



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118335584 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 12

(21) 申请号 202410434006.3

(22) 申请日 2020.01.07

(30) 优先权数据

16/265,186 2019.02.01 US

(62) 分案原申请数据

202080006038.3 2020.01.07

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·罗杰斯 L·崔 R·丁德萨

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

专利代理师 储思哲 侯颖嫒

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

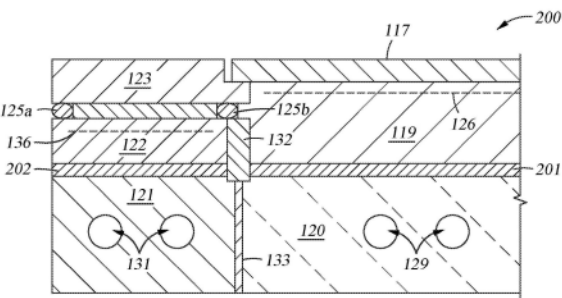
权利要求书6页 说明书13页 附图12页

(54) 发明名称

边缘环的温度及偏压控制

(57) 摘要

本文描述的实施例提供了用于在等离子体辅助处理基板期间控制毗邻基板的圆周边缘的处理结果分布的方法和设备。在一实施例中,基板支撑组件具有第一底板和围绕第一底板的第二底板的特征。第一底板和第二底板均具有设置在其中的一个或更多个相应的第一冷却和第二冷却。基板支撑组件的特征进一步具有设置在第一底板上并与第一底板热耦合的基板支撑件以及设置在第二底板上并与第二底板热耦合的偏压环。在此,基板支撑件和偏压环均由介电材料形成。基板支撑组件进一步包括:边缘环偏置电极,其嵌入偏压环的介电材料中;以及边缘环,其设置在偏压环上。



1. 一种基板支撑组件,包括:
底板,所述底板具有设置在其中的一个或多个冷却通道;
基板支撑件,所述基板支撑件设置在所述底板上并与所述底板热耦合;
偏压环,所述偏压环围绕所述基板支撑件,其中所述偏压环设置在所述底板上并与所述底板热耦合,并且所述偏压环由介电材料形成;
边缘环偏置电极,所述边缘环偏置电极嵌入所述偏压环的所述介电材料中;
边缘环,所述边缘环设置在所述偏压环上;
第一加热器,所述第一加热器配置成加热所述基板支撑件;以及
第二加热器,所述第二加热器配置成加热所述边缘环。
2. 如权利要求1所述的基板支撑组件,其中所述边缘环通过介于所述边缘环与所述偏压环之间的导热材料与所述偏压环热耦合。
3. 如权利要求1所述的基板支撑组件,其中所述基板支撑件和所述偏压环通过设置在所述基板支撑件与所述偏压环之间的绝缘体环而彼此热绝缘。
4. 如权利要求1所述的基板支撑组件,其中所述第二加热器设置在所述偏压环与所述底板之间。
5. 如权利要求1所述的基板支撑组件,其中所述第二加热器嵌入在所述偏压环的所述介电材料中。
6. 如权利要求1所述的基板支撑组件,其中
所述基板支撑件包括基板偏置电极,所述基板偏置电极电耦合到第一电源,并且
所述边缘环偏置电极电耦合到第二电源,所述第二电源不同于所述第一电源。
7. 一种处理基板的方法,包括以下步骤:
将基板支撑组件的基板支撑件加热到第一温度;
将围绕所述基板支撑件的边缘环加热到第二温度;
将所述基板定位在所述基板支撑件上,其中所述基板支撑组件设置在处理腔室的处理容积中,并且所述基板支撑组件包括:
底板,所述底板具有设置在其中的一个或多个冷却通道;
所述基板支撑件设置在所述底板上并与所述底板热耦合;
偏压环,所述偏压环围绕所述基板支撑件,其中所述偏压环设置在所述底板上并与所述底板热耦合,并且所述偏压环由介电材料形成;
边缘环偏置电极,所述边缘环偏置电极嵌入所述偏压环的所述介电材料中;
所述边缘环设置在所述偏压环上;
第一加热器,所述第一加热器配置成加热所述基板支撑件;以及
第二加热器,所述第二加热器配置成加热所述边缘环;
使处理气体流入所述处理容积中;
点燃并维持所述处理气体的等离子体;
将所述基板偏压到第一偏置电压;以及
将所述边缘环偏压到第二偏置电压,其中所述第二偏置电压不同于所述第一偏置电压。
8. 如权利要求7所述的方法,其中所述边缘环与所述偏压环直接接触,并且所述方法进

一步包括将DC电压施加到所述边缘环偏置电极或边缘环吸附电极以将所述边缘环电吸附到并且热耦合到所述偏压环。

9. 如权利要求7所述的方法, 其中所述边缘环通过介于所述边缘环与所述偏压环之间的导热材料与所述偏压环热耦合。

10. 如权利要求7所述的方法, 其中所述基板支撑件和所述偏压环通过提供到在所述基板支撑件与所述偏压环之间限定的空间的真空而彼此热绝缘。

11. 如权利要求10所述的方法, 其中所述偏压环通过介于所述偏压环与所述基板支撑件之间的第二绝缘体环与所述基板支撑件热绝缘。

12. 如权利要求7所述的方法, 其中所述第二加热器设置在所述偏压环与所述底板之间。

13. 如权利要求7所述的方法, 其中所述第二加热器嵌入在所述偏压环的所述介电材料中。

14. 一种处理腔室, 包括:

基板支撑组件, 所述基板支撑组件设置在所述处理腔室的处理容积中, 所述基板支撑组件包括:

底板, 所述底板具有设置在其中的一个或多个冷却通道;

基板支撑件, 所述基板支撑件设置在所述底板上并与所述底板热耦合;

偏压环, 所述偏压环围绕所述基板支撑件, 其中所述偏压环设置在所述底板上并与所述底板热耦合, 并且所述偏压环由介电材料形成;

边缘环偏置电极, 所述边缘环偏置电极嵌入所述偏压环的所述介电材料中;

边缘环, 所述边缘环设置在所述偏压环上;

第一加热器, 所述第一加热器配置成加热所述基板支撑件; 以及

第二加热器, 所述第二加热器配置成加热所述边缘环; 以及

非暂态计算机可读介质, 所述非暂态计算机可读介质具有存储在其上的指令, 所述指令用于在由处理器执行时执行处理基板的方法, 所述方法包括以下步骤:

将所述基板支撑件加热到第一温度

将所述边缘环加热到第二温度;

将所述基板定位在所述基板支撑件上;

使处理气体流入所述处理容积中;

点燃并维持所述处理气体的等离子体;

使用第一偏置电压给所述基板加偏压; 以及

使用第二偏压电压给所述边缘环加偏压, 所述第二偏压电压不同于所述第一偏压电压。

15. 如权利要求14所述的处理腔室, 其中所述边缘环与所述偏压环直接接触, 并且所述方法进一步包括将DC电压施加到所述边缘环偏置电极或边缘环吸附电极以将所述边缘环电吸附到并且热耦合到所述偏压环。

16. 如权利要求14所述的处理腔室, 其中所述边缘环通过介于所述边缘环与所述偏压环之间的导热材料与所述偏压环热耦合。

17. 如权利要求14所述的处理腔室, 其中所述基板支撑件和所述偏压环通过设置在所

述基板支撑件与所述偏压环之间的绝缘体环而彼此热绝缘。

18. 如权利要求17所述的处理腔室,其中所述第二加热器设置在所述偏压环与所述底板之间。

19. 如权利要求14所述的处理腔室,其中所述第二加热器嵌入在所述偏压环的所述介电材料中。

20. 如权利要求19所述的处理腔室,其中所述基板支撑组件进一步包括电绝缘板,所述电绝缘板设置在所述底板与所述基板支撑件之间以及所述底板与所述偏压环之间。

21. 一种基板处理系统,包括:

基板支撑组件,所述基板支撑组件包括:

底板;

介电材料;

第一偏置电极,所述第一偏置电极设置在所述底板之上,并且通过所述介电材料的第一部分与所述底板间隔开;

所述介电材料的第二部分设置在所述第一偏置电极之上,所述介电材料的所述第二部分形成基板支撑表面;

第二偏置电极,所述第二偏置电极设置成与所述基板支撑表面的中心相距一距离,并且通过所述介电材料的第三部分与所述第一偏置电极间隔开;

脉冲DC偏置系统,所述脉冲DC偏置系统配置成将第一脉冲DC电压输送到所述第一偏置电极并将第二脉冲DC电压输送到所述第二偏置电极,所述脉冲DC偏置系统包括电耦合到所述第一偏置电极的第一脉冲DC电源;以及

吸附电源,所述吸附电源电耦合到所述第一偏置电极,所述吸附电源配置成提供DC吸附电压以用于将基板电吸附到所述基板支撑表面。

22. 如权利要求21所述的基板处理系统,其中所述第二偏置电极通过设置在所述第二偏置电极与所述基板支撑组件的面向等离子体的表面之间的所述介电材料的第四部分与所述基板支撑组件的所述面向等离子体的表面间隔开。

23. 如权利要求21所述的基板处理系统,其中所述第二偏置电极电耦合到第二脉冲DC电源。

24. 如权利要求21所述的基板处理系统,进一步包括边缘环,所述边缘环设置在所述第二偏置电极之上,所述边缘环包围所述基板支撑表面。

25. 如权利要求21所述的基板处理系统,其中所述第二偏置电极电耦合到所述第一脉冲DC电源。

26. 如权利要求25所述的基板处理系统,进一步包括调谐电路,所述调谐电路配置成相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

27. 如权利要求21所述的基板处理系统,进一步包括非暂态计算机可读介质,所述非暂态计算机可读介质具有存储在其上的指令,所述指令用于在由处理器执行时执行处理基板的方法,所述方法包括以下步骤:

(a) 在处理腔室的处理容积中点燃并维持等离子体,所述处理容积具有设置在其中的所述基板支撑组件;

(b) 将吸附电压施加到所述第一偏置电极以将所述基板电吸附到所述基板支撑表面;

(c) 将所述第一脉冲DC电压施加到所述第一偏置电极;以及

(d) 将所述第二脉冲DC电压施加到所述第二偏置电极。

28. 如权利要求27所述的基板处理系统,其中所述方法进一步包括以下步骤:

(e) 相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

29. 如权利要求27所述的基板处理系统,进一步包括:

腔室盖、一个或多个腔室壁、以及腔室基座,所述腔室盖、所述一个或多个腔室壁和所述腔室基座共同限定所述处理容积,其中多个电极设置在所述处理容积中,所述多个电极包括所述底板、所述第一偏置电极和所述第二偏置电极;以及

RF电源,所述RF电源电耦合到所述多个电极中的一个电极,所述多个电极中的所述一个电极配置成通过与所述等离子体的电容耦合来点燃并维持所述等离子体。

30. 一种基板处理系统,包括:

腔室盖、一个或多个腔室壁、以及腔室基座,所述腔室盖、所述一个或多个腔室壁和所述腔室基座共同限定处理容积,

多个电极,所述多个电极设置在所述处理容积中,所述多个电极包括底板、第一偏置电极和第二偏置电极;

基板支撑组件,所述基板支撑组件包括:

所述底板;

介电材料;

所述第一偏置电极设置在所述底板之上,并且通过所述介电材料的第一部分与所述底板间隔开;

所述介电材料的第二部分设置在所述第一偏置电极之上,所述介电材料的所述第二部分形成基板支撑表面;

所述第二偏置电极设置成与所述基板支撑表面的中心相距一距离,并且通过所述介电材料的第三部分与所述第一偏置电极间隔开;以及

边缘环,所述边缘环设置在所述第二偏置电极之上以包围所述基板支撑表面;以及

非暂态计算机可读介质,所述非暂态计算机可读介质具有存储在其上的指令,所述指令用于在由处理器执行时执行处理所述基板的方法,所述方法包括以下步骤:

(a) 在所述处理容积中点燃并维持等离子体;

(b) 将吸附电压施加到所述第一偏置电极以将所述基板电吸附到所述基板支撑表面;

(c) 将第一脉冲DC电压施加到所述第一偏置电极;

(d) 将第二脉冲DC电压施加到所述第二偏置电极;以及

(e) 相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

31. 如权利要求30所述的基板处理系统,其中

所述第一偏置电极和所述第二偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,并且通过使用调谐电路相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

32. 如权利要求30所述的基板处理系统,其中

所述第一偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,

所述第二偏置电极电耦合到第二DC电源,并且

所述第二DC电源能独立于所述第一脉冲DC电源操作。

33. 一种基板处理方法,包括以下步骤:

(a) 在处理腔室的处理容积中点燃并维持等离子体,所述处理容积具有设置在其中的基板支撑组件;

(b) 将吸附电压施加到第一偏置电极以将基板电吸附到所述基板支撑组件的基板支撑表面,其中所述基板支撑组件包括介电材料;

