



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117242560 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 15

(21) 申请号 202280031516.5

(22) 申请日 2022.04.26

(30) 优先权数据

63/181,626 2021.04.29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/026309 2022.04.26

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/232118 EN 2022.11.03

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 克里斯托弗·S·奥尔森

托宾·卡芙曼·奥斯本

塞缪尔·C·豪厄尔斯

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

专利代理师 徐金国 吴启超

(51) Int.Cl.

H01L 21/67 (2006.01)

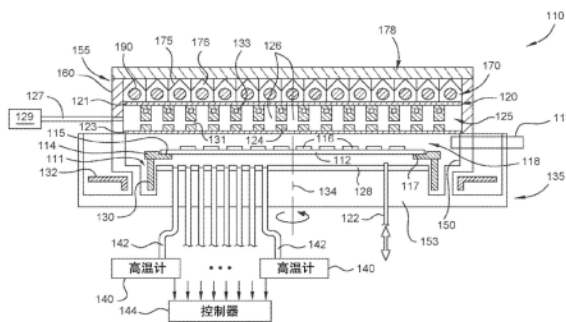
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

用于快速热处理腔室的窗

(57) 摘要

提供了一种用于适用于半导体基板的热处理的热处理腔室的窗组件。窗组件包括：上窗；下窗；及多个线性反射器，设置在上窗和下窗之间。多个线性反射器彼此平行并平行于窗组件的平面纵向延伸。窗组件包括：压力控制区域，界定在上窗、下窗和每个线性反射器的侧表面之间。



1. 一种用于适用于半导体处理的热处理腔室的窗组件,所述窗组件包括:
上窗;
下窗;
多个线性反射器,设置在所述上窗和所述下窗之间,其中所述多个线性反射器彼此平行并平行于所述窗组件的平面纵向延伸;及
压力控制区域,界定在所述上窗、所述下窗和每个线性反射器的侧表面之间。
2. 如权利要求1所述的窗组件,其中所述压力控制区域包括多个相互连接的子区域,其中所述多个子区域在平行于所述窗组件的所述平面的方向上彼此横向间隔开并且通过设置在每个线性反射器的主体中的相应流动通道耦接在一起。
3. 如权利要求1所述的窗组件,其中冷却通道形成在每个线性反射器的主体中。
4. 如权利要求3所述的窗组件,其中所述冷却通道形成延伸通过所述多个线性反射器的连续冷却路径。
5. 如权利要求1所述的窗组件,其中每个线性反射器大致延伸越过所述窗组件的整个长度。
6. 如权利要求1所述的窗组件,其中所述多个线性反射器的至少一个仅延伸越过所述窗组件的长度的一部分。
7. 如权利要求1所述的窗组件,其中每个线性反射器的所述侧表面彼此平行并且垂直于所述窗组件的所述平面。
8. 如权利要求1所述的窗组件,其中每个线性反射器的所述侧表面是锥形的。
9. 如权利要求1所述的窗组件,其中每个线性反射器的所述侧表面是双锥形的。
10. 一种用于适用于半导体处理的热处理腔室的窗组件,包括:
窗主体;及
多个透镜,设置在所述窗主体的表面上,其中每个透镜的光轴垂直于所述窗主体的平面。
11. 如权利要求10所述的窗组件,其中每个透镜包括凸出形状。
12. 如权利要求10所述的窗组件,其中每个透镜包括线性形状,并且其中所述多个透镜彼此平行且平行于所述窗组件的所述平面纵向延伸。
13. 如权利要求10所述的窗组件,其中每个透镜包括菲涅耳透镜。
14. 如权利要求10所述的窗组件,其中所述多个透镜仅设置在所述窗主体的一个表面上。
15. 如权利要求10所述的窗组件,其中所述多个透镜设置在所述窗主体的两个相对表面上。
16. 如权利要求10所述的窗组件,其中所述多个透镜被机械加工到所述窗主体的所述表面中。
17. 如权利要求10所述的窗组件,其中所述窗主体和所述多个透镜被分别制造并结合在一起。
18. 一种适用于半导体处理的热处理腔室,包括:
一个或更多个侧壁,围绕处理区域;
基板支撑件,在所述处理区域内,所述基板支撑件具有基板支撑表面;

窗组件,设置在所述一个或多个侧壁之上,所述窗组件包括:

上窗;

下窗;

多个线性反射器,设置在所述上窗和所述下窗之间,其中所述多个线性反射器彼此平行并平行于所述窗组件的平面纵向延伸;及

压力控制区域,界定在所述上窗、所述下窗和每个线性反射器的侧表面之间;及

灯头,设置在所述窗组件上方。

19. 如权利要求18所述的热处理腔室,其中所述灯头包括多个线性灯,并且其中所述多个线性反射器和所述多个线性灯在平行于所述窗组件的所述平面的方向上具有交替布置。

20. 如权利要求18所述的热处理腔室,其中所述多个线性反射器被调整尺寸为大致符合所述基板支撑件的形状。

用于快速热处理腔室的窗

技术领域

[0001] 本文公开的实施方式大体涉及半导体基板的热处理。更具体地,本文公开的实施方式涉及用于半导体基板的热处理的快速热处理腔室的窗。

背景技术

[0002] 快速热处理(RTP)是一种允许快速加热和冷却基板(诸如硅晶片)的热处理技术。RTP基板处理应用包括退火、掺杂剂活化、快速热氧化和硅化等。在一些示例中,峰值处理温度的范围可从约450°C至约1100°C。在一种类型的RTP腔室中,加热是利用设置在正在被处理的基板的上方或下方的灯头中的许多灯来执行的。灯可在RTP腔室的RTP灯头中以矩阵、蜂窝或线性形式布置。

[0003] 位于灯和基板之间的RTP腔室的主体部分包括窗,以使辐射能够穿过窗传输。RTP腔室的主体部分包围了处理期间基板所位于的处理区域。在处理期间可控制处理区域中的压力。例如,取决于RTP基板处理应用,可在处理区域中使用大气压或真空压力。当处理区域处于真空压力下时,在RTP腔室内侧和外侧之间存在压力差。为了防止由压力差对RTP腔室造成损坏,与只能在大气压下操作的RTP腔室相比,能够在真空压力下操作的RTP腔室可包括更厚的窗。然而,为了适应较厚窗的使用,相应的灯可能与基板间隔得更远,这会降低温度控制的均匀性。

