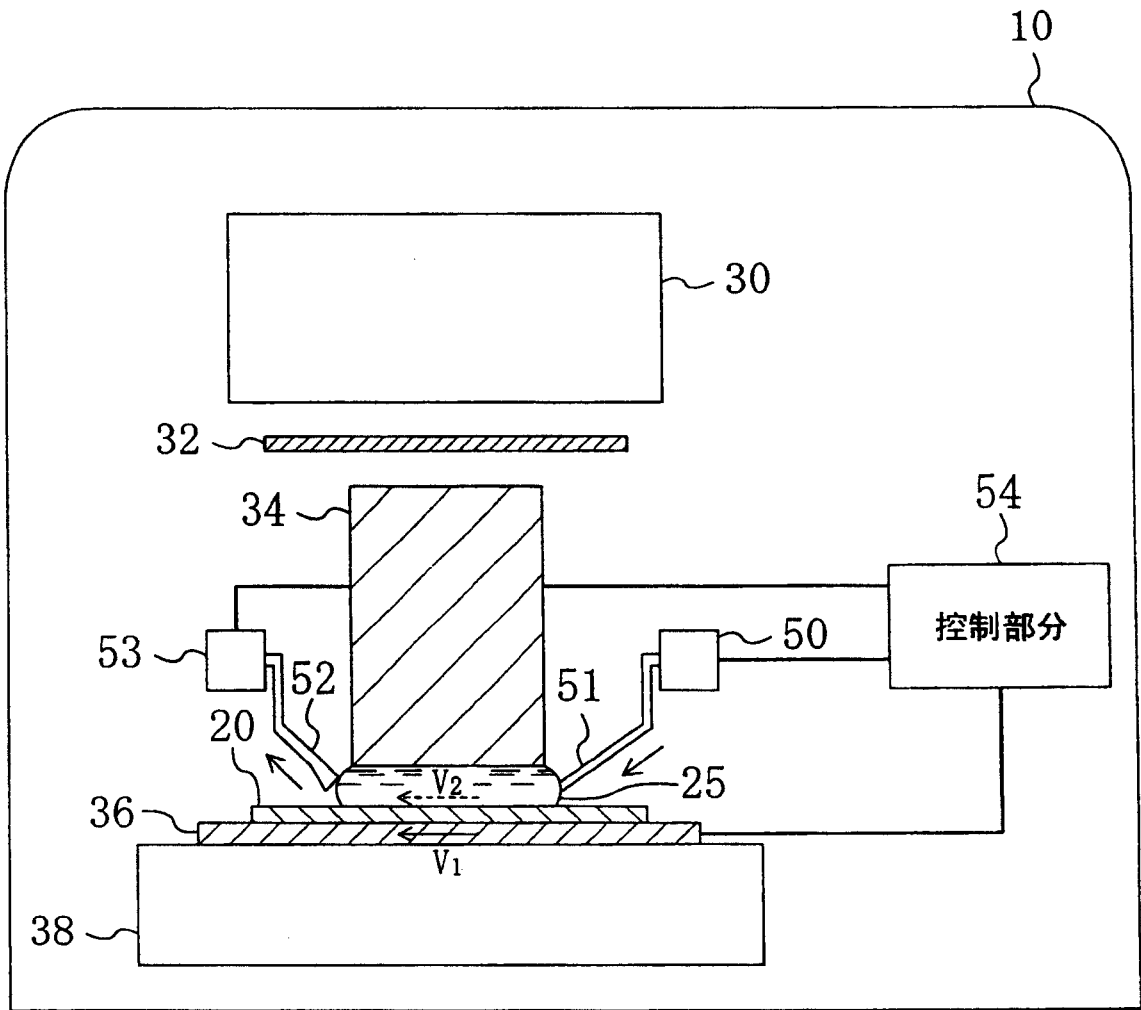


图 4

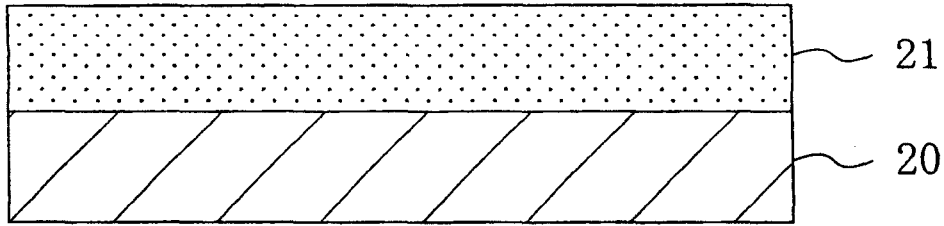


图 5A

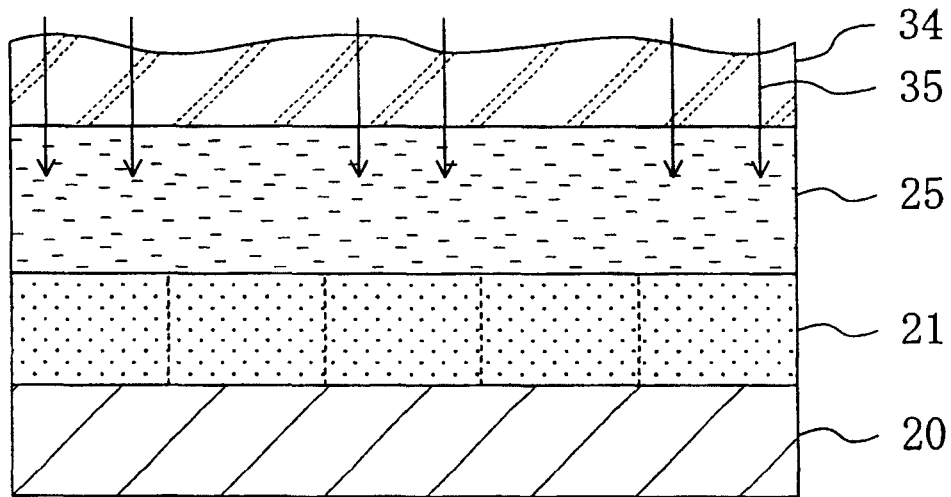


图 5B