(c) 将第一脉冲DC电压施加到所述第一偏置电极;以及

(d) 将第二脉冲DC电压施加到第二偏置电极,其中所述第二偏置电极设置成与所述第一偏置电极的中心相距第一距离,并且通过设置在所述第二偏置电极与所述第一偏置电极之间的所述介电材料的第一部分与所述第一偏置电极间隔开。

34. 如权利要求33所述的方法,进一步包括以下步骤:

(e) 相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

35. 如权利要求33所述的方法,其中

所述第一偏置电极和所述第二偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,并且通过使用调谐电路相对于所述第一脉冲DC电压调节所述第二脉冲DC电压。

36. 如权利要求33所述的方法,其中

所述第一偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,

所述第二偏置电极电耦合到第二DC电源,并且

所述第二DC电源能独立于所述第一脉冲DC电源操作。

37. 如权利要求33所述的方法,其中所述处理腔室包括设置在所述处理容积中的多个电极,所述多个电极包括底板、所述第一偏置电极和所述第二偏置电极。

38. 如权利要求37所述的方法,其中所述基板支撑组件进一步包括边缘环,所述边缘环设置在所述第二偏置电极之上以包围所述基板支撑表面。

39. 如权利要求37所述的方法,其中所述基板支撑组件包括:

所述底板;

所述第一偏置电极设置在所述底板之上,并且通过所述介电材料的第二部分与所述底板间隔开;以及

所述介电材料的第三部分设置在所述第一偏置电极之上,所述介电材料的所述第三部分形成所述基板支撑表面。

40. 如权利要求39所述的方法,其中所述基板支撑组件进一步包括:所述第二偏置电极设置成与所述基板支撑表面的中心相距第二距离,并且通过所述介电材料的第四部分与所述第一偏置电极间隔开。

41. 如权利要求40所述的方法,其中所述等离子体通过与所述多个电极中的一个电极的电容耦合而被点燃并维持。

42. 一种基板处理方法,包括以下步骤:

(a) 将基板定位在基板支撑组件的基板支撑表面上,所述基板支撑组件设置在处理腔室的处理容积中,其中所述基板支撑组件包括介电材料;

(b) 在所述处理腔室的所述处理容积中点燃并维持等离子体;

(c) 将第一偏置电压施加到第一偏置电极;以及

(d) 将第二偏置电压施加到第二偏置电极,其中第二偏置电极设置成与所述第一偏置

电极的中心相距第一距离,并且通过设置在所述第二偏置电极与所述第一偏置电极之间的所述介电材料的第一部分与所述第一偏置电极间隔开。

43. 如权利要求42所述的方法,进一步包括以下步骤:

(e) 相对于所述第一偏置电压调节所述第二偏置电压。

44. 如权利要求42所述的方法,其中

所述第一偏置电极和所述第二偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,并且通过使用调谐电路相对于所述第一偏置电压调节所述第二偏置电压。

45. 如权利要求42所述的方法,其中

所述第一偏置电极电耦合到第一脉冲DC电源,

所述第二偏置电极电耦合到第二DC电源,并且

所述第二DC电源能独立于所述第一脉冲DC电源操作。

46. 如权利要求42所述的方法,其中所述处理腔室包括设置在所述处理容积中的多个电极,所述多个电极包括底板、所述第一偏置电极和所述第二偏置电极。

47. 如权利要求46所述的方法,其中所述基板支撑组件进一步包括边缘环,所述边缘环设置在所述第二偏置电极之上以包围所述基板支撑表面。

48. 如权利要求46所述的方法,其中所述基板支撑组件包括:

所述底板;

所述第一偏置电极设置在所述底板之上,并且通过所述介电材料的第二部分与所述底板间隔开;以及

所述介电材料的第三部分设置在所述第一偏置电极之上,所述介电材料的所述第三部分形成所述基板支撑表面。

49. 如权利要求48所述的方法,其中所述基板支撑组件进一步包括:

所述第二偏置电极设置成与所述基板支撑表面的中心相距第二距离,并且通过所述介电材料的第四部分与所述第一偏置电极间隔开。

50. 如权利要求49所述的方法,其中所述等离子体通过与所述多个电极中的一个电极的电容耦合而被点燃并维持。

边缘环的温度及偏压控制

[0001] 本申请是申请日为2020年1月7日、申请号为202080006038.3、名称为“边缘环的温度及偏压控制”的中国专利申请(PCT申请号为PCT/US2020/012503)的分案申请。

技术领域

[0002] 本文所述的实施例大体上涉及半导体装置的制造,且具体来说涉及在等离子体增强处理基板期间用于控制基板的圆周边缘处及毗邻该圆周边缘的处理轮廓的方法和设备。

背景技术

[0003] 在高密度集成电路的制造中,等离子体辅助蚀刻处理是公知且常用的记录处理(POR),其通过在基板中形成开口来图案化此基板材料层。在典型的等离子体辅助蚀刻处理中,将基板定位在设置在处理腔室中的基板支撑件上,并在其上方形成等离子体。接着,将来自等离子体的离子加速朝向基板以及在基板上设置的掩模层中形成的开口,以蚀刻与在掩模表面下面设置的材料层中的掩模层开口相对应的开口。

[0004] 通常,基板支撑件是基板支撑组件的一部分,基板支撑组件进一步包括环形环(本文中为边缘环),环形环设置在基板支撑件上毗邻其圆周。边缘环围绕基板并保护基板支撑件的介电材料免受等离子体所造成的腐蚀。不幸的是,在基板的边缘和毗邻其设置的边缘环的部分之间的电和热的不连续会导致在基板边缘处的不期望的处理结果变化。在等离子体辅助蚀刻处理中,不期望的处理结果变化包括与从基板边缘或周边向内径向设置的基板的区域中的开口的蚀刻轮廓相比,在基板周边或边缘处的开口中的蚀刻开口轮廓的不均匀性(即,两者之间的差异)。整个基板边缘表面上过多的处理结果变化会不利地影响和抑制装置良率(符合性能规格的装置在基板上所制造的装置总数中所占的百分比)。

[0005] 因此,在本领域中需要在等离子体辅助处理基板期间控制基板边缘处的处理结果变化的设备和方法。

发明内容

[0006] 本文所述的实施例提供了用于在等离子体辅助处理基板期间控制毗邻基板的圆周边缘的处理结果分布的方法和设备。

[0007] 在一实施例中,基板支撑组件的特征具有第一底板及围绕第一底板的第二底板。第一底板和第二底板均具有设置在其中的一个或多个相应的第一冷却通道和第二冷却通道。基板支撑组件的特征进一步具有设置在第一底板上并与第一底板热耦合的基板支撑件及设置在第二底板上并与第二底板热耦合的偏压环。在此,基板支撑件和偏压环均由介电材料形成。基板支撑组件进一步包括:边缘环偏置电极,其嵌入偏压环的介电材料中;及边缘环,其设置在偏压环上。

[0008] 在另一个实施例中,一种处理基板的方法包括:将基板支撑组件的基板支撑件加热至第一温度;将围绕基板支撑件的边缘环加热至第二温度;及将基板定位在基板支撑件上。在此,基板支撑组件设置在处理腔室的处理容积中,并具有第一底板和围绕第一底板的

第二底板的特征。第一底板和第二底板均具有设置在其中的一个或更多个相应的第一冷却通道和第二冷却通道。基板支撑组件的特征进一步包括：基板支撑件，其设置在第一底板上并与第一底板热耦合；及偏压环，其设置在第二底板上并与第二底板热耦合。基板支撑件和偏压环均由介电材料形成。基板支撑组件进一步包括嵌入偏压环的介电材料中的边缘环偏置电极和设置在偏压环上的边缘环。所述方法进一步包括：使处理气体流入处理容积中；点燃并维持处理气体的等离子体；使用第一偏置电压给基板加偏压；及使用第二偏置电压给边缘环加偏压。

[0009] 在另一个实施例中，一种处理腔室包括：设置在处理腔室的处理容积中的基板支撑组件，及其上储存有指令的计算机可读介质，在处理器执行所述指令时该指令用于执行处理基板的方法。在此，基板支撑组件包括第一底板和围绕第一底板的第二底板。第一底板和第二底板均具有设置在其中的一个或更多个相应的第一冷却通道和第二冷却通道。基板支撑组件进一步包括：基板支撑件，其设置在第一底板上并与第一底板热耦合；及偏压环，其设置在第二底板上并与第二底板热耦合。在此，基板支撑件和偏压环均由介电材料形成。基板支撑组件进一步包括：边缘环偏置电极，其嵌入偏压环的介电材料中；及边缘环，其设置在偏压环上。所述处理基板的方法包括：将基板支撑件加热到第一温度；将围绕基板的边缘环加热到第二温度；及将基板定位在基板支撑件上。所述方法进一步包括：使处理气体流入处理容积中；点燃并维持处理气体的等离子体；使用第一偏置电压给基板加偏压；及使用第二偏置电压给边缘环加偏压。

附图简述

[0010] 为了可详细地理解本公开案的上述特征，可通过参考实施例来对上文所简要概述的本公开案进行更具体的描述，在附图中示出了一些这种实施例。然而，应当注意，附图仅示出了本公开案的典型实施例，且因此不应被认为是对其范围的限制，因为本公开案可允许其他等效的实施例。

[0011] 图1是根据一个实施例的具有基板支撑组件特征的处理腔室的示意性横截面图，基板支撑组件经配置以实践本文所阐述的方法。

[0012] 图2A至图2C是根据其他实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面图，可在图1中描述的等离子体处理腔室中使用此基板支撑组件的一部分。

[0013] 图3A至图3B是根据其他实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面图，可在图1中描述的处理腔室中使用此基板支撑组件的一部分。

[0014] 图4A至图4C是图1的一部分的特写视图，其示意性地示出了使用本文所阐述的方法形成的各种等离子体壳层轮廓。

[0015] 图4D至图4E是图1的一部分的特写视图，其示意性地示出了使用在本文中阐述的方法的各种边缘环温度的影响。

[0016] 图5A是根据另一实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面图，可在图1中描述的处理腔室中使用此基板支撑组件的一部分。

[0017] 图5B是根据另一实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面图，可在图1中描述的处理腔室中使用此基板支撑组件的一部分。

[0018] 图6A至图6B示出了毗邻使用本文所述方法的实施例所处理的基板的边缘的标准

化临界尺寸(CD)收缩的比较测量。

[0019] 图7A至图7B示出了毗邻使用在图6A至图6B中所分别阐述的相同处理条件处理的基板的边缘的标准化蚀刻速率的比较测量。

[0020] 图8是阐述根据本文描述的实施例的处理基板的方法的流程图。

[0021] 为了便于理解,已尽可能使用相同的附图标记来表示图中共有的相同元件。可预期的是,一个实施例中所揭示的元件和特征可有益地并入其他实施例中,而无需对其进行具体叙述。

具体实施方式

[0022] 本文所述的实施例提供了用于在等离子体辅助处理基板期间控制毗邻基板的圆周边缘的处理结果分布的方法和设备。具体来说,本文中的方法和设备提供了环形环的选择性的电偏压和温度控制,环形环在本文中是围绕基板支撑组件的表面周向设置的边缘环,待处理的基板将被支撑在所述表面上。边缘环的偏压和温度控制独立于其上设置有待处理基板的基板支撑件的偏压和温度控制。

[0023] 在基板支撑件和边缘环之间的独立偏压和温度控制使得能够对毗邻基板边缘的处理结果分布进行微调。例如,在等离子体辅助蚀刻处理中,在毗邻基板边缘的基板上(例如在边缘的15mm之内)的处理结果经常偏离在从基板边缘径向向内的位置处的基板上的处理结果。此处理结果的不均匀性通常可归因于形成于基板上的用来对基板执行处理的等离子体在性质上的相应不连续性或变化,此处基板的主表面的平面在水平位置中被处理。处理等离子体在性质上的不连续性或变化包括基板上的等离子体区域在形状上的变化及形成等离子体的处理气体在等离子体上的电离度的变化。通常,与位于基板上方且位于基板边缘内侧的区域相比,处理等离子体中的这些不连续性或变化在位于基板边缘区域上方的区域和与其毗邻的边缘环处更为显著。因此,本文所提供的设备和方法使得能够对边缘环偏压和边缘环温度两者都进行精细控制以改善这些差异。

[0024] 通常,先前的基板处理操作,诸如材料沉积操作(例如CVD、PVD和ALD处理)或材料去除操作(例如化学机械抛光(CMP)和湿法或干法蚀刻处理),都可导致在基板的中心区域与基板的边缘区域之间的特征轮廓偏差或材料厚度偏差。在这种情况下,本文所述的实施例所能够实现的边缘环偏压和边缘环温度的精细控制可用于补偿先前的基板处理操作所产生的中心到边缘的不均匀性。