[0004] 因此,存在改进在真空压力下操作的RTP腔室的需求。

发明内容

[0005] 本公开内容的实施方式大体涉及用于半导体基板的热处理的快速热处理腔室及其部件,诸如窗。

[0006] 在一个实施方式中,提供了一种用于适用于半导体制造的热处理腔室的窗组件,窗组件包括:上窗;下窗;及多个线性反射器,设置在上窗和下窗之间。多个线性反射器彼此平行并平行于窗组件的平面纵向延伸。窗组件包括:压力控制区域,界定在上窗、下窗和每个线性反射器的侧表面之间。

[0007] 在另一个实施方式中,一种用于适用于半导体制造的热处理腔室的窗组件包括:窗主体;及多个透镜,设置在窗主体的表面上。每个透镜的光轴垂直于窗主体的平面。

[0008] 在另一实施方式中,一种适用于半导体制造的热处理腔室包括:一个或更多个侧壁,围绕处理区域;基板支撑件,在处理区域内,基板支撑件具有基板支撑表面;及窗组件,设置在一个或更多个侧壁上方。窗组件包括:上窗;下窗;及多个线性反射器,设置在上窗和下窗之间。多个线性反射器彼此平行并平行于窗组件的平面纵向延伸。窗组件包括:压力控制区域,界定在上窗、下窗和每个线性反射器的侧表面之间。热处理腔室包括:灯头,设置在窗组件上方。

附图说明

[0009] 为了能够详细理解本公开内容的上述特征的方式,可通过参考实施方式来获得上文简要概括的本公开内容的更具体的描述,其中一些实施方式显示在附随的附图中。然而,要注意,附随的附图仅显示了本公开内容的典型实施方式,且因此不应被视为限制其范围,因为本公开内容可允许其他等效的实施方式。

[0010] 图1A是根据一个实施方式的热处理腔室的侧视截面图。

[0011] 图1B和图1C是示出了可在图1A的热处理腔室中使用的两个不同的示例性窗组件的示意性俯视图。

[0012] 图1D是图1A的热处理腔室的一部分的放大侧视截面图,该放大侧视截面图更详细地显示了示例性反射器。

[0013] 图2A是示出了可在图1A的窗组件中使用的另一个示例性反射器的放大的侧视截面图。

[0014] 图2B是示出了可在图1A的窗组件中使用的又一示例性反射器的放大的侧视截面图。

[0015] 图3A是图1A的热处理腔室的侧视截面图,该侧视截面图示出了与其一起安装的不同窗组件。

[0016] 图3B是图3A的窗组件的示意性俯视图。

[0017] 图3C是图3A的热处理腔室的一部分的放大侧视截面图。

[0018] 图4是放大的侧视截面图,该侧视截面图示出了可在图3A的热处理腔室中使用的另一个示例性窗组件。

[0019] 为了便于理解,已在可能的情况下使用共同文字来指定附图共有的相同元件。预期在一个实施方式中公开的元件可有益地用于其他实施方式而无需具体叙述。

具体实施方式

[0020] 本公开内容大体涉及半导体基板的热处理。更具体地,本文公开的实施方式涉及用于半导体基板的热处理的快速热处理腔室的窗。

[0021] 本文公开的设备及/或方法为真空压力RTP处理提供了改进的窗。在一个示例性处理中,氮氧化硅(如, SiO_2)膜的氮化后退火在氧的低Torr(如,0.1-5Torr)分压下进行。因为在大气压下需要超高稀释以实现氧的低Torr分压,所以在真空压力下实施氮化后退火处理。在另一个示例中,真空压力RTP用于自由基氧化处理,自由基氧化处理使用由氢-氧燃烧产生的原子氧自由基,因为燃烧仅在约10Torr或更低的压力下发生。在又一示例中,真空压力RTP与远程等离子体源中产生的原子氧自由基一起使用,因为原子自由基在大于约3Torr的压力下不稳定。除其他外,上述处理的每一个都受益于本公开内容的设备及/或方法。

[0022] 本文公开的实施方式提供了一种窗组件,窗组件包含多个线性反射器,线性反射器反射并提供由热处理腔室的一个或更多个线性灯发射的辐射的方向性。与常规反射器相比,线性反射器减少或防止辐射在处理区域内或基板表面上的区域重叠,因此改善温度控制均匀性。

[0023] 本文公开的实施方式提供了具有侧表面的线性反射器,与常规反射器相比,侧表面经调整形状及/或角度以对入射在侧表面上的辐射提供改进的方向控制,因此改善温度

控制均匀性。

[0024] 本文公开的实施方式提供了线性灯和线性反射器,线性灯和线性反射器经调整尺寸以大体符合基板支撑件及/或设置在其上的基板的形状,使得灯功率不会浪费在基板的区域外侧的加热区域中。

[0025] 本文公开的实施方式提供了窗组件,与常规窗相比,窗组件包含多个透镜,透镜改进了由热处理腔室的一个或更多个灯发射的辐射朝向垂直于窗组件的平面的方向返回的方向性及/或聚焦,因此改善区域辐射控制和温度控制均匀性。

[0026] 本文所公开的实施方式提供了窗组件,与常规窗相比,窗组件包含多个线性透镜,多个线性透镜改进了由热处理腔室的一个或多个线性灯发射的辐射的方向性及/或聚焦,从而改善区域辐射控制和温度控制均匀性。

[0027] 图1A是热处理腔室110的侧视截面图。热处理腔室110可用于基板的快速热处理(RTP)。如本文所用,快速热处理或RTP是指能够以约50°C/秒和更高的速率,例如,以约75°C/秒至100°C/秒或约150°C/秒至约220°C/秒的速率均匀加热基板的设备、腔室或处理。在一些示例中,RTP腔室中的降温(ramp-down)(冷却)速率可在约30°C/秒至约90°C/秒的范围内。

[0028] 热处理腔室110包括一个或更多个侧壁150,该侧壁150围绕及/或包围用于热处理基板112(诸如硅基板)的处理区域118。热处理腔室110包括基底153,该基底153支撑一个或更多个侧壁150。热处理腔室110包括设置在一个或更多个侧壁150之上的窗组件120、设置在窗组件120之上的灯头155和设置在灯头155之上的反射器组件178。窗组件120是透明的,以使辐射能够穿过其传输。如本文所用,“辐射”是指任何类型的电磁辐射(例如,包括紫外(UV)光、可见光和红外(IR)光的热辐射)。如本文所用,“透明”是指给定波长的大部分辐射被透射。因此,如本文所用,“透明”物体是透射感兴趣的给定波长的大部分入射辐射的物体。如本文所用,若物体对可见光是“透明的”,则物体会透射大部分可见波长的入射光。同样地,若物体对红外光是“透明的”,则物体会透射大部分红外波长的入射光。同样地,若物体对紫外光是“透明的”,则物体会透射大部分紫外波长的入射光。