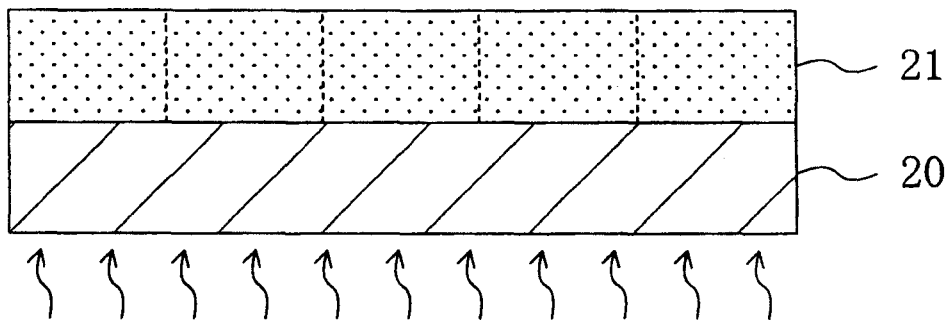


图 5C

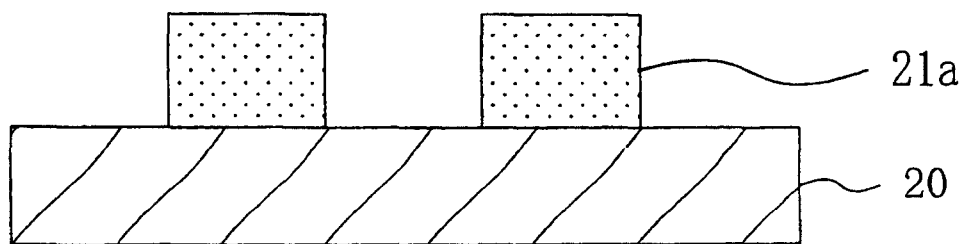


图 5D

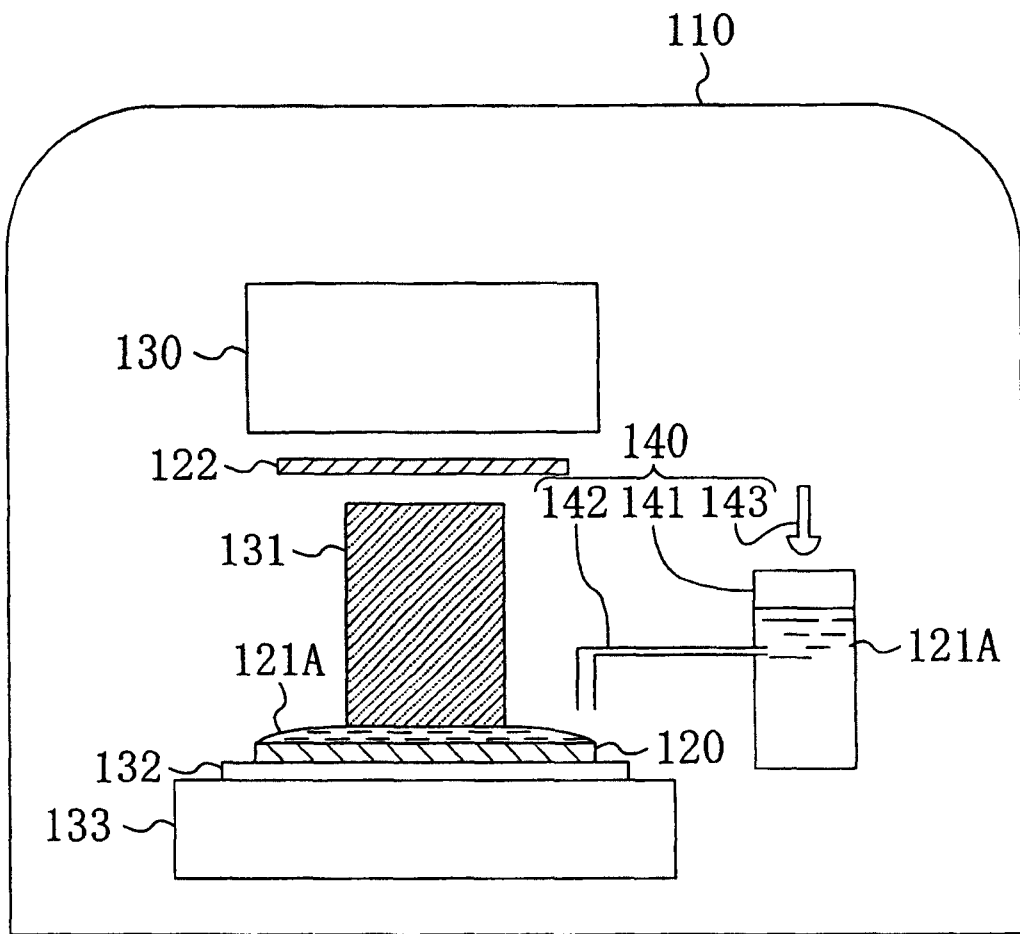


图 6