[0025] 如图1和图4A至图4C所示和所述,边缘环偏压有助于通过控制等离子体壳层的形状来调节位于基板边缘上方和毗邻基板边缘的区域中的等离子体的形状。在等离子体壳层弯曲的地方,被拉向被加偏压的基板的离子的轨迹不同于当所述壳层平行于基板表面时从等离子体被拉向基板的离子的轨迹。控制边缘环温度会影响处理气体中反应性中性物质(例如,自由基和活化的分子)的浓度,并从而在设置于基板边缘上方和毗邻基板边缘的区域中调节涉及反应性中性物质的化学反应。

[0026] 图1是根据一个实施例的经配置以实践本文阐述的方法的等离子体处理腔室的示意性横截面图。在此实施例中,处理腔室是等离子体蚀刻处理腔室,诸如反应离子蚀刻(RIE)等离子体腔室。在其他实施例中,处理腔室是等离子体增强的沉积腔室,例如等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)腔室、等离子体增强的物理气相沉积(PEPVD)腔室或等离子

体增强的原子层沉积 (PEALD) 腔室。在其他实施例中,处理腔室是等离子体处理腔室或基于等离子体的离子注入腔室,例如等离子体掺杂 (PLAD) 腔室或物理气相沉积 (PVD) 腔室。本文中,处理腔室包括电耦合到射频 (RF) 电源的感应耦合等离子体 (ICP) 源。在其他实施例中,等离子体源是电容耦合等离子体 (CCP) 源,诸如设置在处理容积中的等离子体电极,其中等离子体电极电耦合到 RF 电源,且将能量和功率电容耦合到腔室中的等离子体中。

[0027] 处理腔室100的特征具有腔室主体101,腔室主体101包括腔室盖102、一个或更多个侧壁103和腔室基座104,上述元件共同限定了处理容积105。处理容积105流体耦合至处理气体源106,处理气体源106向处理容积105中输送处理气体。处理腔室100进一步包括等离子体产生器107,等离子体产生器107经配置以点燃并维持通过处理气体源引入到处理容积中的(多种)处理气体的等离子体108。等离子体产生器107包括在处理容积105外部的的位置处毗邻腔室盖102设置的一个或更多个感应线圈109。一个或更多个感应线圈109电耦合到 RF 电源110。等离子体产生器107用于通过将来自由 RF 电源110供电的感应线圈109的能量感应耦合到(多种)处理气体中来点燃和维持等离子体108。在此,处理容积105流体耦合至真空源(诸如一个或更多个专用真空泵),以将处理容积105维持在低于大气压的压力并从中排空处理气体和其他气体。通常,处理腔室包括系统控制器111,系统控制器111用于控制处理腔室的操作并实施本文所述的方法。

[0028] 本文中,系统控制器111包括可编程的中央处理单元(本文中为 CPU 112),其可与存储器113(例如,非易失性存储器)和支持电路114一起操作。支持电路114常规地耦合至 CPU 112,并包括耦合到处理腔室100的不同元件的高速缓存、时钟电路、输入/输出子系统、电源等及上述元件的组合,以便对其进行控制。CPU112是在工业环境中所使用的任何形式的通用计算机处理器(诸如可编程逻辑控制器 (PLC))中的一者,以用于控制处理腔室100的各个元件和子处理器。与 CPU 112耦合的存储器113为非暂态且通常是一个或更多个容易获得的存储器,诸如随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、软盘驱动器、硬盘或任何其他形式的本地或远程数字存储。

[0029] 典型地,存储器113为包含指令的计算机可读存储介质(例如,非易失性存储器)的形式,当由 CPU 112执行所述指令时,这些指令有助于处理腔室100的操作。存储器113中的指令为程序产品(诸如实施本公开案的方法的程序)的形式。程序代码可符合多种不同编程语言中的任何一种。在一个示例中,本公开案可被实施成存储在计算机可读存储介质上以与计算机系统一起使用的程序产品。程序产品的(多个)程序限定实施例的功能(包括本文所述的方法)。

[0030] 说明性的计算机可读存储介质包括但不限于:(i)在其上永久存储信息的不可写存储介质(例如,计算机内的只读存储器装置,诸如 CD-ROM 驱动器可读取的 CD-ROM 光盘、闪存、ROM 芯片或任何类型的固态非易失性半导体存储器);及(ii)在其上存储可改变信息的可写存储介质(例如,磁盘驱动器或硬盘驱动器内的软盘或任何类型的固态随机存取半导体存储器)。当执行针对本文中描述的方法的功能的计算机可读指令时,这种计算机可读存储介质是本公开案的实施例。在一些实施例中,本文所描述的方法或其部分由一个或更多个专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其他类型的硬件实施来执行。在一些其他实施例中,本文所述的处理由软件例程、ASIC、FPGA 及/或其他类型的硬件实施的组合来执行。

[0031] 处理腔室100进一步包括设置在处理容积105中的基板支撑组件115。基板支撑组件115设置在密封地延伸穿过腔室基座104的支撑轴116上,诸如被在腔室基座104下方的区域中或在基板支撑组件115和腔室基座104之间设置的区域中的波纹管(未示出)所包围。通常,基板117通过一个或更多个侧壁103中的一者中的开口(未示出)被装载到处理容积105中,此开口在基板处理期间常规地用门或阀(未示出)密封。通过可移动地设置穿过基板支撑组件115的多个升降销118,便于将基板117传送到基板支撑组件115及从基板支撑组件115传送基板117。在升高的位置,升降销118在基板支撑组件115的表面上方延伸,从而从基板支撑组件115的表面提升基板117,且使得能够由机械处理器(未示出)接近基板117。在降低的位置,升降销118的上表面(未示出)与基板支撑组件115的表面齐平或设置在基板支撑组件115的表面下方,并将基板117放置在基板支撑组件115上。

[0032] 此处,基板支撑组件115包括:基板支撑件119,其设置在第一底板120上并与第一底板120热耦合;及第二底板121,其围绕第一底板120。基板支撑件119由介电材料形成,介电材料诸如整体烧结陶瓷材料(诸如碳化硅(SiC))或金属氧化物或金属氮化物陶瓷材料(例如为氧化铝(Al_2O_3)、氮化铝(AlN)、氧化钛(TiO)、氮化钛(TiN)、氧化钇(Y_2O_3),其混合物),及上述各者的组合。基板支撑件119通过导热粘合剂或通过设置在第一底板120与基板支撑件119之间的包括导热材料的机械装置而热耦合到第一底板120,导热材料诸如导热且物理上贴合的垫片或其他导电材料。在一些实施例中,第一底板120和第二底板121中的一者或两者由耐腐蚀的导热材料形成,诸如耐腐蚀的陶瓷或金属,例如铝、铝合金、不锈钢或氮化铝(AlN)。

[0033] 基板支撑组件115进一步包括:偏压环122,其设置在第二底板121上;以及边缘环123,其设置在偏压环122上。偏压环122通常由嵌入有电极的介电材料制成。介电材料可以是陶瓷材料之一或陶瓷材料的组合,其可用于形成如上所述的基板支撑件119。通常,边缘环123由导热和导电的材料形成,诸如硅、石墨、碳化硅或其组合。在一些实施例中,边缘环123通过导热材料124(诸如硅树脂垫片)热耦合至偏压环122,导热材料124插在边缘环123和偏压环122之间。在其他实施例中,导热材料124包括基于硅树脂或丙烯酸酯的带或糊膏。

[0034] 在一些实施例中,保护环125a-b设置在边缘环123与偏压环122之间及在导热材料124的内圆周侧和外圆周侧上,以通过防止暴露于处理气体和等离子体来保护导热材料124不受处理气体和等离子体所引起的腐蚀的影响。第一保护环125a围绕导热材料124,并由此第一保护环125a设置成毗邻导热材料124并从导热材料124径向向外。第二保护环125b设置在导热材料124的径向内侧并与导热材料124毗邻。在此,保护环125a-b由处理气体和耐等离子体聚合物形成。合适聚合物的示例包括一种或更多种含氟的聚合物(含氟聚合物),诸如全氟烷氧基(PFA)、氟化乙烯丙烯(FEP)、可从DuPont商购的TEFLON®聚四氟乙烯(PTFE)或它们的组合。

[0035] 在其他实施例中,边缘环123直接设置在偏压环122上并与其直接接触。通常,在那些实施例中,边缘环123和偏压环122之一者或两者的界面在其制造过程中被抛光。边缘环123和偏压环122的经抛光界面导致相对于未抛光表面增加了表面接触面积,并因此理想地增加了它们之间的热传递率。在一些实施例中,将DC电源141电耦合至嵌入在偏压环122中的电极,诸如边缘环偏置电极136或第二电极(未示出)。在那些实施例中,边缘环偏置电极136或第二电极用来通过在边缘环123和边缘环偏置电极或第二电极之间提供电势(在其间

产生静电 (ESC) 吸引力) 来确保偏压环122和边缘环123之间的紧密接触并由此确保高的热传递率。

[0036] 此处,基板支撑件119包括嵌入在其介电材料中的一个或多个吸附电极126。所述一个或多个吸附电极126用于通过在基板117和(多个)吸附电极126之间提供电势来在基板117和(多个)吸附电极126之间产生静电 (ESC) 吸引力,从而将基板117固定到基板支撑件119。在此,将所述一个或多个吸附电极126耦合到诸如DC电源的吸附电源127,此吸附电源127向所述一个或多个吸附电极126提供吸附电压。

[0037] 基板支撑组件115经进一步配置以相对于在基板117上方形成的等离子体108给边缘环123和基板117中的一者或二者加偏压。典型地,通过与具有施加有基板偏置电压的电极的电容耦合来对基板117施加偏压。可将用于提供偏压的电极设置在基板支撑件119的介电材料中或之下。在一些实施例中,给基板117加偏压包括:向设置在基板支撑件119的介电材料中的吸附电极126施加基板偏置电压。在那些实施例中,将吸附电极126电耦合至吸附电源127和偏压电源134两者(以虚线示出了偏压电源134和吸附电极126之间的电耦合)。在那些实施例中,吸附电极126用于提供基板偏压和DC吸附电势两者。在一些实施例中,给基板117加偏压包括:将来自偏压电源134的基板偏置电压施加至电耦合至偏压电源134的第一底板120。在其他实施例中,给基板117加偏压包括:施加偏置电压至基板偏置电极(未示出),此基板偏置电极嵌入基板支撑件119的介电材料中。使用时,基板偏置电极通常通过设置在基板偏置电极与吸附电极126之间的基板支撑件119的介电材料而与吸附电极126电绝缘。通常,偏压电源134提供连续波 (CW) RF功率、脉冲RF功率、CW DC功率或脉冲DC功率中的一者或组合。

[0038] 独立于给基板117加偏压,给边缘环123加偏压包括:向边缘环偏置电极136施加边缘环偏置电压。此处,边缘环偏置电极136嵌入偏压环122的介电材料中并通过设置在边缘环偏置电极136与偏压环122之间的调谐电路137电耦合到偏压电源134。在其他实施例中,将边缘环偏置电极136电耦合到与偏压电源134不同的第二偏压电源140(边缘环偏置电极136和第二偏压电源140之间的电耦合以虚线示出)。给边缘环123和基板117独立加偏压,这允许对毗邻基板117的圆周边缘的等离子体壳层138a的形状进行精细控制。等离子体壳层138a通常限定设置在等离子体108的大部分、基板117的表面以及面对等离子体108的边缘环123之间的暗空间边界区域。下文关于图4A至图4C所阐述的描述中进一步论述了控制等离子体壳层138a的形状。

[0039] 在一些实施例中,第一底板120和第二底板121中的一者或两者由导热电绝缘材料形成,诸如金属氮化物陶瓷材料,例如氮化铝 (AlN)。由导热电绝缘材料形成第一底板120和第二底板121中的一者或两者理想地防止或基本上消除了边缘环偏置电极136与用于向基板提供偏压功率的电极(例如,基板偏置电极(以上描述了但未示出))或(当偏压电源134电耦合到吸附电极126时的)吸附电极126之间的串扰。如本文所使用的“串扰”是提供给每个电极的功率之间的不期望的电干扰,其可能不理想地干扰独立控制提供给电极的偏压功率的能力。通常,串扰是因为设置在电极与另外一个或多个导电底板(例如,铝底板)间的基板支撑件或偏压环两者的相对薄的介电材料,由所述电极和所述另外一个或多个导电底板(例如,铝底板)的电容耦合引起的。

[0040] 此处,基板支撑组件115进一步包括嵌入在基板支撑件119的介电材料中的一个或

更多个第一加热元件128和设置在第一底板120中的一个或更多个第一冷却通道129。所述一个或更多个第一加热元件128用于在处理之前将基板支撑件119及由此设置在基板支撑件119上的基板117加热到期望温度,并在处理期间将基板117保持在期望温度。所述一个或更多个第一冷却通道129流体地耦接至冷却剂源(未示出)并与冷却剂源流体连通,冷却剂源诸如具有相对高电阻的制冷剂源或改性水源。在基板处理期间,第一底板120用于调节基板支撑件119的温度,并从而调节放置在基板支撑件119上的基板117的温度。可单独使用或组合使用(多个)第一加热元件128和流过第一冷却通道129的冷却剂,以促进对基板支撑件119的温度的精细控制,并从而促进对设置在基板支撑件119上的基板117的温度的精细控制。