[0029] 基板支撑件111位于处理区域118内。基板支撑件111是可旋转的。基板支撑件111包括环形支撑环114和可旋转的支撑圆柱体130。可旋转凸缘132位于处理区域118的外侧并且磁耦合到支撑圆柱体130。致动器(未示出)可用以绕着热处理腔室110的中心线134旋转凸缘132。在一个示例中,支撑圆柱体130的底部可通过围绕支撑圆柱体130的线圈中产生的旋转磁场而磁悬浮和旋转。

[0030] 基板112在其周边由基板支撑件111的环形支撑环114支撑。环形支撑环114的边缘唇缘115向内延伸并接触在边缘唇缘115的基板支撑表面117上的基板112的背侧的一部分。基板112定向成使得已经形成在基板112的前表面上的特征116面向灯头155。

[0031] 通往热处理腔室110的处理区域118的端口113用以将基板传送到热处理腔室110和从热处理腔室110传送基板。当基板112设置在热处理腔室110中或从热处理腔室110移除时,多个升降销122(诸如三个升降销)伸出和缩回以支撑基板112的背侧。替代地,多个升降销122可保持静止,而基板支撑件111被移动以实现升降销122相对于基板支撑件111的伸出和缩回。

[0032] 处理区域118在其上侧由窗组件120界定。窗组件120将灯头155与处理区域118分

开。下面更详细地描述窗组件120。

[0033] 灯头155用以在热处理期间加热基板112。灯头155包括外壳160和设置在外壳160内的灯的布置170。外壳可由金属(诸如不锈钢)或其他合适的材料形成。灯的布置170包括多个灯190。用作灯190的合适灯的示例可包括卤钨灯、汞蒸气灯、红外灯和紫外灯。灯190向处理区域118提供热量以升高基板112的温度。如图1A所示,灯190是并排布置的线性灯,并且彼此平行并且平行于窗组件120的平面纵向地延伸。窗组件的平面是指纵向穿过窗组件(亦即与其长轴对齐)的平面及/或平行于窗组件的上表面或下表面的平面。如本文所用,“线性灯”是指具有辐射源(例如,UV、IR或可见光的源)的灯,辐射源在第一方向上纵向延伸的距离大于在垂直于第一方向的第二方向上所测量的辐射源的宽度。在一个示例中,线性灯包括细长灯泡,灯泡围绕一个或更多个辐射发射线或灯丝。在一些其他示例中,灯190可为圆形灯或单源灯,该圆形灯或单源灯具有在第一和第二方向上具有大约相等尺寸的辐射源。在这样的示例中,灯190可布置成矩阵或蜂窝形式。

[0034] 在一个示例中,灯190的一个或更多个可为分段灯,该分段灯配置为引导热量以控制基板112上的特定区域(诸如当基板112由可旋转基板支撑件111旋转时基板112上的环形区域)的温度。分段灯的辐射发射组件(例如灯丝)可布置成区域,例如径向区域,对应于基板支撑件111上的基板112的待加热区域。一个或更多个传感器(诸如高温计)可用以监测不同区域,从而允许对基板112的不同区域进行单独的温度控制。例如,可向基板112的外边缘提供更多热量以解决外边缘周围的增大的表面积。分段灯及/或分段灯的发射器可被布置成从布置170的一个边缘到另一边缘跨越布置170来提供任何期望的区域的形状或轮廓,例如线性区域,或正方形或矩形区域,区域的形状或轮廓可为同心的或无中心的。下面更详细地描述灯190。

[0035] 反射器组件178设置在灯头155的外壳160之上,以将辐射反射回基板112。反射器组件178的表面可镀有反射材料,诸如金、铝或不锈钢(诸如抛光不锈钢)。每个灯190设置在反射腔176中。每个反射腔176在顶部由反射器175界定。在一个示例中,反射器175可在相应灯190的任一侧上延伸。反射器175可引导、聚焦、及/或塑形来自灯190的辐射。

[0036] 在一些示例中,反射器组件178可包括冷却通道,以帮助从灯头155移除多余的热量,并在降温期间通过使用冷却剂(诸如水)帮助冷却基板112。尽管反射器组件178示出为具有基本平坦的形状,但在一些其他示例中,反射器组件178可具有凹入形状。

[0037] 窗组件120包括上窗121、下窗123、多个反射器124以及压力控制区域125,多个反射器124设置在上窗121和下窗123之间并支撑上窗121和下窗123,压力控制区域125界定在上窗121和下窗123和每个反射器124的侧表面之间。每个窗可由透明材料形成,诸如石英或熔融石英(无定形石英)。每个反射器可由反射材料形成或镀有反射材料,诸如金、铝或不锈钢(诸如抛光不锈钢)。通常,反射器124反射由灯190发射的辐射并为灯190发射的辐射提供方向性,以减少或防止处理区域118内及/或基板表面上的辐射的区域重叠。压力控制管线127在压力控制区域125和压力控制组件129之间流体连通。压力控制组件129可包括用于调节压力控制区域125内的压力的真空泵、吹扫气体(例如,氦气或另一种惰性气体)的源和节流阀。在一个示例中,压力控制区域125可在约5Torr至约20Torr的范围内的真空压力下操作。

[0038] 压力控制区域125由多个互连的(例如,流体连接的)子区域126形成,子区域126在

平行于窗组件120的平面的方向上彼此横向间隔开并且在垂直于窗组件120的平面的方向上与相应的灯190的每一个对准。如图所示,子区域126通过设置在每个反射器124的主体中的相应的流动通道131耦接在一起。所示的流动通道131平行于窗组件120的平面。然而,在一些其他示例中,流动通道131可相对于窗组件120的平面以钝角或锐角延伸。在一些其他示例中,子区域126可通过路径设定在每个反射器124周围(如,每个反射器124上方和上窗121下方或每个反射器124下方和下窗123上方)的相应流动通道而耦接在一起。

[0039] 如图所示,冷却通道133形成在每个反射器124的主体中,以帮助从窗组件120中移除多余的热量。冷却通道133垂直于流动通道131的方向并且平行于窗组件120的平面纵向延伸通过每个反射器124。冷却通道133形成连续的冷却路径135,冷却路径135延伸穿过每个反射器124(如图1B和图1C所示)。下面更详细地描述窗组件120。