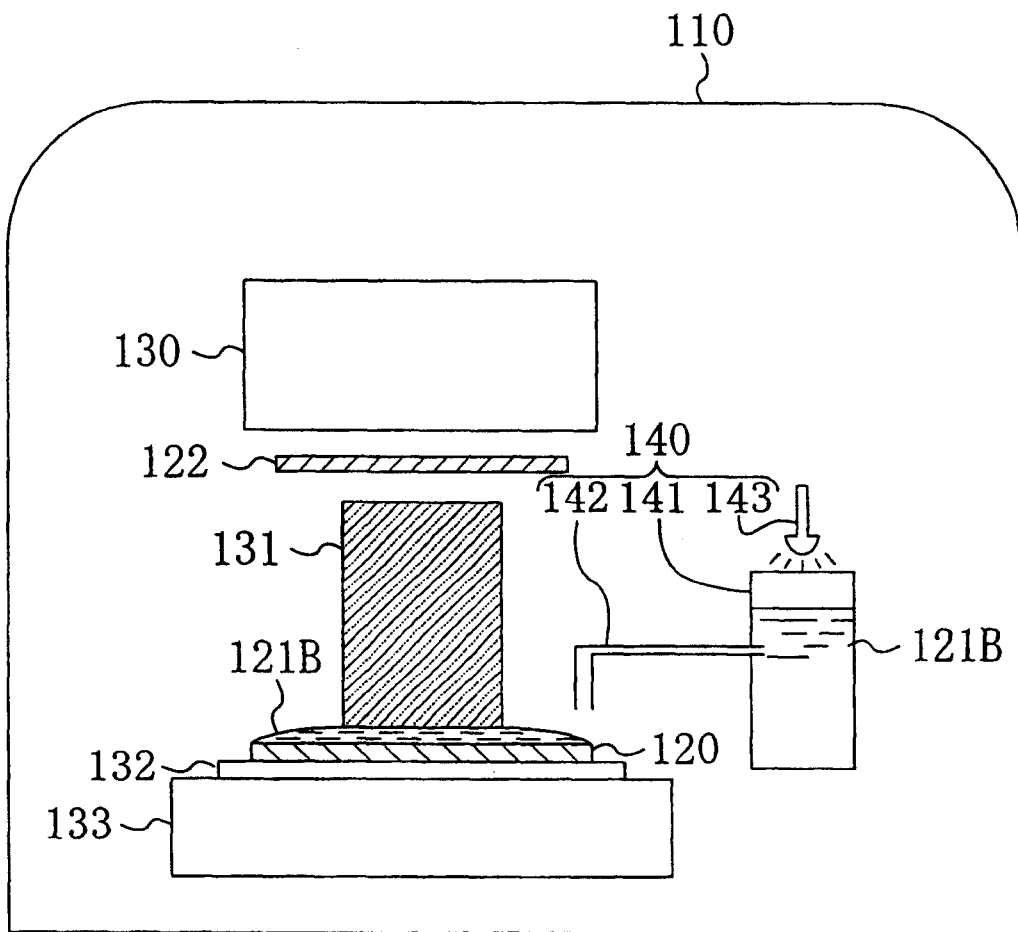


图 7

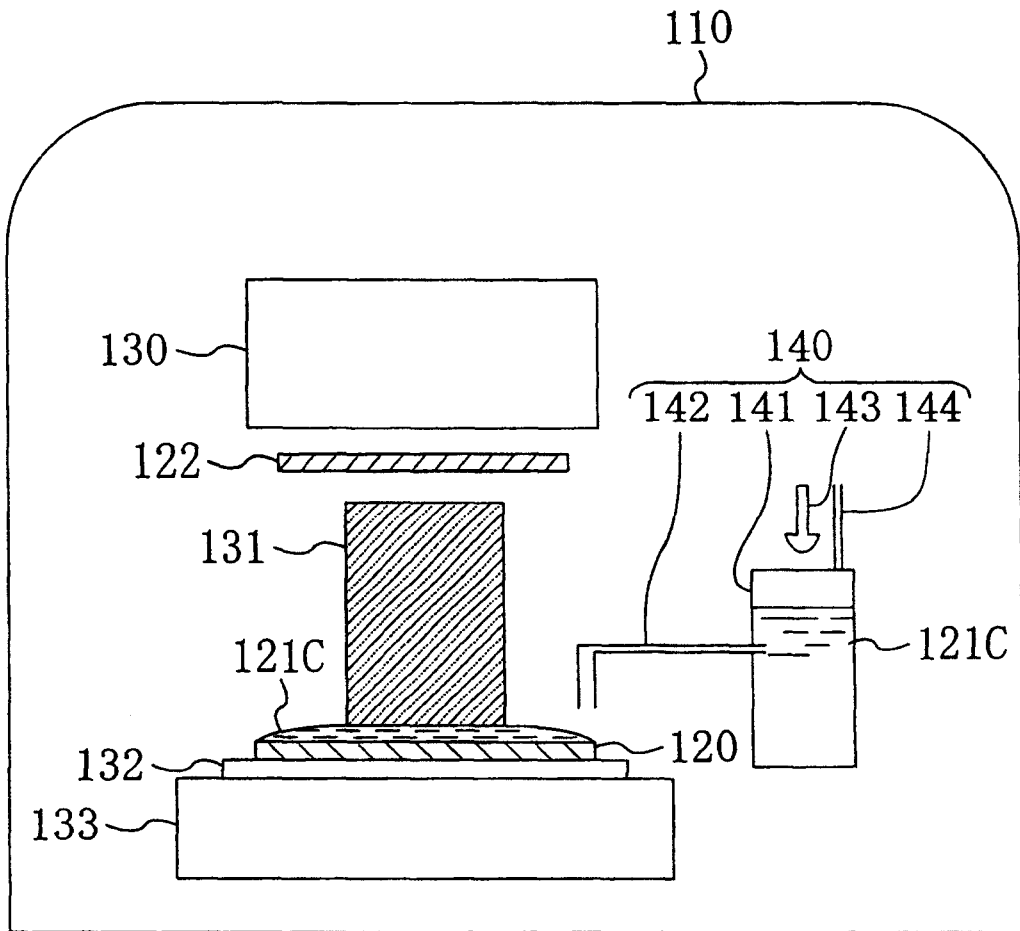


图 8

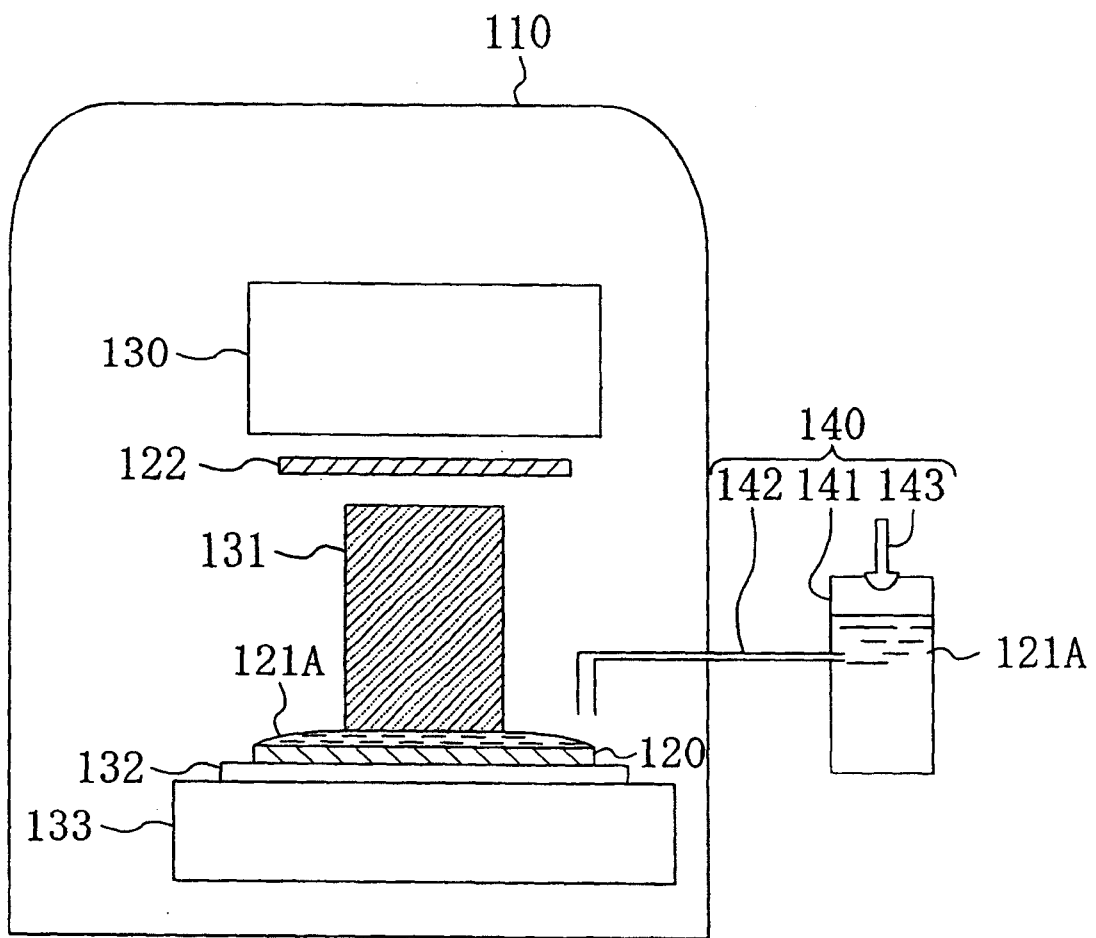


图 9



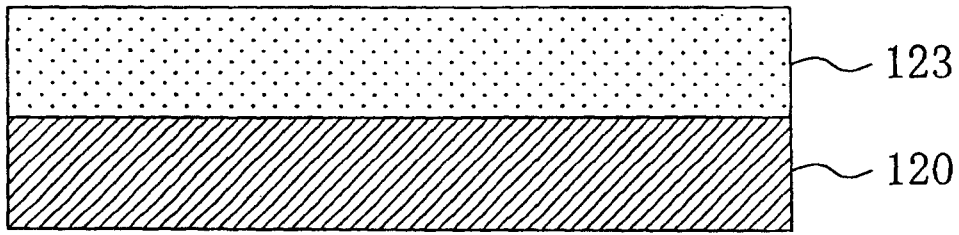