[0041] 使用第二加热元件130和第二冷却通道131中的一者或两者,独立于基板117的温度来维持和控制边缘环123的温度。在此实施例中,第二加热元件130包括电阻加热元件,该电阻加热元件嵌入偏压环122的介电材料中。在基板处理之前,第二加热元件130用来加热偏压环122,并从而将热耦合到偏压环122的边缘环123加热到期望温度,并结合流过第二冷却通道131的冷却剂,以在基板处理期间将边缘环保持在期望温度。在此,偏压环122通过介于偏压环122与基板支撑件119间的第一绝缘体环132与基板支撑件119热绝缘。

[0042] 此处,设置在第二底板121中的第二冷却通道131流体耦接至冷却剂源(未示出)并与冷却剂源流体连通,该冷却剂源可与用于输送冷却流体到(多个)第一冷却通道的冷却剂源相同或不同。在使用相同冷却剂源的实施例中,独立地控制通过第一冷却通道和第二冷却通道的冷却剂流量,以促进分别对第一底板120和第二底板121进行独立的温度控制。典型地,第二底板121通过介于第二底板121与第一底板120间的第二绝缘体环133与第一底板120热绝缘。第一绝缘体环132和第二绝缘体环133通常由适于抑制基板支撑件119与偏压环122之间及第一底板120与第二底板121之间的热传递的材料形成。可用于热绝缘体环132、133的合适材料的示例包括PTFE、石英、硅树脂及其组合。在一些实施例中,不使用热绝缘体环,且第一底板和第二底板被间隔开并通过在它们之间的空间中所提供的真空而彼此热绝缘。

[0043] 此处,基板支撑组件115进一步包括一个或更多个温度感测器,诸如热电偶135,其设置在偏压环122的介电材料中或毗邻偏压环122的介电材料。热电偶135用于监控偏压环122的温度,并由此监控与偏压环122热耦合的边缘环123的温度。在一些其他实施例中,使用设置在基板支撑件119和边缘环123之下的专用加热器来加热基板支撑件119和边缘环123中的一者或两者,如图2A所示。在一些其他实施例中,基板支撑件119和边缘环123两者设置在诸如图3所示的共用的底板上。

[0044] 图2A是根据一个实施例的基板支撑组件200a的一部分的示意性横截面视图,基板支撑组件200a可用于代替图1所述的处理腔室100中的基板支撑组件115。此处,在基板支撑件119与第一底板120之间插入第一加热器(诸如第一加热板201),在偏压环122与第二底板121之间插入第二加热器(诸如第二加热板202)。第一加热板201通过设置在第一加热板201与第二加热板202间的第一绝缘体环132与第二加热板202热绝缘。第二底板121通过介于第二底板121与第一底板120间的第二绝缘体环133与第一底板120热绝缘。

[0045] 图2B是根据一个实施例的基板支撑组件200b的一部分的示意性横截面视图,基板支撑组件200b可用来代替图1所述的处理腔室100中的基板支撑组件115。此处,基板支撑组

件200a类似于图1中描述的基板支撑组件115,且进一步包括第一电绝缘板203和第二电绝缘板204。第一电绝缘板203介于基板支撑件119和第一底板120之间。第二电绝缘板204介于偏压环122和第二底板121之间。此处,第二电绝缘板204包围第一电绝缘板203,并通过介于第二电绝缘板204与第一电绝缘板203间的第一绝缘体环132和第二绝缘体环133中的一者或两者而与第一电绝缘板203热绝缘。

[0046] 通常,第一电绝缘板203和第二电绝缘板204中的一者或两者由导热电绝缘材料形成,导热电绝缘材料诸如金属氮化物陶瓷材料,例如氮化铝(AlN)。电绝缘板203和204理想地防止或基本上消除了边缘环偏置电极136与用于向基板提供偏压功率的电极(例如,基板偏置电极(上面描述了但未示出))或(当偏压电源134电耦合到吸附电极时的)吸附电极126之间的串扰。在一些实施例中,电绝缘板203和电绝缘板204中的一者或两者具有足以基本消除或显著减小设置在其上方的各个电极与设置在其下方的各个底板的电容耦合的厚度。例如,在一些实施例中,电绝缘板203和电绝缘板204中的一者或两者具有大于约5mm,诸如大于约10mm,或例如在约5mm与约50mm之间的厚度。

[0047] 图2C是根据一个实施例的基板支撑组件200c的一部分的示意性横截面视图,基板支撑组件200c可用来代替图1所述的腔室100中的基板支撑组件115。此处,基板支撑组件200c类似于图1中描述的基板支撑组件115,且进一步包括介于第二底板121和偏压环122之间的电绝缘板204。基板支撑组件200c不包括图2B中所述的电绝缘板203,且第一底板120由设备板205的至少一部分支撑。设备板205为基板支撑组件200c提供结构支撑,且可与本文描述的实施例中的一者或任意组合一起使用。在其他实施例中,基板支撑组件可包括电绝缘板203而不包括电绝缘板204。包括多个电绝缘板中的一个电绝缘板而不包括其他的电绝缘板,这减小了基板支撑组件的制造成本,同时仍减少或基本消除偏置电极之间的串扰。

[0048] 图3A是根据另一实施例的基板支撑组件300b的一部分的示意性横截面视图,基板支撑组件300b可用于代替图1所述的腔室100中的基板支撑组件115。此处,基板支撑件119和偏压环122均设置在共用的底板301上。使用设置在底板301中的一个或多个冷却通道302来调节底板301的温度。所述一个或多个冷却通道302流体耦接至冷却剂源(未示出),并与冷却剂源流体连通,冷却剂源诸如具有相对高电阻的制冷剂源或改性水源。底板301用于在基板处理期间调节基板支撑件119和偏压环122的温度,并从而调节分别设置在基板支撑件119和偏压环122上的基板117和边缘环123的温度。此处,基板支撑件119和偏压环122通过介于它们两者间的绝缘体环303彼此热绝缘。在此实施例中,基板支撑件119和偏压环122中的每一个都包括嵌入在其介电材料中的相应的加热元件128、130。在其他实施例中,使用加热板(诸如图2中所示的加热板201、202)来加热基板支撑件119和偏压环122。

[0049] 通常,使用由一个或多个热电偶135提供的测量结果,将偏压环122及由此设置在偏压环122上的边缘环123保持在期望温度或期望温度范围内。将(多个)测得的温度通信传送到系统控制器111,系统控制器111将测得的温度与期望温度设定点或期望温度范围进行比较。若测得的温度下降到低于期望温度设定点或低于期望温度范围,则系统控制器111将增加流入边缘环123的热量。通常,通过施加或增加提供给图1和图3所示的第二加热元件130或图2所示的第二加热板202的功率来增加流到边缘环123的热量。若测得的温度升高到高于期望温度设定点或高于期望温度范围,则系统控制器111将从边缘环123去除热量。通常,通过关闭或降低施加到偏压环122的功率、改变流向如图1和图2所示的第二底板121(或

图3A中所示的组合底板或其组合)的冷却剂流率,从边缘环123去除热量。在一些实施例中,基板支撑组件300a进一步包括分别插在底板301和基板支撑件119之间或底板301与偏压环122之间的第一电绝缘板203和第二电绝缘板204(在图2B中示出)中的一者或两者。

[0050] 图3B是根据一个实施例的基板支撑组件300b的一部分的示意性横截面视图,基板支撑组件300b可用来代替图1所述的处理腔室100中的基板支撑组件115。此处,基板支撑组件300b进一步包括插入在共用底板301与基板支撑件119和偏压环122之间的共用电绝缘板304。电绝缘板304可由与如上所述的关于第一电绝缘板203和第二电绝缘板204相同的材料形成且具有与如上所述的关于第一电绝缘板203和第二电绝缘板204相同的厚度。

[0051] 图4A至图4C是图1所示的处理腔室100的一部分的示意性横截面视图,其分别示出了毗邻基板117的边缘的各种形状的等离子体壳层138a-c。本文中,等离子体壳层138a-c的形状通过使用本文阐述的方法对施加到基板117的偏置电压和施加到边缘环123的偏置电压的比率进行调节来控制。通常,当与被施加较低偏置电压或不被施加偏置电压的边缘环123相比,增加提供给边缘环123的偏置电压会导致在边缘环123上方的等离子体壳层138b相对较厚。

[0052] 在图4A中,等离子体壳层138a在设置在基板117上方的区域和设置在边缘环123毗邻基板117的一部分上方的区域上具有均匀的厚度。等离子体壳层138a的均匀的厚度有助于离子从等离子体108朝着基板117的表面沿轨迹401加速,轨迹401基本上均匀且正交于基板117毗邻其边缘的表面。

[0053] 在图4B中,等离子体壳层138b在设置在边缘环123上方的区域中比在基板117上方设置的区域中更厚。如图4B所示,等离子体壳层138b在设置于基板上方的区域中远离基板117的边缘弯曲。此处,从等离子体108到位于其下方的基板117的边缘的离子的轨迹401成角度为朝向边缘环123。因此,图4B中毗邻基板边缘的离子轨迹401相较于图4A和图4C中的离子轨迹更不集中,且在毗邻基板边缘的蚀刻速率相对减小。

[0054] 在图4C中,等离子体壳层138c在设置在边缘环123上方的区域中比在基板117上方设置的区域中更薄。如图4C所示,等离子体壳层在设置于基板117上方的区域中朝着基板117的边缘弯曲。此处,从等离子体108朝向基板117的离子的轨迹401成角度为远离围绕基板117的圆周的边缘环123。因此,图4C中毗邻基板边缘的离子轨迹401相较于图4A和图4B中的离子轨迹更集中,且轰击基板的离子的浓度相对增加了,并由此毗邻基板边缘的蚀刻速率也相对增大了。通过减小或增大毗邻基板117的边缘的离子轨迹401的集中程度,可将蚀刻速率调整为当与从边缘径向向内放置的基板的其余部分相比分别在边缘处更慢或更快。

[0055] 除了增大或减小轰击毗邻基板边缘的基板表面的离子的集中程度之外,调整等离子体壳层的曲率改变了在其(多个)材料层中蚀刻的开口的方向性。例如,在图4A中,撞击毗邻基板边缘的基板表面的离子的轨迹401基本垂直于基板边缘,且由此形成的开口(未示出)将基本垂直于基板表面。在图4B和图4C中,离子的轨迹401分别成角度为远离或朝向基板117的中心,且由此形成的开口将相应地成角度。因此,可通过边缘环偏压功率来调整经蚀刻开口的角度,以补偿其他腔室组件导致特征在基板边缘上倾斜的影响,诸如由于等离子体源或偏压导致的不均匀等离子体分布或边缘环在基板支撑件的有效生产寿命期间变薄。

[0056] 图4D和图4E示意性地示出了边缘环温度对基板边缘上方和毗邻基板边缘处的中

性反应物质浓度的影响。此处,图4D中的边缘环123维持在比图4E中的边缘环123更低的温度。从基板边缘处的位置到从基板边缘径向向内设置的位置的蚀刻速率分布和聚合物沉积分布分别由箭头405和箭头407示意性地表示。当边缘环温度相对低时(图4D),更多的聚合物物质403倾向于沉积在边缘环123上,导致边缘环123上方和基板边缘附近的聚合物质的浓度降低。因此,相对较少的聚合物沉积在基板边缘上,这导致边缘处为高(edge-high)的蚀刻速率分布,即,与从基板边缘径向向内设置的区域相比,在基板边缘处的蚀刻速率增大了。另一方面,当边缘环温度相对高时(图4E),较少的聚合物沉积将发生在边缘环123上,且在基板边缘附近存在较高的聚合物质浓度。因此,相对更多的聚合物沉积在基板边缘上,这导致边缘处为慢(edge-slow)的蚀刻速率分布,即,与从基板边缘径向向内设置的区域相比,在基板边缘处的蚀刻速率减小了。

[0057] 在其他实施例中,施加在边缘环上的高偏压功率可部分地用作升高边缘环温度,以减少聚合物在边缘环上的沉积,从而增大基板边缘上方的聚合物质浓度。在其他实施例中,施加在边缘环上的偏压功率可以是调节旋钮,以增大或减小基板边缘附近的处理对边缘环温度的敏感性。

[0058] 图5A和图5B是根据一些实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面视图,此基板支撑组件的一部分可与本文所述的其他实施例的基板支撑组件中的一者或组合相结合。在图5A中,基板支撑组件500a可以是图1至图4中所示或在其描述中阐明的任何一个基板支撑组件,且还包括由介电材料制成的设置在边缘环123上的电绝缘环502,此介电材料诸如石英或金属氧化物陶瓷。通常,电绝缘环502的面向等离子体的表面的蚀刻速率将低于(当未在边缘环123上设置电绝缘环502时)边缘环123的面向等离子体的表面的蚀刻速率,且因此将理想地延长基板支撑组件500a的基板处理寿命。在其他实施例中,出于缺陷控制的目的,电绝缘环502由在腔室中较不可能产生粒子的材料形成。