[0040] 处理区域118在其下侧由热处理腔室110的基底135界定。基底135包括反射器板128,该反射器板128设置在环形支撑环114的边缘唇缘115下方。反射器板128平行于基板112的面向反射器板128的背侧表面延伸并且延伸于大于该背侧表面的区域。反射器板128将从基板112发射的辐射反射回基板112,以增强基板112的表观发射率。反射器板128的顶表面和基板112的背侧表面形成反射腔,用于提高基板112的有效发射率,以提高温度测量的准确性。在基板112和反射器板128之间的间距可为约3mm至约9mm,并且反射腔的宽度与厚度的宽厚比可大于约20。反射器板128的顶表面可由铝形成,并且可具有由不同材料形成的表面涂层,例如高反射材料(诸如银或金),或多层介电镜。在一些示例中,反射器板128可具有不规则或有带纹理的顶表面,或可具有黑色或其他颜色的顶表面以更接近地类似于黑体壁。反射器板128设置在基底135上。基底135可包括冷却通道(未显示),以帮助从基板112移除多余的热量。冷却通道尤其可在使用冷却剂(诸如水)的降温期间使用。

[0041] 基底135包括多个温度传感器140,以测量跨旋转基板112的半径的温度,该温度传感器140示出为高温计。每个传感器140通过光学光管142和反射器板128中的孔口耦接,以面向基板112的背侧。光管142可由蓝宝石、金属或二氧化硅纤维以及其他材料形成。

[0042] 控制器144可用以在处理期间控制基板112的温度。例如,控制器144可用以在热处理的特定步骤期间向灯190供应相对恒定量的功率。控制器144可针对不同基板或在同一基板上执行的不同热处理步骤改变供应给灯190的功率的量。控制器144可使用来自传感器140的信号作为输入来控制基板112上的不同径向区域的温度。控制器144可调整供应给不同灯190的电压,以在处理期间动态控制辐射加热强度和模式。在一个示例中,灯190可由DC功率供应器提供功率。在另一个示例中,灯190可由AC功率供应器和整流器(诸如可控硅整流器)提供功率。

[0043] 高温计通常测量在约700nm和约1000nm的范围内的例如约40nm的窄波长带宽中的光强度。控制器144(或其他仪器)可使用任何合适的方法将测量的光强度转换为温度读数。

[0044] 虽然所示的热处理腔室110具有其中灯190设置在基板112上方的顶部加热配置,但可预期的是,其中灯190设置在基板112下方的底部加热配置可受益于本公开内容,并且可用于补充或代替所示的顶部加热配置。在一些示例中,其上形成有特征116的基板112的前表面可在处理期间背离灯头155(亦即,面向传感器140)。

[0045] 图1B和图1C是示意性俯视图,示出了可在图1A的热处理腔室110中使用的两个不同的示例性窗组件。虽然在图1B和图1C中描绘了灯190,但是为了清楚起见,从附图中省略

了反射器组件178。共同参考图1B和图1C,冷却路径135具有入口135a、出口135b和串联耦接在每个冷却通道133(以虚线示出)之间的连接器135c。连接器135c可根据需要在窗组件120内侧或外侧设定路径。

[0046] 如上所述,灯190是线性灯,它们并排布置,并且彼此平行并平行于窗组件120的平面纵向延伸。在图1B中,每个灯190a大致延伸越过窗组件120a的整个长度,而在图1C中,灯190b-190f的至少一个仅延伸越过窗组件120b的长度的一部分(如,小于整体)。反射器124是并排布置并且彼此平行并平行于窗组件120的平面纵向延伸的线性反射器。如本文所用,“线性反射器”是指在第一方向上纵向延伸的距离大于在垂直于第一方向的第二方向上所测量的反射器的宽度的反射器。在一些其他示例中,反射器可为在第一和第二方向上具有约相等的尺寸的圆形。在这样的示例中,反射器可布置成与灯的形式相匹配的矩阵或蜂窝形式。

[0047] 如俯视图所示,反射器124和灯190在垂直于反射器124的纵向方向并且平行于窗组件120的平面的方向上彼此交替。在图1B中,每个反射器124a延伸越过窗组件120a的大约整个长度,而在图1C中,反射器124b-124f的至少一个仅延伸越过窗组件120b的长度的一部分。在一些示例中,窗组件120的尺寸适于装配在热处理腔室110的外壳160内,使得窗组件120的长度对应于处理区域118的长度。在这样的示例中,在图1B中示出的每个反射器124a可延伸越过处理区域118的大约整个长度,而在图1C中所示的反射器124b-124f的至少一个仅延伸越过处理区域118的长度的一部分。

[0048] 参考图1B中所示的窗组件120a,每个灯190a具有相等的长度196a,长度196a大于基板112(以虚线示出)的直径。如图所示,每个反射器124a的长度约等于每个灯190a的长度196a。窗组件120a的一个优点是,与更复杂的设计(如,具有不同长度的部件的设计,如图1C所示的设计)相比,具有等长度的灯190a和等长度的反射器124a的这种布置170a制造起来相对简单和便宜。

[0049] 参照图1C中所示的窗组件120b,灯190b-190f具有不同的长度。可与处理区域118及/或基板112的径向中心对准的最长的灯190b的长度可与图1B中的每个灯190a的长度196a约相同。图1C中所示的灯的布置170b关于中心灯190b对称。因此,只标记布置170b的一侧上的灯190b-190f。在一些其他示例中,灯的布置可为非对称的。尽管仅示出了最短的灯190f的长度196f,但是灯190c、190d、190e和190f中的每一个的长度从处理区域118及/或基板112的径向中心到外边缘依次减小。灯190b-190f的每一个延伸超出基板支撑件111及/或基板112的外边缘,使得基板112的整个区域受到从灯190b-190f的至少一个发出的辐射。

[0050] 如图所示,反射器124b-124f根据灯190b-190f的相邻灯的长度而调整尺寸。图1C中所示的反射器124b-124f相对于中心灯190b对称。因此,只标记在中心灯190b的一侧上的反射器124b-124f。在一些其他示例中,反射器的布置可为非对称的。类似于灯,反射器124b、124c、124d、124e和124f的每一个的长度从处理区域118及/或基板112的径向中心到外边缘依次减小。反射器124b-124f的每一个延伸超出基板112的外边缘。与图1B相比,图1C中的灯190b-190f和反射器124b-124f经调整尺寸以大致符合基板支撑件111及/或基板112的形状,使得灯功率不会浪费在基板112的区域外侧的加热区域上。

[0051] 图1D是图1A的热处理腔室110的一部分的放大侧视截面图,该放大侧视截面图更详细地示出了反射器124。反射器124从下方支撑上窗121并且提供在上窗121和下窗123之

间的分离以在它们之间界定压力控制区域125。反射器124具有反射侧表面136,以在垂直于窗组件120的平面的方向上通过将入射在侧表面136上的广角辐射反射回与每个对应的灯190对准的基板112的区域来减少或防止灯190发射的辐射的区域重叠。反射器124可形成为在垂直于窗组件120的平面的方向上相对较薄且为从约1cm到约3cm,以限制来自入射在侧表面136上的辐射的能量吸收或其他能量损失。因此,尽管反射器124示出为在垂直于窗组件120的平面的方向上的高度大于在平行于窗组件120的平面的方向上的宽度,但在其他一些示例中,宽度可能大于或等于高度。