图 10A

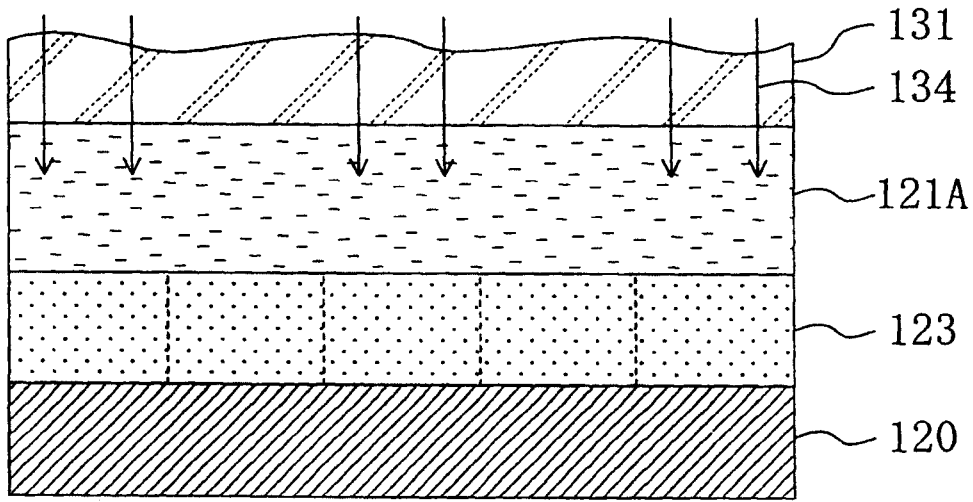


图 10B

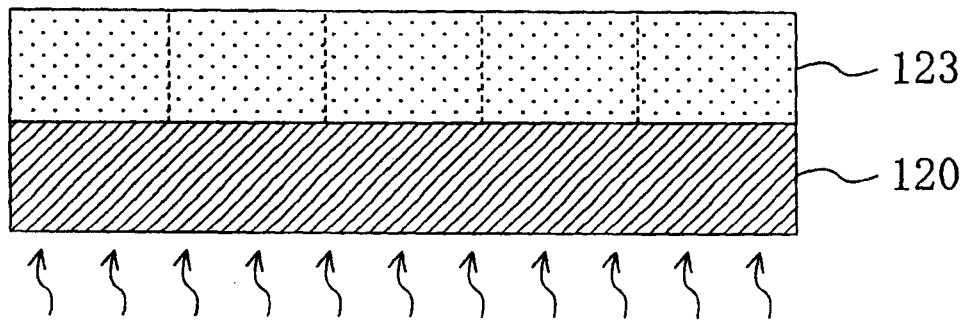


图 10C

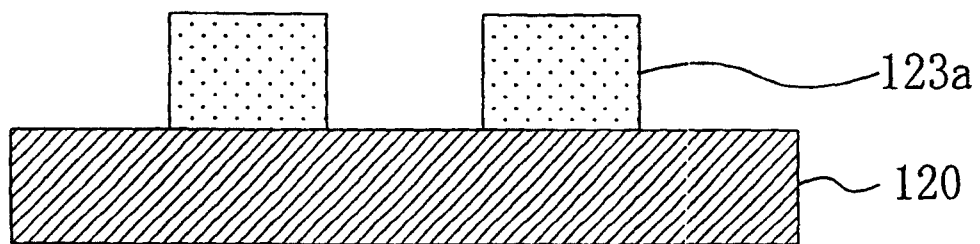