[0059] 图5B是根据另一实施例的基板支撑组件的一部分的示意性横截面视图,此基板支撑组件的一部分可在图1中描述的处理腔室中使用。在图5B中,基板支撑组件500b可以是图1至图3中示出和描述的基板支撑组件的特征中的任何一者或包含所述特征的任何组合。在此,边缘环123在基板的面向等离子体的表面的平面上方延伸高度H,即,边缘环123的面向等离子体的表面比基板117的面向等离子体的表面所处位置更高。通常,若处理条件和偏压条件相同,则设置在边缘环上方的壳层的厚度将相同。假设图4A中所示的处理条件和偏压条件,将边缘环123的面向等离子体的表面延伸到基板117的面向等离子体的表面的平面上方,这还将壳层向上推动以产生类似于图4B的等离子体分布的等离子体分布。因此,将边缘环123的面向等离子体的表面延伸到基板117的面向等离子体的表面的平面上方,将允许以当与共面偏压环和基板表面配置相比相对减小的边缘环偏压功率来形成图4B的等离子体分布。在其他实施例中,边缘环123将从基板表面的平面凹进,且对于图4A中所述的相同处理条件,所得到的等离子体分布将更接近类似于图4C的等离子体分布。

[0060] 图6A至图6B的图表600a-b分别示出了毗邻使用本文所述方法的实施例处理的基板的边缘的标准化临界尺寸(CD)收缩的比较测量。图7A至图7B的图表700a-b分别示出了毗邻使用分别在图6A至图6B中阐述的相同处理条件处理的基板的边缘的标准化蚀刻速率的比较测量。

[0061] CD收缩使得能够对在基板的表面中的开口进行图案化,其中开口的尺寸小于设置

在其上方的光刻胶层中的平版印刷术定义尺寸。通常,所述光刻胶层形成在设置在待处理基板的待蚀刻表面上的多层掩模上。通过形成包括蚀刻剂和聚合气体的处理气体的等离子体且将其上形成有所述多层掩模和光刻胶层的基板暴露于等离子体,来形成光刻胶层和多层掩模中的开口。所述聚合气体在被蚀刻到多层堆叠中的开口的侧壁上形成聚合的钝化层,以减小被蚀刻特征在其中形成时该被蚀刻特征的CD。因此,当与在光刻胶层中图案化的平版印刷术定义尺寸相比,在基板的表面中形成的开口的尺寸减小且由此收缩了。通常,由于聚物质在较冷表面上的较高的粘附系数及由此得到的较高吸收性,聚合的钝化层在相对较冷的表面上比在较暖和的表面上形成得更快。

[0062] 在图6A至图6B和图7A至图7B中,通过形成蚀刻剂气体和聚合气体的等离子体、给基板加偏压并将基板暴露于等离子体来处理每个基板。在此,蚀刻剂和聚合气体包括流速为100sccm的 CHF_3 、流速为50sccm的 CF_4 、流速为100sccm的 N_2 及流速为100sccm的Ar。使用基板表面区域的 $0.14\text{W}/\text{cm}^2$ 的偏压功率来给基板加偏压,且边缘环偏压在约10W和约60W之间变化。每个处理的基板的半径为150mm。在距基板中心约105mm至约145mm之间布置的多个径向位置处测量图6A至图6B中所示的CD收缩。在距基板中心约100mm至约150mm之间布置的多个径向位置处测量图7A至图7B所示的蚀刻速率示例。

[0063] 在图6A中,使用比图6B中施加至边缘环的偏置电压低的偏置电压来给边缘环加偏压。分别在图6A和图6B中,使用边缘环对基板601a-b、基板602a-b和基板603a-b进行处理,这些边缘环相对于其上设置有基板的基板支撑件的温度被维持在三个不同的温度。对于基板601a及基板601b,将边缘环的温度维持在比基板支撑件的温度低约 30°C 的温度,以提供它们之间 $\Delta -30^\circ\text{C}$ 的温差。对于基板602a及基板602b,将边缘环的温度维持在比基板支撑件的温度高约 40°C 的温度,以提供它们之间 $\Delta +40^\circ\text{C}$ 的温差。对于基板603a及基板603b,将边缘环温度维持在与基板支撑件大致相同的温度,以提供它们之间 $\Delta 0^\circ\text{C}$ 的温差。

[0064] 在图6A和图6B两者中,相对于基板601a与基板601b降低边缘环的温度,这减小了基板边缘处的CD收缩(与在从基板边缘径向向内设置的位置处测量的CD收缩相比)。在图6A和图6B两者中,相对于基板602a与基板602b增大边缘环的温度,这增大了基板边缘处的CD收缩(与在从基板边缘径向向内设置的位置处测量的CD收缩相比)。如图6A和6B所示,调节边缘环温度是调节基板边缘处的CD分布的有效调节旋钮。

[0065] 值得注意的是,与使用较高的边缘环偏置电压来给边缘环加偏压时(如图6B所示)相比,使用相对较低的偏置电压来给边缘环加偏压时(如图6A所示),改变边缘环温度的影响在减小和增大基板边缘处的CD收缩方面都具有更显著的效果。这表明,给边缘环加受控偏压可通过控制在其上方形成的等离子体壳层的厚度来扩大或减小边缘环的温度转向效果。

[0066] 图7A至图7B示出了毗邻使用本文阐述的方法的实施例处理的基板的边缘的蚀刻速率示例的比较测量结果。在图7A中,使用比图7B中施加至边缘环的偏置电压低的偏置电压来给边缘环加偏压。此处,使用分别针对图6A和图6B的基板601a-b、基板602a-b和基板603a-b所阐述的相同处理条件来处理基板701a-b、基板702a-b和基板703a-b。对于基板701a及基板701b,将边缘环的温度维持在比基板支撑件的温度低大约 30°C 的温度,以提供它们之间 $\Delta -30^\circ\text{C}$ 的温差。对于基板702a及基板702b,将边缘环的温度维持在比基板支撑件的温度高约 40°C ,以提供它们之间 $\Delta +40^\circ\text{C}$ 的温差。对于基板703a及基板703b,将边缘环温

度维持在与基板支撑件大致相同的温度,以提供它们之间 $\Delta 0^{\circ}\text{C}$ 的温差。

[0067] 在图7A和图7B两者中,相对于基板601a及基板601b的温度降低边缘环的温度,这总体上增大了在基板边缘测得的蚀刻速率(与从基板边缘径向向内测量的蚀刻速率相比)。在图7A和图7B两者中,相对于基板702a及基板702b的温度增大边缘环的温度,这减小了在基板边缘测得的蚀刻速率(与从基板边缘径向向内测量的蚀刻速率相比)。

[0068] 类似于图6A和图6B中所阐述的CD收缩测量,与使用较高的边缘环偏置电压来给边缘环加偏压时(如图7B所示)相比,使用相对较低的偏置电压来给边缘环加偏压时(如图7A所示),改变边缘环温度的效果在减小和增大朝向基板边缘的蚀刻速率方面都更加显著。这再次表明,通过控制在边缘环上方形成的等离子体壳层的厚度,给边缘环加受控偏压可扩大或减小边缘环的温度转向效果。

[0069] 图8是阐述使用根据本文所述实施例所配置的基板支撑组件来处理基板的方法800的流程图。在作业801处,所述方法包括:将基板定位在基板支撑组件上,基板支撑组件设置在处理腔室的处理容积中,此处理腔室诸如图1中所述的处理腔室。此处,基板支撑组件具有第一底板和第二底板的特征,第二底板围绕第一底板。第一底板和第二底板中的每一者包括分别设置在其中的一个或更多个第一通道和第二通道。基板支撑组件进一步包括:基板支撑件,其设置在第一底板上并与第一底板热耦合;及偏压环,其设置在第二底板上并与第二底板热耦合。此处,基板支撑件和偏压环均由介电材料形成。偏压环进一步包括嵌入偏压环的介电材料中的边缘环偏置电极和设置在偏压环上的边缘环。

[0070] 在作业802处和作业803处,方法800包括:分别将基板加热到第一温度并将围绕基板的边缘环加热到第二温度。通常,使用设置在基板支撑件和第一底板之间或嵌入在基板支撑件的介电材料中的第一加热器来将基板支撑件及由此设置在其上的基板加热到第一温度。使用设置在偏压环和第二底板之间或嵌入在偏压环的介电材料中的第二加热器来将偏压环及由此设置在其上的边缘环加热到第二温度。在一些实施例中,方法800进一步包括:将基板维持在期望温度或期望温度范围内,以及将边缘环维持在期望温度或期望温度范围内。此处,彼此独立地控制边缘环的温度和基板支撑件的温度。控制边缘环温度使得能够调整在等离子体内在边缘环附近并毗邻基板边缘的聚合物浓度,从而调整处理分布。

[0071] 在作业804处和作业805处,方法800分别包括:使处理气体流入处理腔室的处理容积中,以及点燃和维持处理气体的等离子体。

[0072] 在作业806处和作业807处,方法800分别包括:使用第一偏置电压来给基板加偏压以及使用第二偏置电压来给边缘环加偏压。此处,给基板加偏压包括:将第一偏置电压施加于第一底板、嵌入在基板支撑件的介电材料中的吸附电极或嵌入在基板支撑件的介电材料中的偏置电极中的一者。给边缘环加偏压包括:将第二偏置电压施加到嵌入在偏压环的介电材料中的边缘环偏置电极。

[0073] 在作业808处,方法800包括:确定第一偏置电压和第二偏置电压的比率。在作业809处,方法800包括:调节第二偏置电压以实现目标电压比率。在一些实施例中,将第一偏置电压维持在恒定电压,而同时调节第二偏置电压以实现目标电压比率。

[0074] 本文所述的方法有益地允许精细控制和调整设置在被处理基板的边缘上方和毗邻被处理基板的边缘的区域中的等离子体特性。对等离子体特性的精细控制和调整允许对基板边缘处的处理结果分布进行精细控制和调整。本文中实施例的益处进一步包括消除或

基本上减小基板到基板的处理变化,该处理变化可归因于在处理腔室已闲置后没有温度控制的边缘环的温度的稳定升高,例如第一晶片效应。

[0075] 尽管前述内容针对本公开案的实施例,但在不脱离本公开案的基本范围的情况下,可设计本公开案的其他和进一步的实施例,且本公开案的范围由所附权利要求书确定。