[0052] 入射在反射器124的侧表面136上的辐射的反射可基于每个侧表面136的形状及/或角度来定向控制。如图1D所示,反射器124的横截面为矩形,该矩形的横截面具有彼此平行并且垂直于窗组件120的平面的平坦的侧表面136。

[0053] 图2A-2B是放大的侧视截面图,这些侧视截面图示出了可在图1A的窗组件120中使用的两个其他示例性反射器224a和224b。在一些示例中,每个反射器的横截面形状可为梯形(锥形)(图2A)、沙漏形(图2B)、正方形、三角形、椭圆形、菱形、任何其他合适的二维几何形状或多边形,或这些形状的组合。在一些示例中,反射器224a、224b的对应侧表面236a和236b可为锥形的,例如具有单个角度(图2A)或两个不同角度(双锥形)(图2B)、弯曲的、凹入的、凸出的或具有任何其他合适的横截面轮廓。在一些示例中,同一反射器224a、224b的对应侧表面236a、236b可在向下方向上彼此向外发散(亦即,朝向下窗123)(图2A),在向下方向上朝向彼此向内会聚,或在向下方向部分会聚和部分发散(图2B)。在一些实现方式中,与具有平行侧表面的反射器相比,使用具有非平行侧表面的反射器可通过进一步减少区域重叠及/或改进由灯190发射的辐射的方向控制来提高窗组件的整体效率。

[0054] 图3A是图1A的热处理腔室110的侧视截面图,该侧视截面图示出了与其一起安装的不同窗组件320。图3B是图3A的窗组件320的示意性俯视图。图3C是图3A的热处理腔室110的一部分的放大侧视截面图,该放大侧视截面图更详细地示出了窗组件320。为了清楚起见,图3A-3C在本文中一起描述。窗组件320包括具有上表面323和下表面324的窗主体321。上表面323是指在图3A-3B中至少部分地用虚线指示的面向灯190的表面。下表面324是指与上表面323相对的面向处理腔室118的表面。如图所示,下表面324是基本上平坦的。

[0055] 窗主体321具有从上表面323向上延伸的多个透镜325。每个透镜325的光轴337(如图3C所示)垂直于窗主体321的平面。透镜325是在平行于窗主体321的平面的方向上彼此横向间隔开。每个透镜325沿轴337与对应的灯190对准。在一些示例中,当平行于窗主体321的平面测量时,每个透镜325和对应的灯190可具有约相同的宽度。在一个示例中,透镜325和对应的灯190的宽度可为约1cm。如图所示,每个透镜325具有凸出形状,该凸出形状在中心比在边缘处厚,以便将广角辐射重新导向返回可为垂直轴的轴337。例如,在每个透镜325的外表面326和下表面324之间测量的厚度T1大于在上表面323和下表面324之间测量的厚度T2。结果,每个透镜325的外表面326比窗主体321的上表面323更靠近对应的灯190。

[0056] 如图3B所示,透镜325是并排布置的线性透镜,并且彼此平行并平行于窗组件320的平面纵向延伸。如本文所用的“线性透镜”是指具有线性形状的透镜,该透镜在第一方向上纵向延伸的距离大于在垂直于第一方向的第二方向上测量的透镜的宽度。在一些其他示例中,透镜可为在第一和第二方向上具有大约相等的尺寸的圆形。在这样的示例中,透镜可布置成与灯的形式相匹配的矩阵或蜂窝形式。

[0057] 在一个示例中,每个透镜325可为菲涅耳(Fresnel)透镜,该菲涅耳透镜具有组装在平坦表面上的一系列同心圆环。与常规透镜相比,菲涅耳透镜可捕获更大部分的广角光。菲涅耳透镜可制造得比可比较的常规透镜薄得多。因此,在窗组件320中使用菲涅耳透镜的一个优点是:与提高温度控制均匀性的常规透镜相比,灯190可定位得更靠近基板112。

[0058] 每个透镜325的焦距可为约5mm至约20mm,诸如约5mm至约10mm、诸如约5mm、诸如约10mm。在一些示例中,窗主体321和透镜325可单独制造并结合在一起。例如,每个透镜325的平坦侧可结合到平坦的上表面323。在这样的示例中,透镜325可为与窗主体321的材料相同或不同的材料。在一个示例中,透镜325可由石英或熔融石英(无定形石英)形成。在一些其他示例中,透镜325可机械加工到窗主体321的表面中。

[0059] 在操作中,窗组件320通过使用强制空气流的对流冷却,在窗主体321的上表面323上方和在每个透镜325的外表面326上方大体平行于窗组件320的平面引导强制空气流。可在灯190和窗组件320之间引导气流。

[0060] 当窗组件320被配置为与真空压力RTP一起使用时,在上表面323和下表面324之间测量的厚度T2可为约20mm至约25mm。在一个示例中,在基板112和灯190之间的距离可为约40mm到约45mm,该距离可大于可使用更薄窗的大气压RTP的对应距离。因此,当在真空压力RTP中使用平坦窗时,区域辐射控制的损失可能是由于光线的分散而导致的,这在与真空压力RTP相关的更大距离上更为明显。有利地,与平坦窗相比,窗组件320提供了朝向垂直于窗组件320的平面的轴337返回的辐射(如,光线)的增加的方向性及/或聚焦,并且因此改善了区域辐射控制和温度控制的均匀性。

[0061] 图4是放大的侧视截面图,示出了可在图3A的热处理腔室110中使用的另一个示例性窗组件420。窗组件420类似于图3A-3B的窗组件320,除了在窗主体321的上表面和下表面两者上都具有透镜。除了朝上的透镜325之外,图4中的窗主体321进一步包括从下表面324向下延伸的多个透镜427。在图4中,下表面324至少部分地用虚线表示。透镜427可与透镜325类似地构造和布置。透镜427在平行于窗组件420的平面的方向上彼此横向间隔开。每个透镜427还沿着垂直于窗组件420的平面的轴337与对应的灯190和对应的透镜325对准。