图 10D

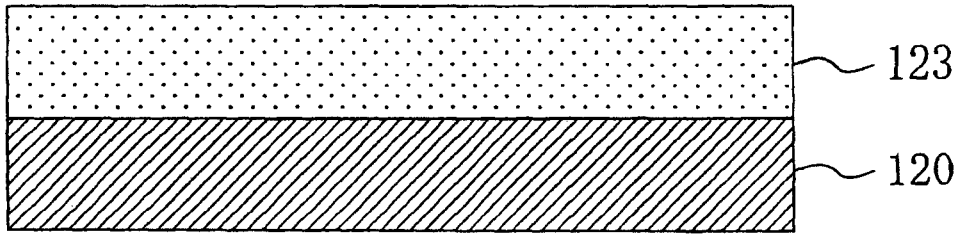


图 11A

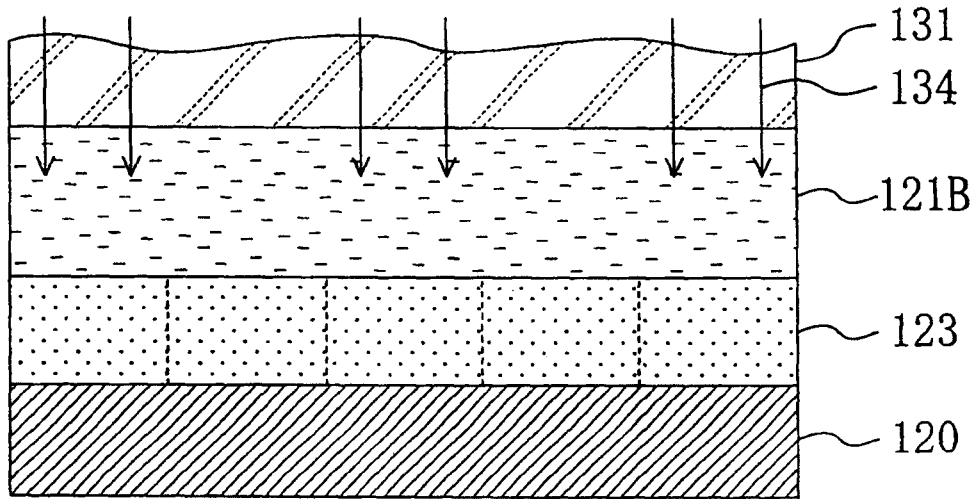


图 11B

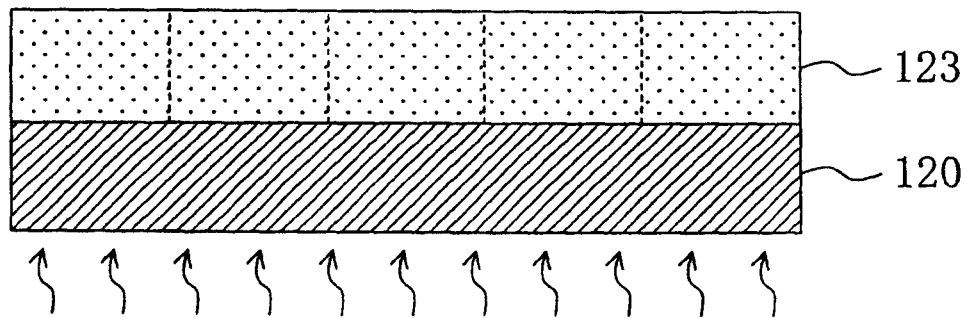