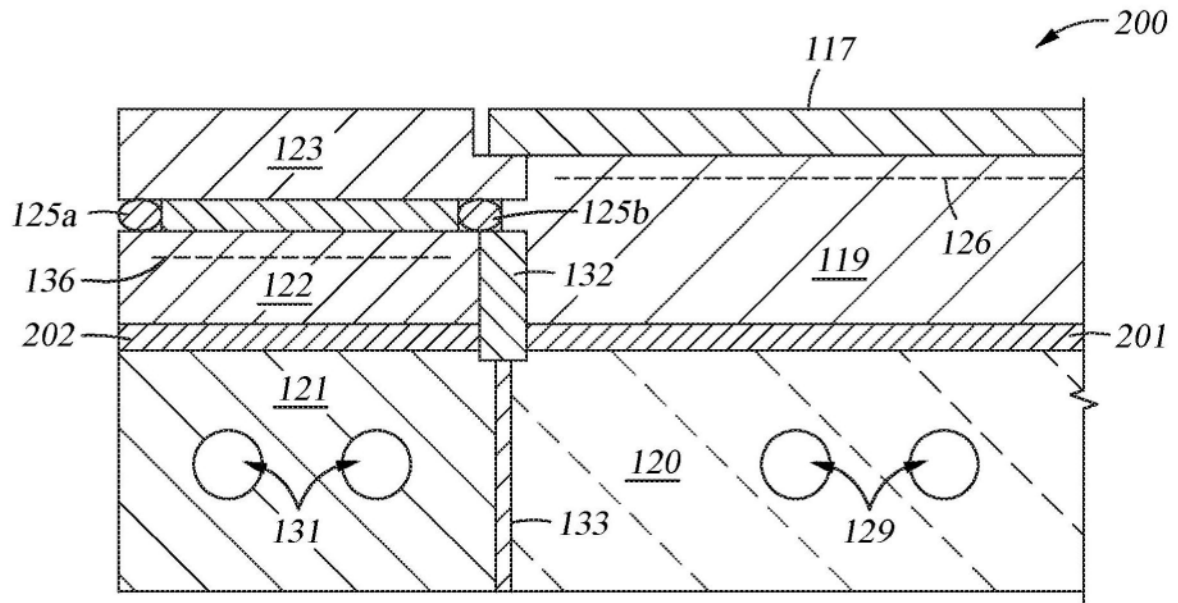


图2A

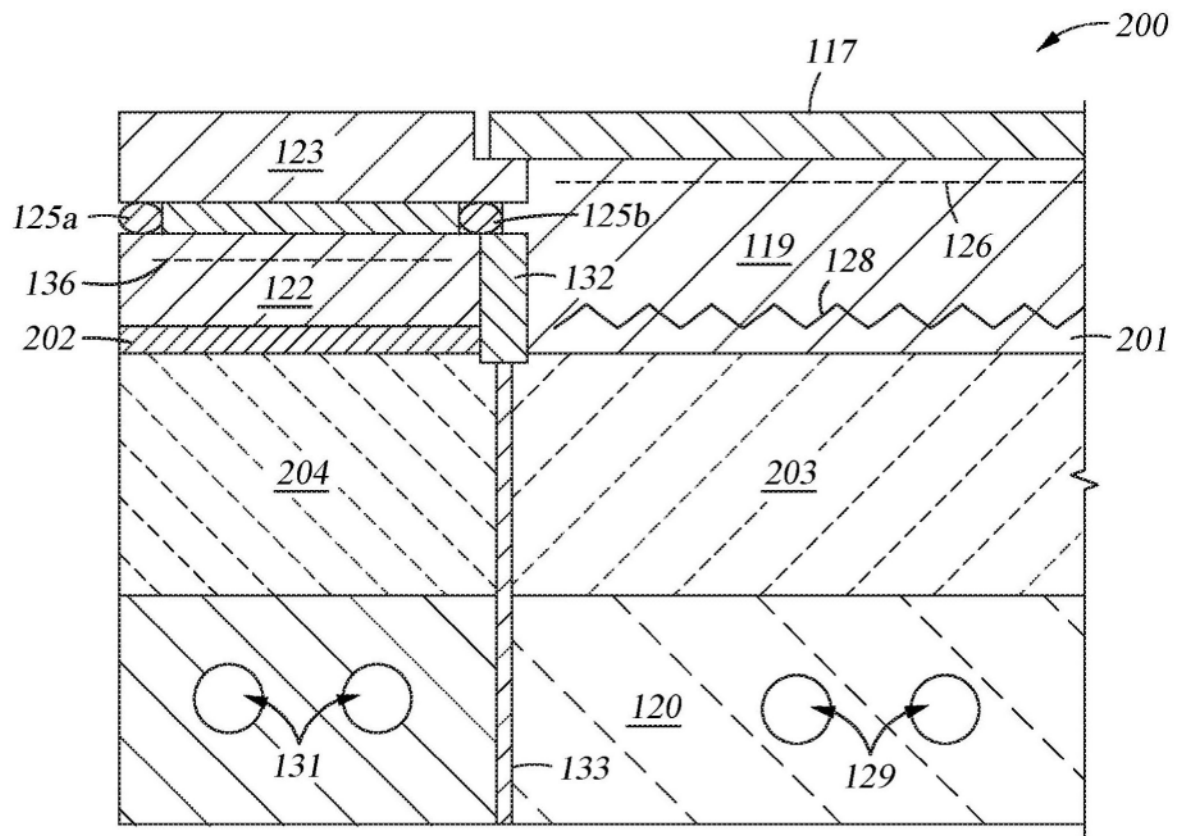


图2B

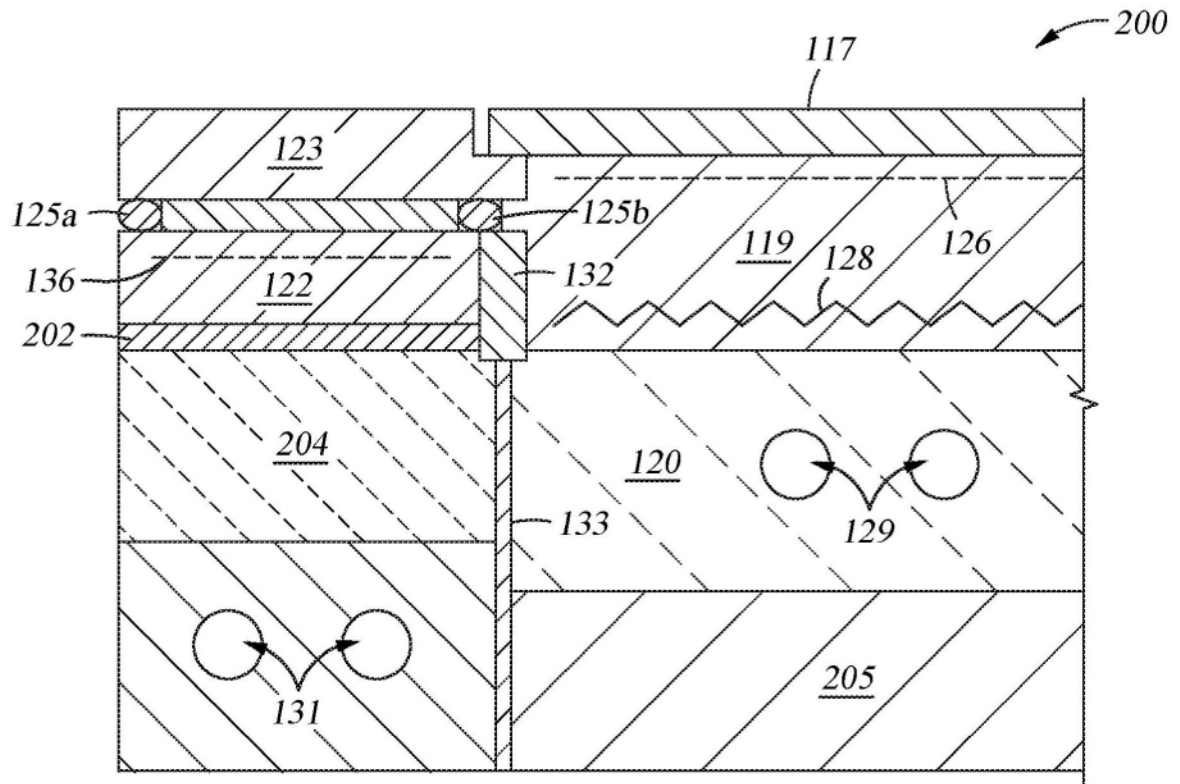


图2C

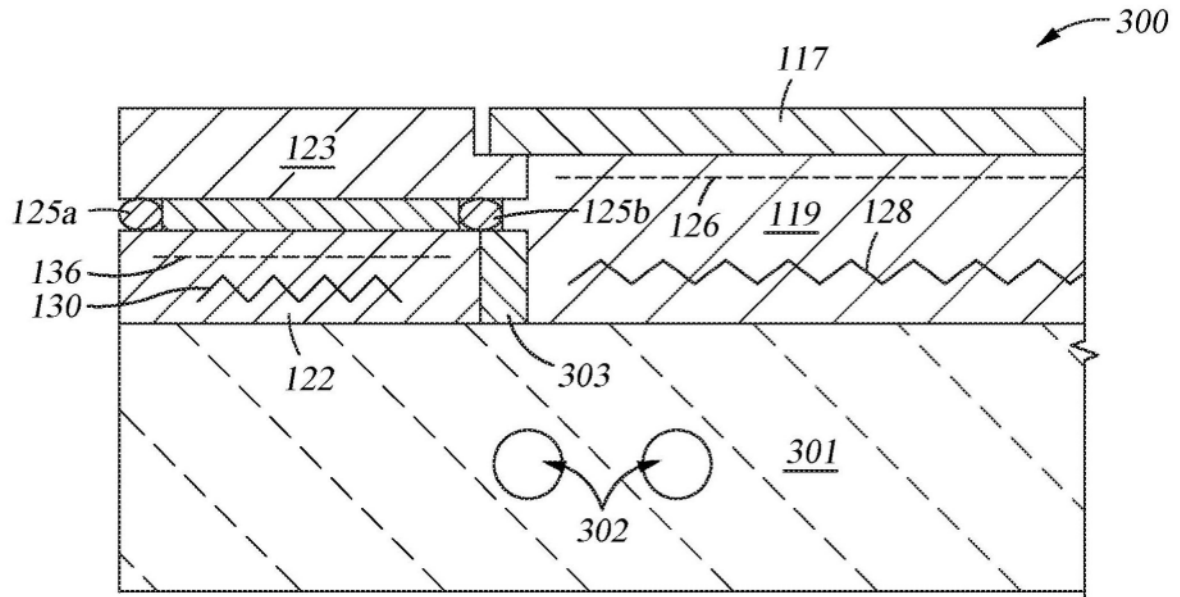


图3A

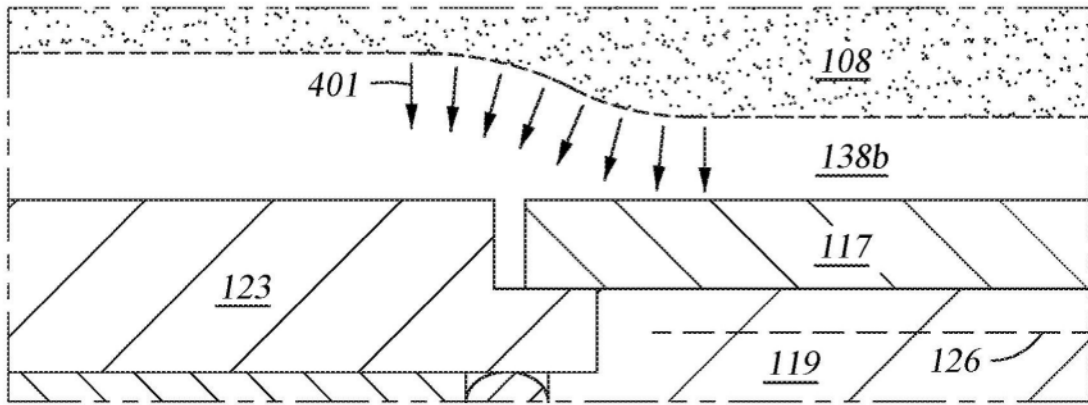


图4B