[0062] 如图所示,每个透镜427具有凸出形状,该凸出形状的中心比边缘处厚,以便将广角辐射重新导向返回轴337。例如,在每个透镜325的外表面326和每个透镜427的外表面429之间测量的厚度T3大于在上表面323和下表面324之间测量的厚度T4。结果,每个透镜427的外表面429比下表面324更靠近基板112。在使用具有设置在上表面323和下表面324两者上的透镜的窗组件420进行处理的期间,与使用具有仅设置在窗主体321的一个表面上的透镜的窗组件320的处理相比,来自灯190的大部分辐射可平行于轴337对准。例如,每组透镜可将辐射部分地重新定向返回轴337,使得上透镜和下透镜的相加效果大于单独上透镜或下透镜的任一者的效果。在一些其他示例中,窗组件可仅在下表面上而不在上表面上具有透镜。

[0063] 尽管前述内容涉及本公开内容的实施方式,但是可设计本公开内容的其他和进一步的实施方式而不背离其基本范围,并且其范围由以下的权利要求范围决定。

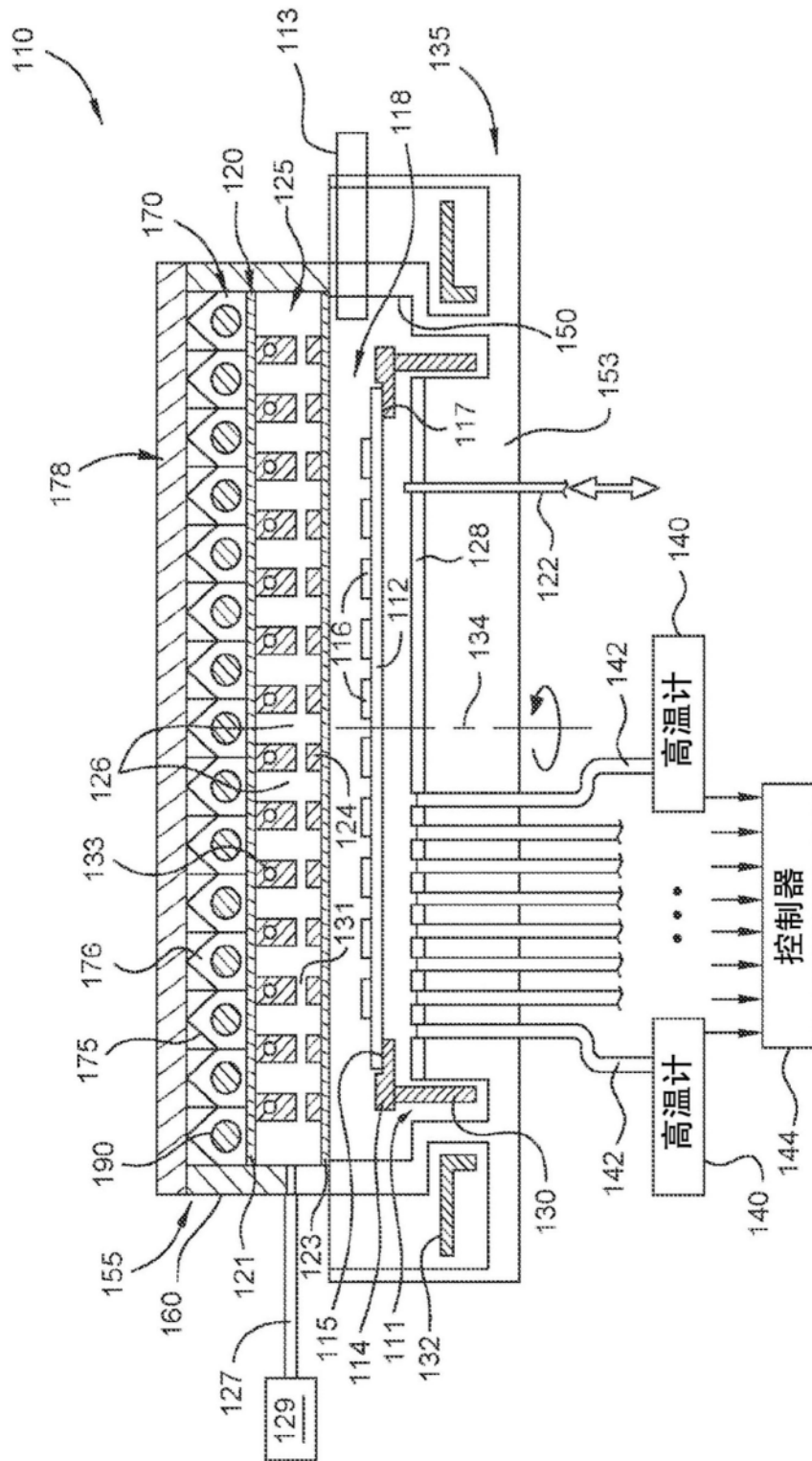


图1A

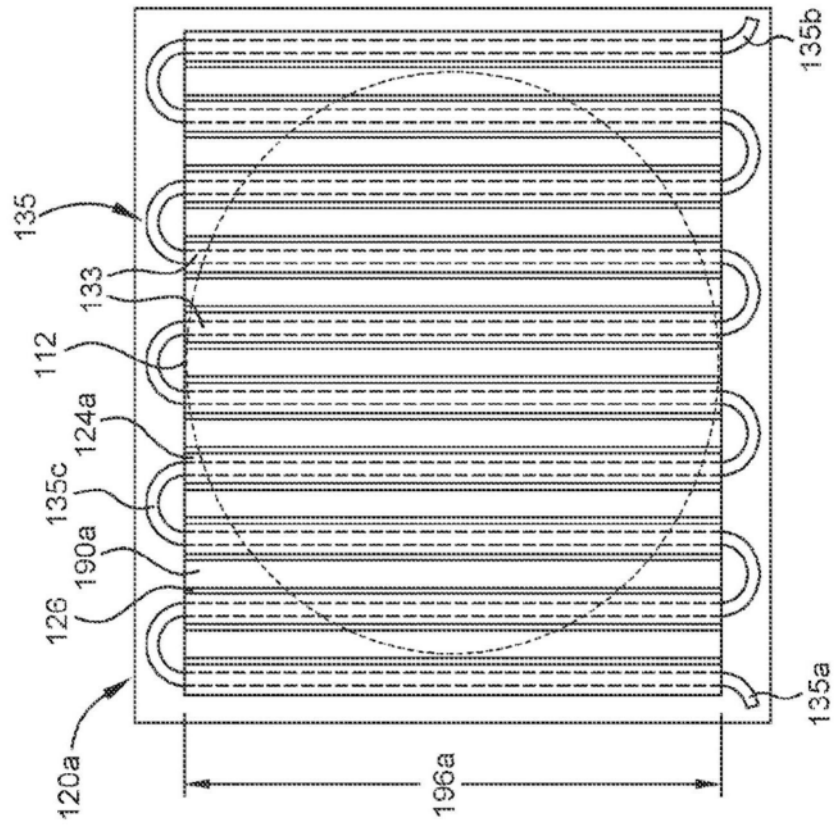


图1B

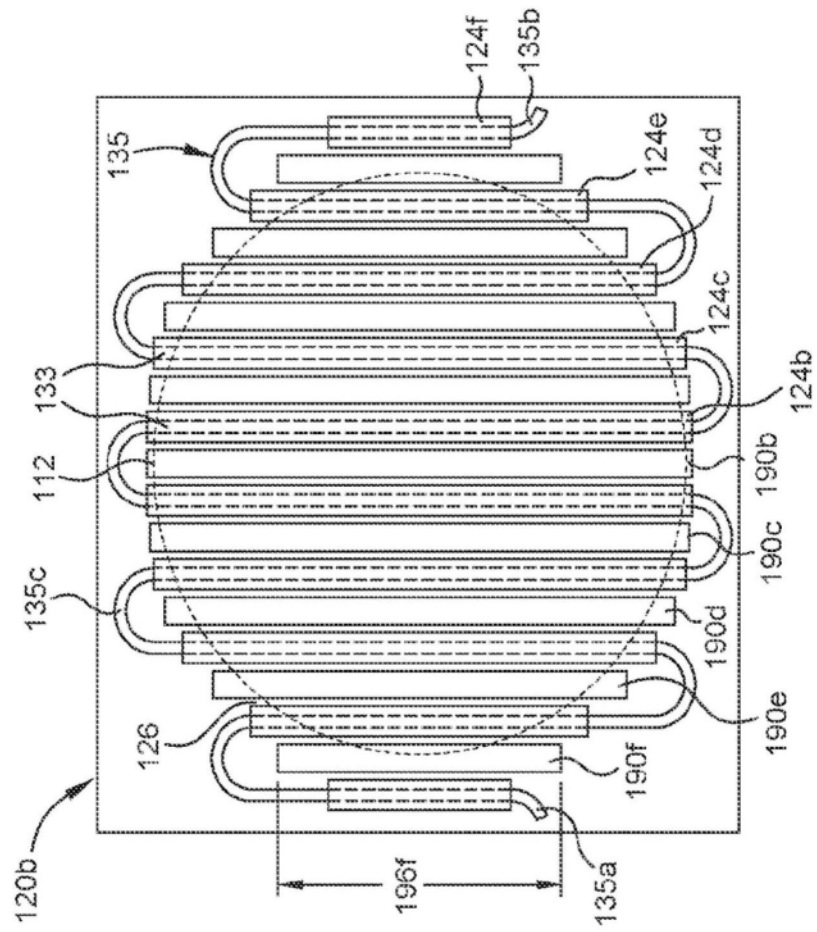


图1C

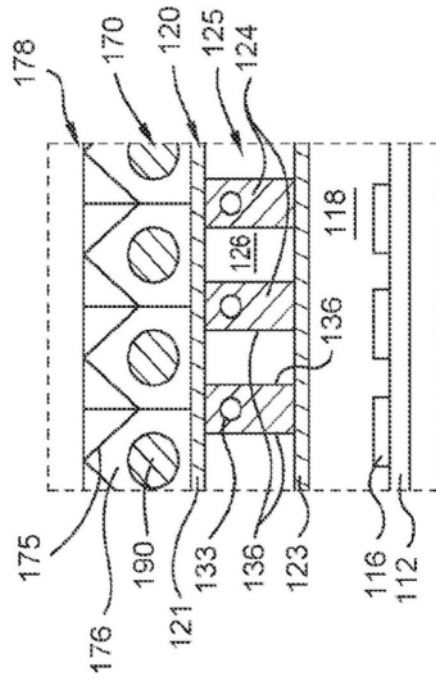