图 11C

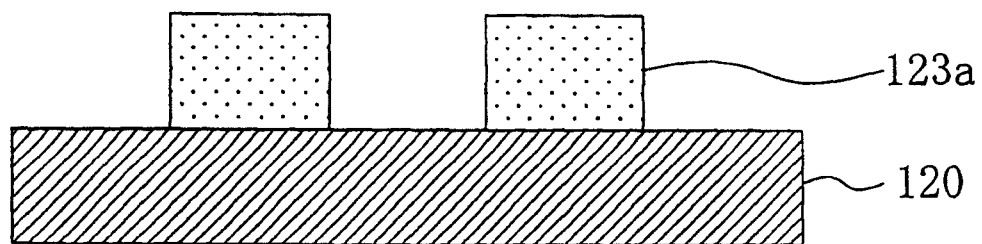


图 11D

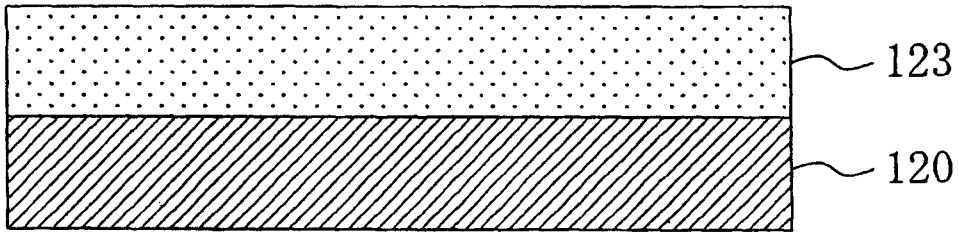


图 12A

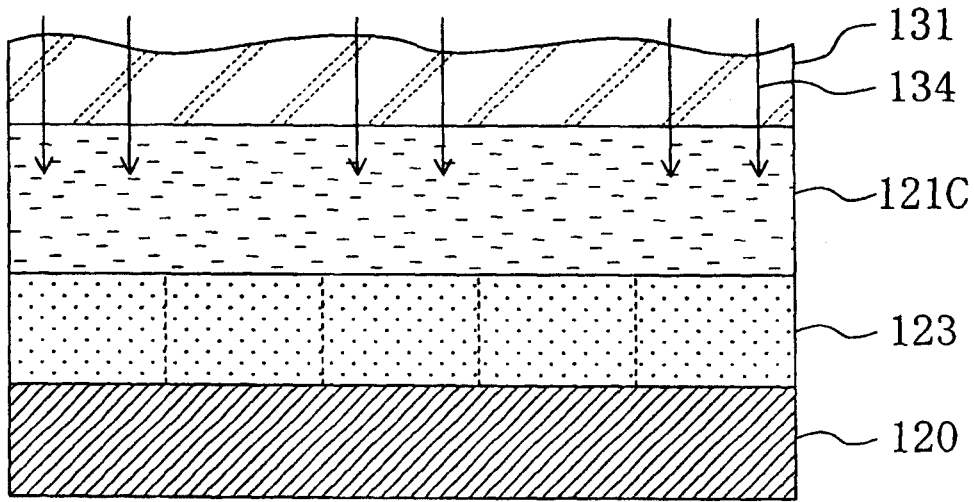