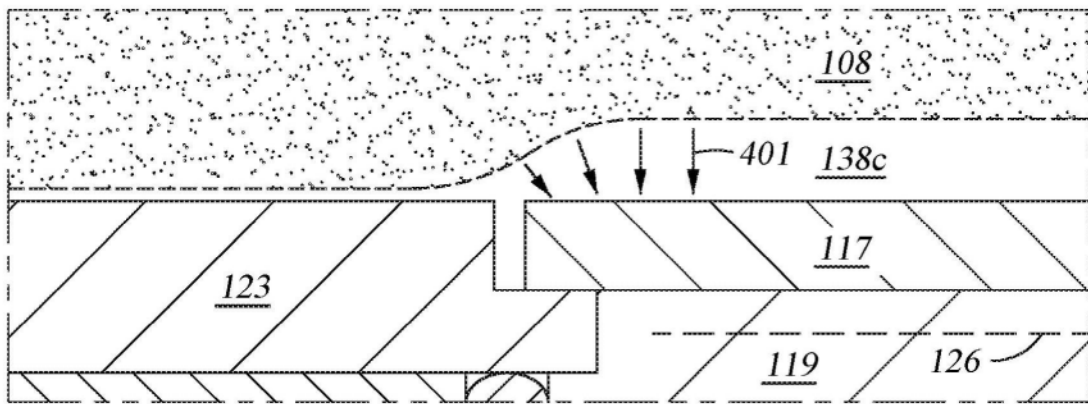


图4C

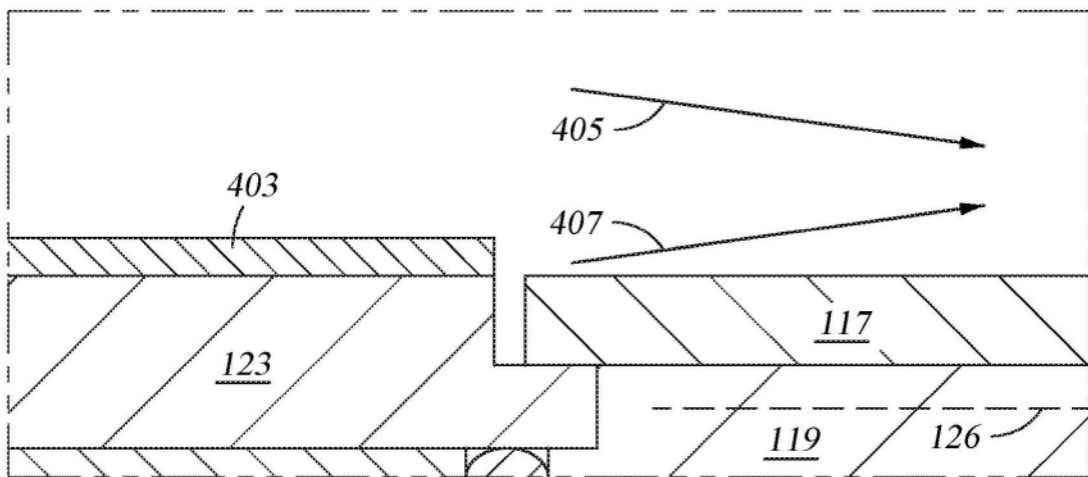


图4D

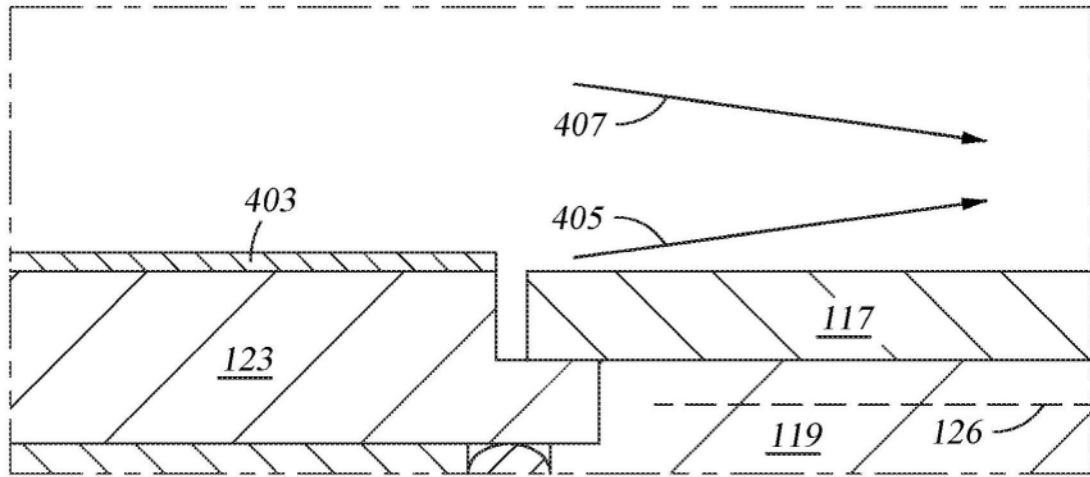


图4E

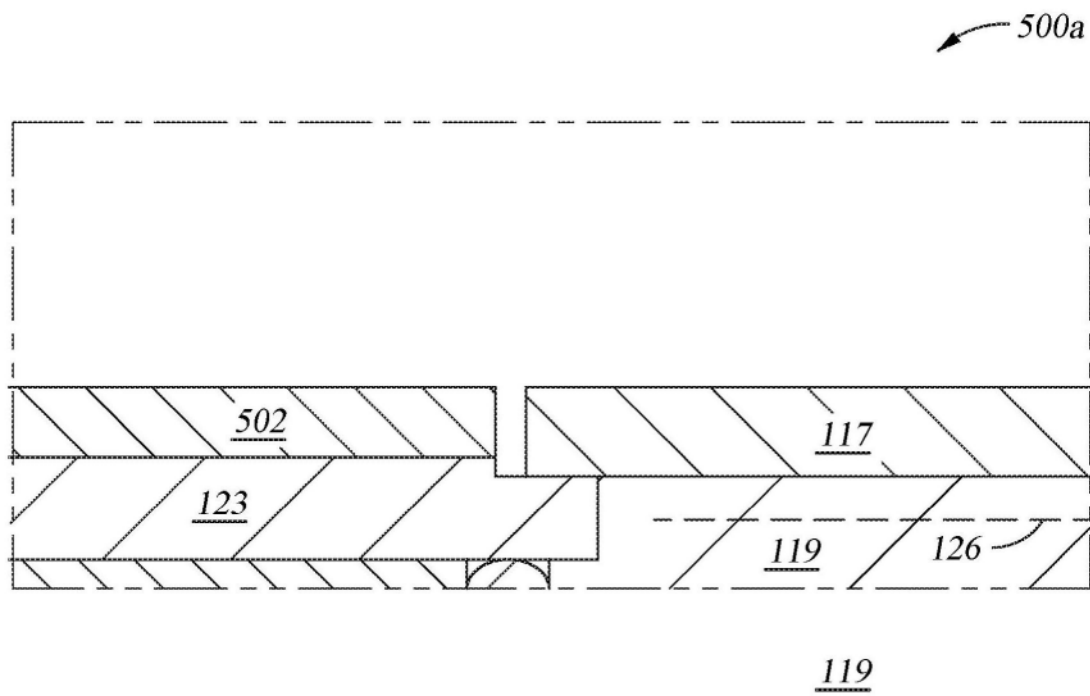


图5A

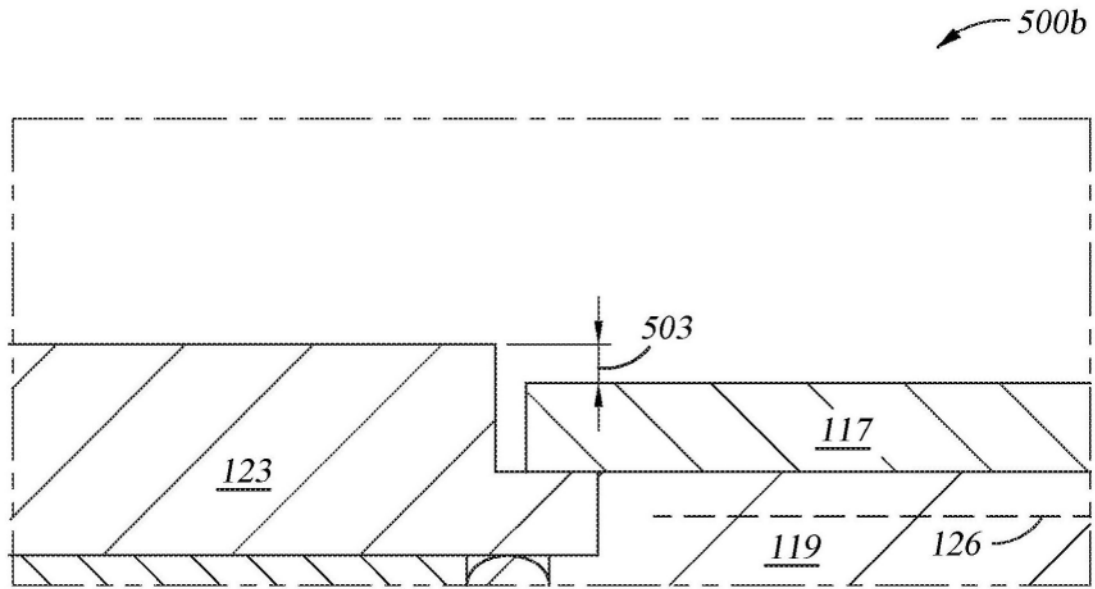


图5B