图1D

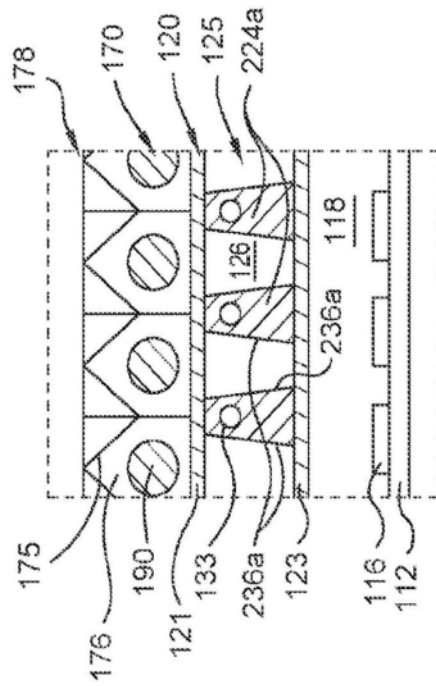


图2A

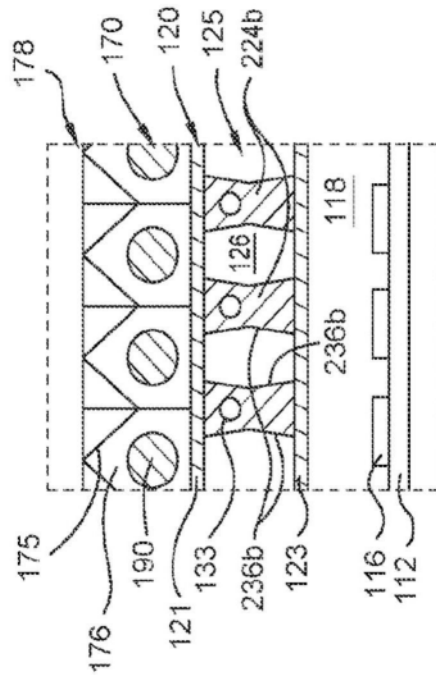


图2B

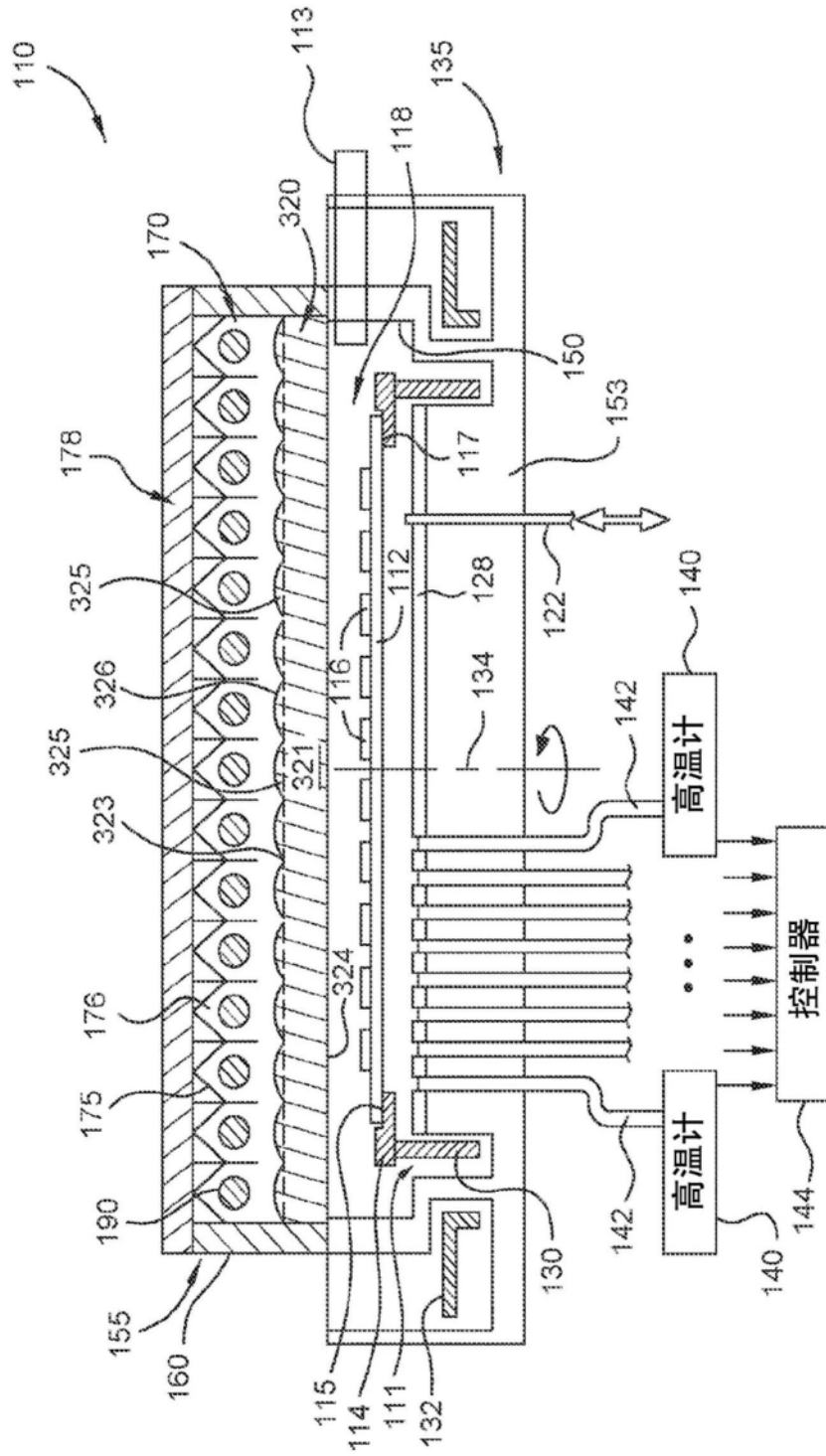


图3A

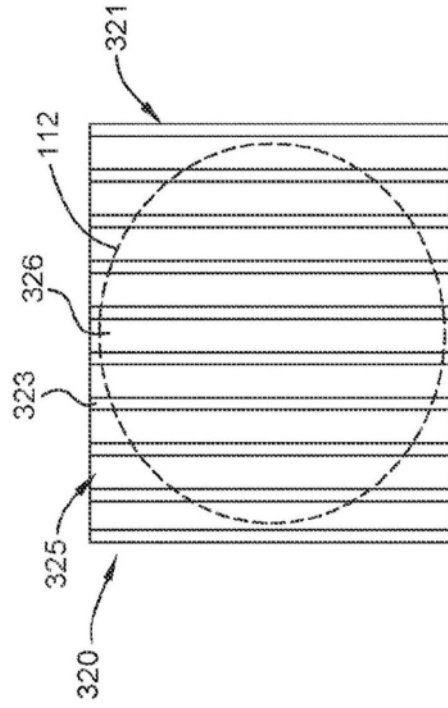


图3B

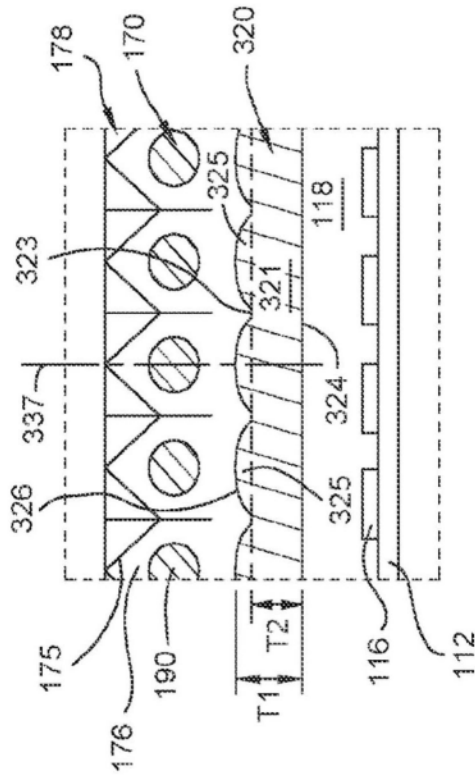


图3C

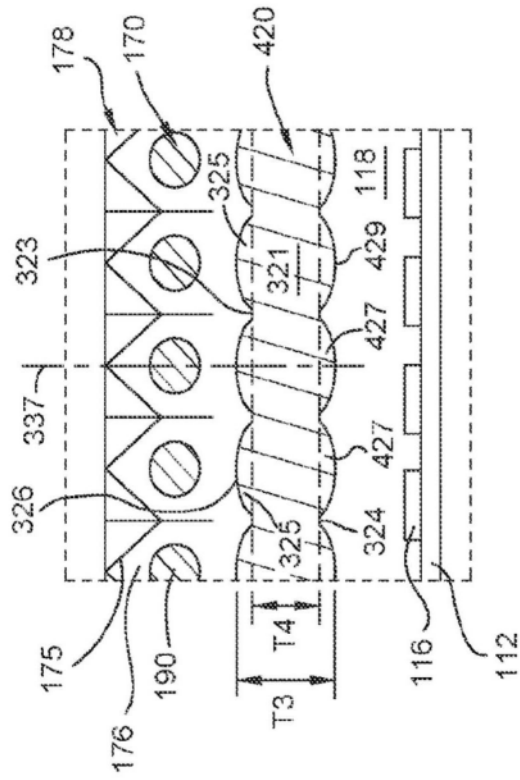


图4