图 12B

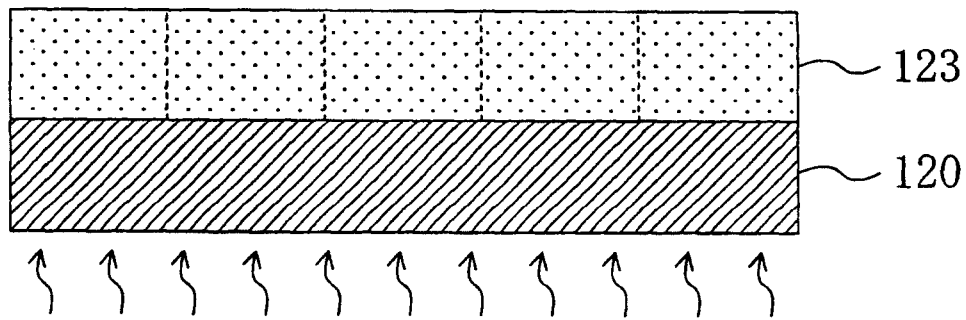


图 12C

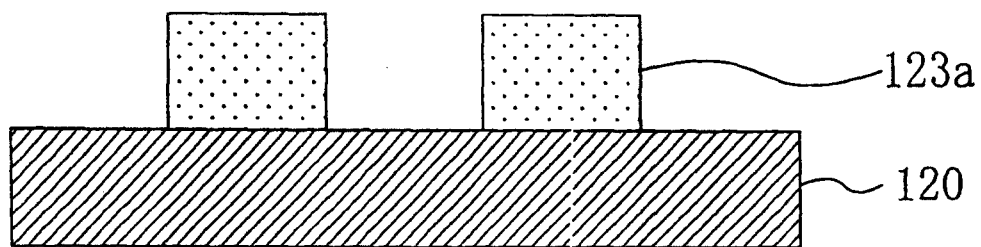


图 12D

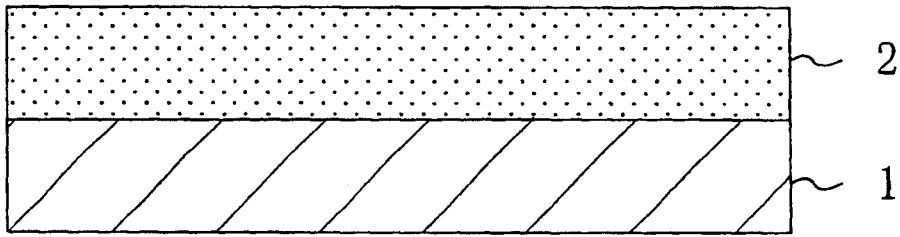