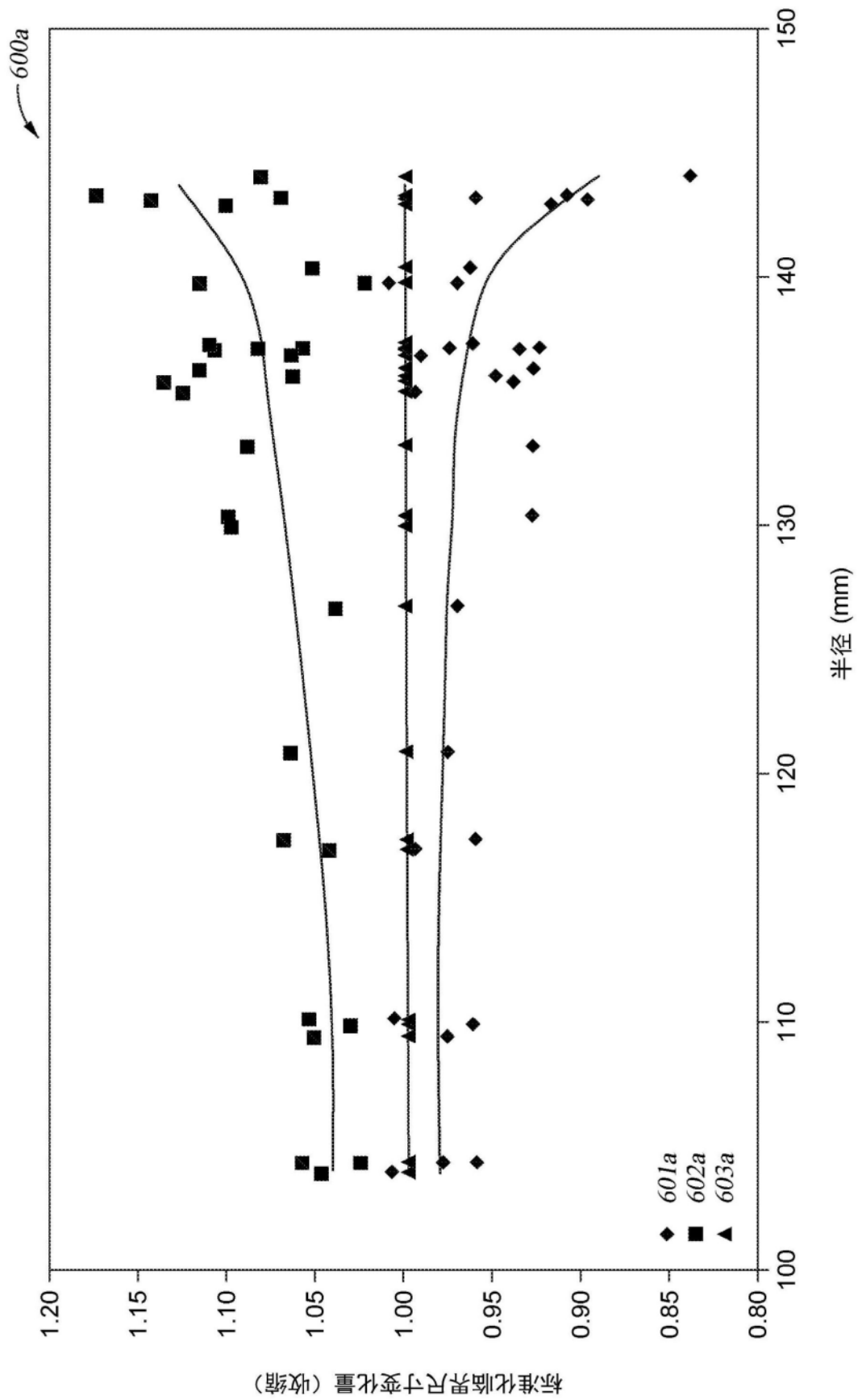


图6A

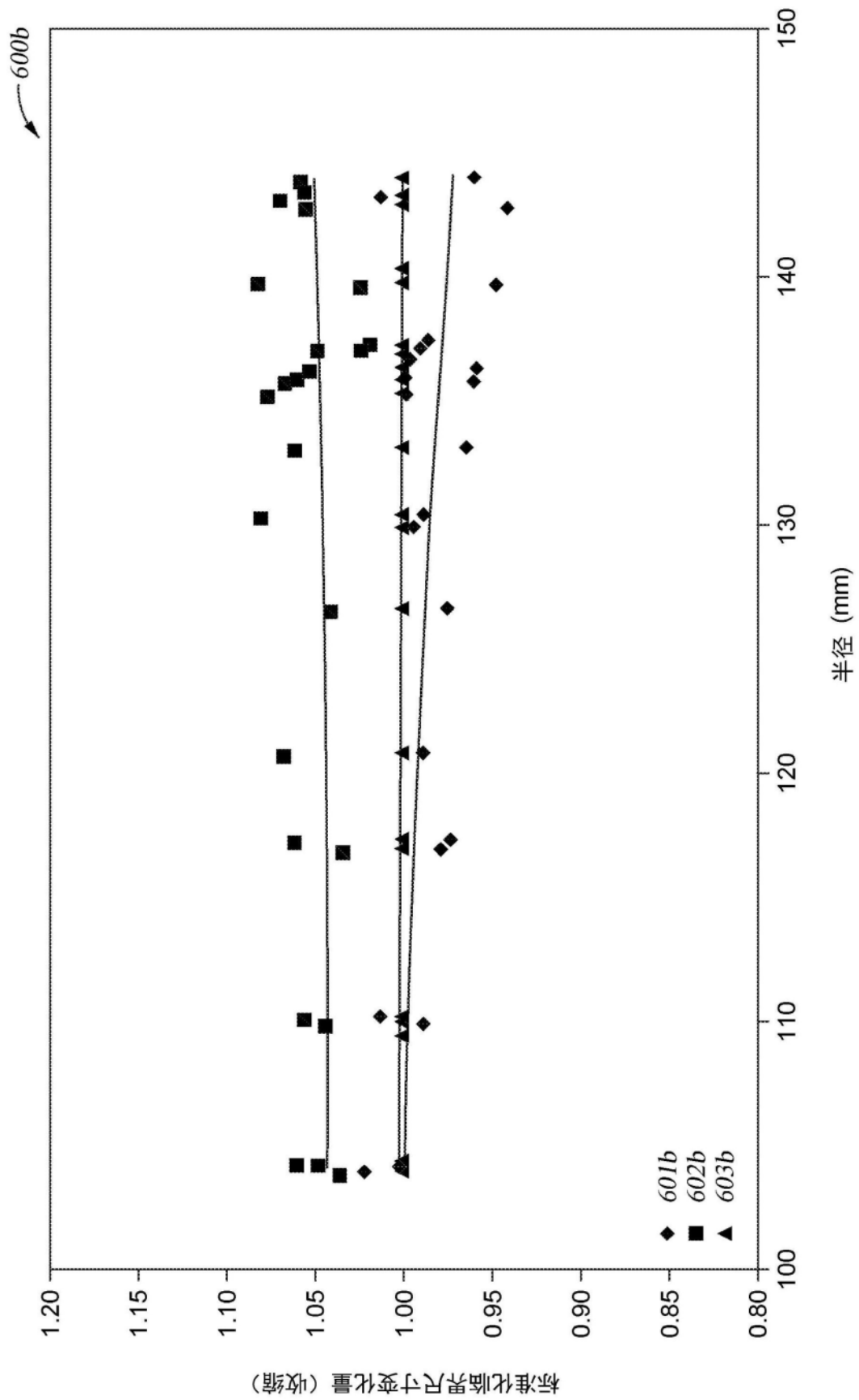


图6B

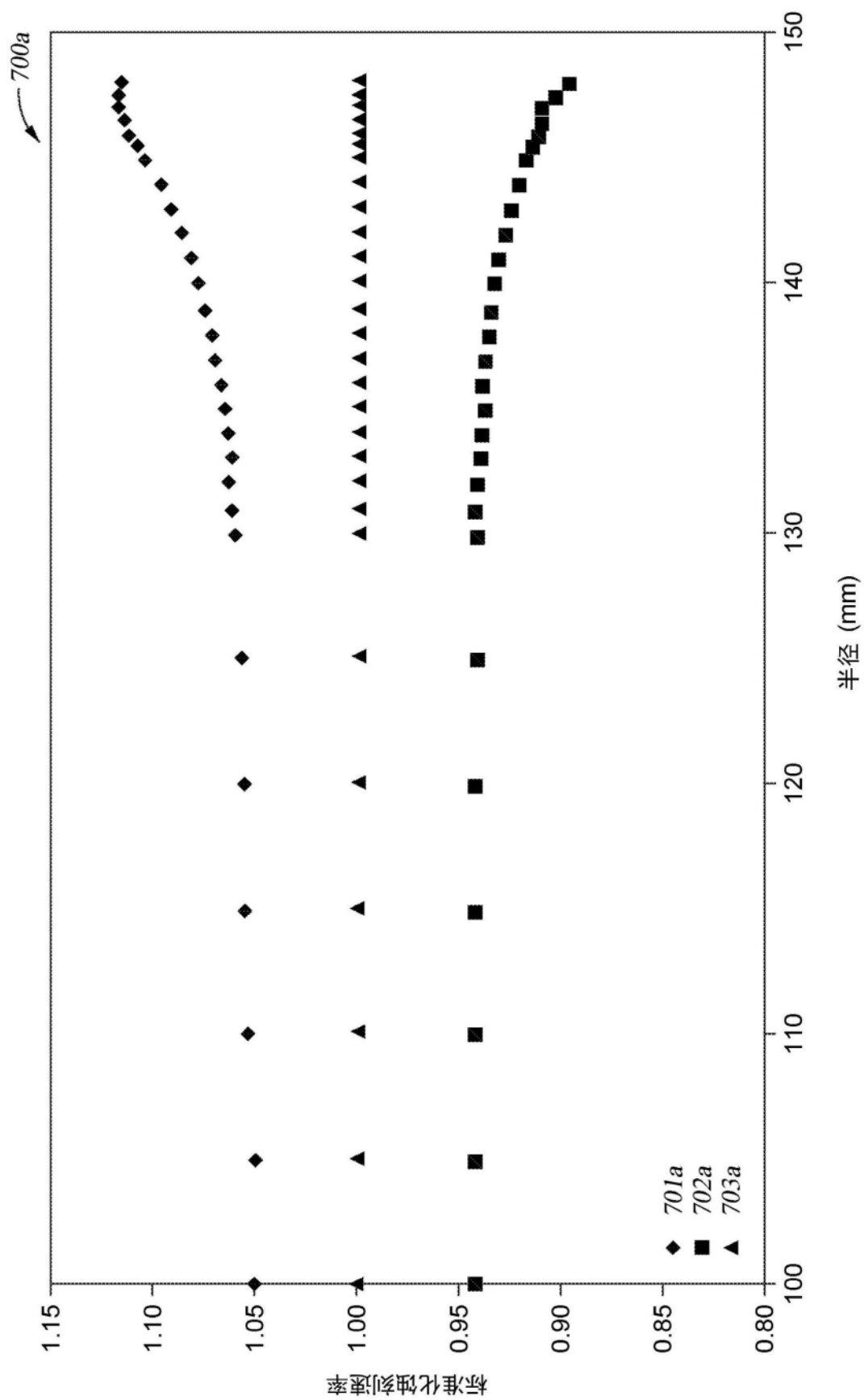


图7A

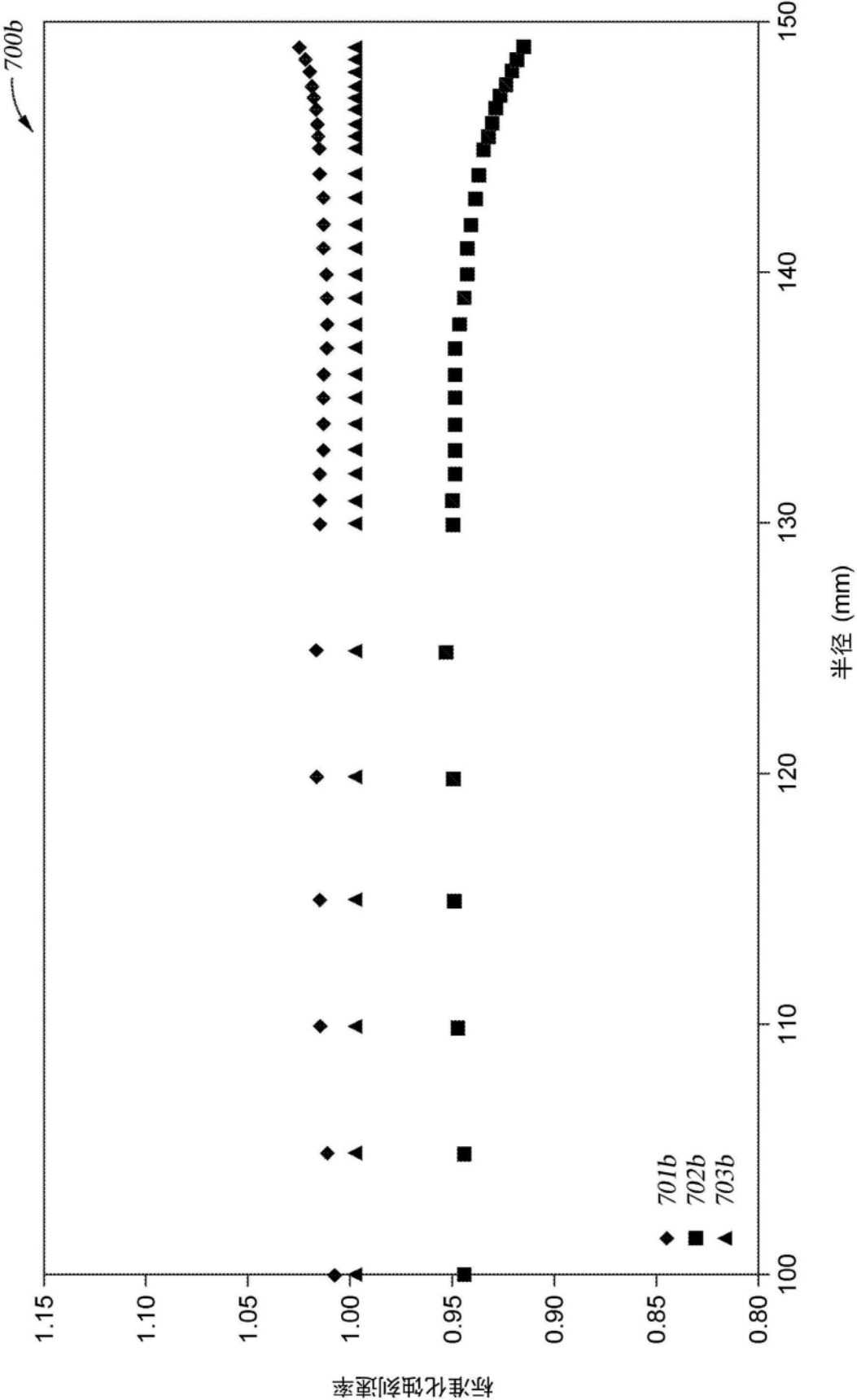


图7B

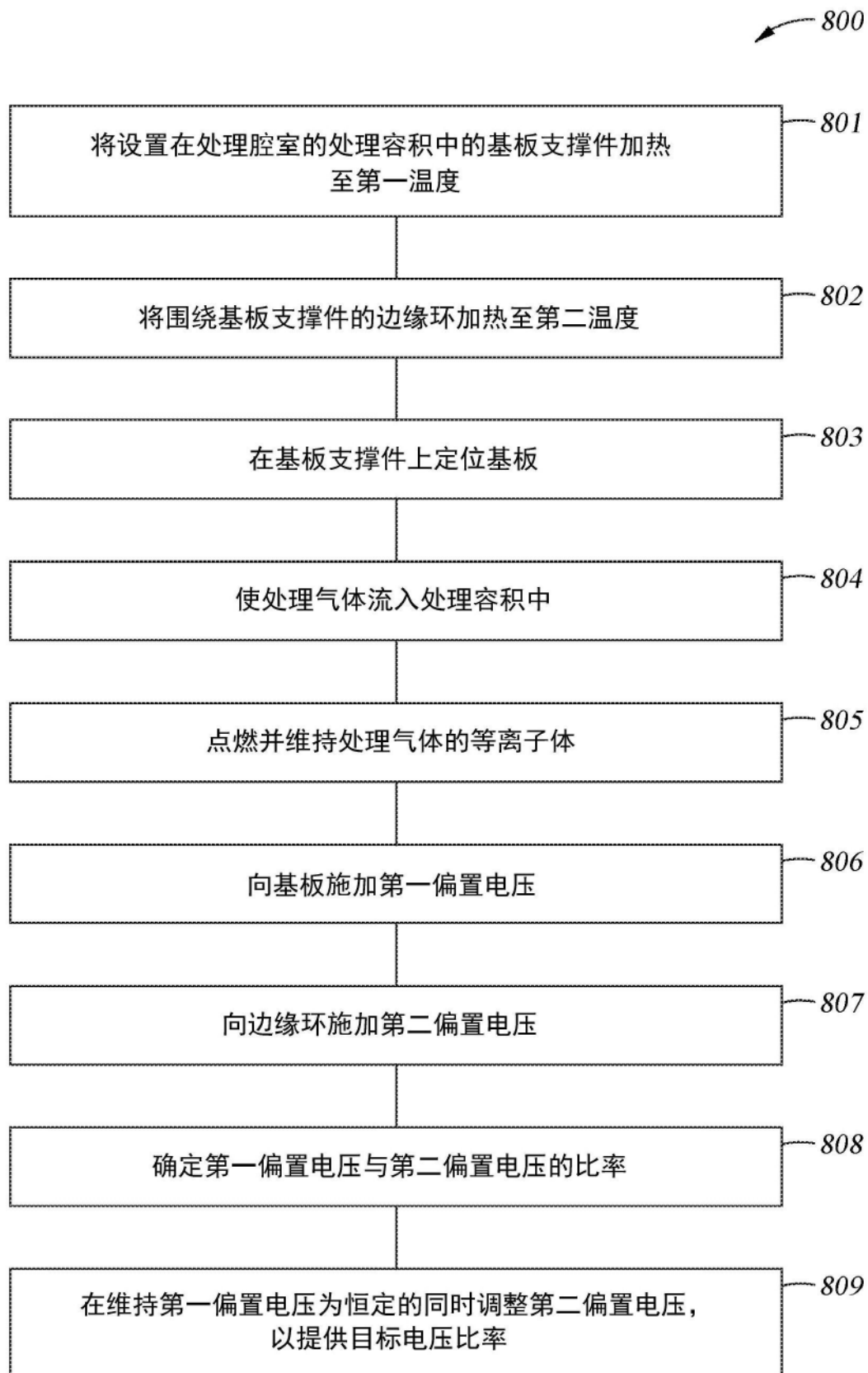


图8