图 13A

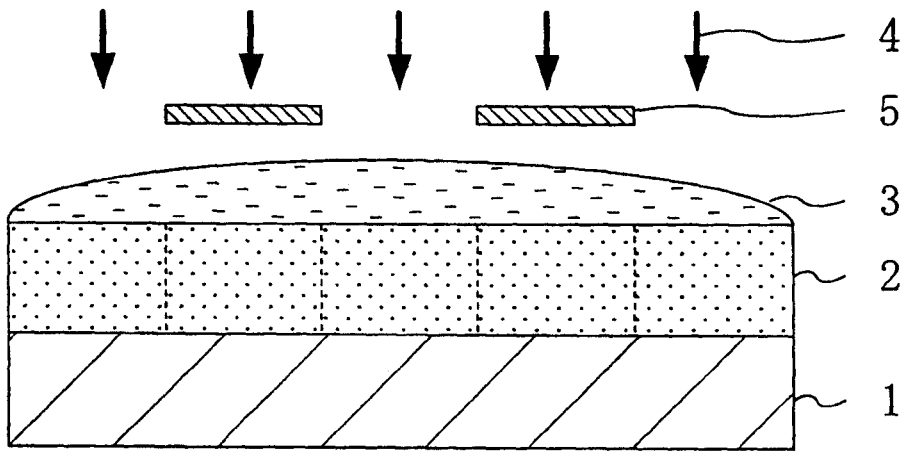


图 13B

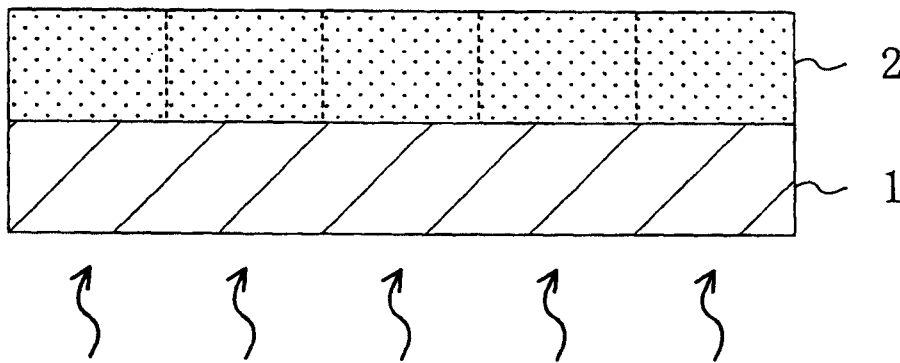


图 13C

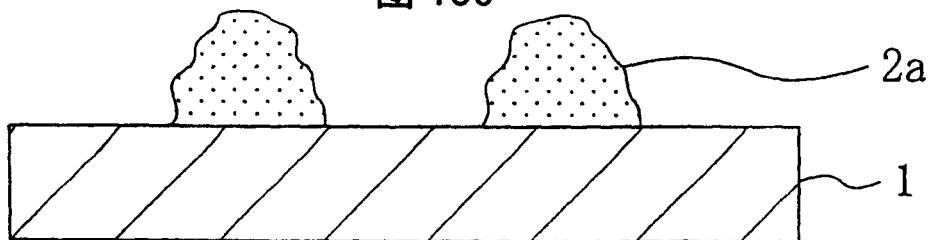


图 13D