



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116548072 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 04

(21) 申请号 202180060651.8

(22) 申请日 2021.06.15

(30) 优先权数据

16/928,252 2020.07.14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/037375 2021.06.15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/015449 EN 2022.01.20

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 类维生 K·莱斯彻基什 R·胡克

S·文哈弗贝克

V·斯瓦拉马克瑞希楠

(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 侯颖嫫 张鑫

(51) Int.Cl.

H05K 3/40 (2006.01)

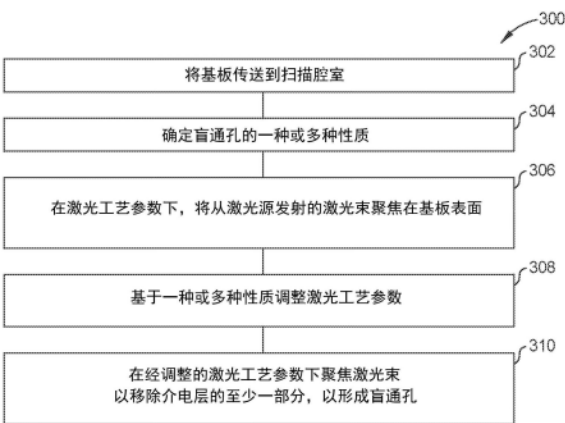
权利要求书3页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

用于激光钻孔盲通孔的方法和设备

(57) 摘要

在实施例中,提供了一种在包含掩模层、导电层和介电层的基板中形成盲通孔的方法,包括以下步骤:将基板传送到扫描腔室;确定盲通孔的一种或多种性质,所述一种或多种性质包含顶部直径、底部直径、容积、或约80°或更大的锥角;将激光束聚焦在基板处,以移除掩模层的至少一部分;基于一种或多种性质调整激光工艺参数;以及在经调整的激光工艺参数下聚焦激光束以移除容积内的介电层的至少一部分,以形成盲通孔。在一些实施例中,掩模层可以是预蚀刻的。在另一个实施例中,提供了一种用于在基板中形成盲通孔的设备。



1. 一种在基板中形成盲通孔的方法,包含以下步骤:

将所述基板传送到扫描腔室,所述基板包含导电层、设置在所述导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在所述介电层的至少一部分上的掩模层,所述掩模层提供基板表面;

确定所述盲通孔的一种或多种性质,所述一种或多种性质包含:

所述盲通孔的顶部直径和所述盲通孔的底部直径,所述盲通孔具有从所述顶部直径到所述底部直径的高度,所述顶部直径大于所述底部直径;

所述盲通孔的容积,所述容积对应于所述顶部直径、所述底部直径和所述高度;或者约80度或更大的锥角;

在激光工艺参数下将从激光源发射的激光束聚焦在所述基板表面处,以移除所述掩模层的至少一部分;

基于所述一种或多种性质调整所述激光工艺参数;以及

在经调整的所述激光工艺参数下聚焦所述激光束以移除所述容积内的所述介电层的至少一部分,以形成所述盲通孔。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述激光工艺参数包括激光功率、脉冲串中的激光能量、聚焦射束直径、聚焦高度、脉冲串能量、脉冲能量、脉冲串中的脉冲数、脉冲频率、脉冲串频率、束斑尺寸、M2值、射束聚焦从基板表面的偏移、或以上各项的组合。

3. 如权利要求1所述的方法,其中所述激光工艺参数包含:

约5 μ J或更高的脉冲串中的激光能量的量;

对于钻孔5 μ m直径的通孔,从约2 μ m至约10 μ m的聚焦射束直径;

对于钻孔10 μ m直径的通孔,从约7 μ m至约12 μ m的聚焦射束直径;

从约0 μ m至约50 μ m的聚焦高度;

约500MHz或更高的脉冲频率;

约2个或更多的脉冲串中的脉冲数;

约2个或更多的脉冲串数;

约100kHz或更高的脉冲串频率;或者

以上各项的组合。

4. 如权利要求1所述的方法,其中所述顶部直径为约10 μ m或更小。

5. 如权利要求1所述的方法,进一步包含以下步骤:从所述基板移除所述掩模层。

6. 如权利要求1所述的方法,其中:

所述掩模层包含Al、Cu、W、Mo、Cr或以上各项的组合;

所述掩模层的高度为约2 μ m或更小;或者

以上各项的组合。

7. 如权利要求6所述的方法,其中当所述掩模层包含Mo或W时,所述方法进一步包含以下步骤:在所述掩模层上沉积铜层。

8. 如权利要求1所述的方法,其中所述激光源是波长为约400nm或更短的飞秒紫外激光器。

9. 一种在基板中形成盲通孔的方法,包含以下步骤:

将所述基板传送到扫描腔室,所述基板包含高度为约2 μ m或更高的导电层、设置在所述导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在所述介电层的至少一部分上的预蚀刻掩模

层,所述预蚀刻掩模层具有盲通孔开口以暴露所述介电层的至少一部分,并且所述介电层提供基板表面;

确定所述盲通孔的一种或多种性质,所述一种或多种性质包含:

所述盲通孔的顶部直径和所述盲通孔的底部直径,所述盲通孔具有从所述顶部直径到所述底部直径的高度,所述顶部直径大于所述底部直径,并且所述顶部直径对应于所述盲通孔开口;

所述盲通孔的容积,所述容积对应于所述顶部直径、所述底部直径和所述高度;或者80度或更大的锥角;

在激光工艺参数下将从激光源发射的激光束聚焦在所述基板表面处,以移除所述容积内的所述介电层的第一部分,而不会对所述预蚀刻掩模层造成超过掩模层厚度的一半的损坏;

基于所述一种或多种性质调整激光工艺参数;以及

在经调整的所述激光工艺参数下聚焦所述激光束以移除所述容积内的所述介电层的第二部分,以形成所述盲通孔。

10. 如权利要求9所述的方法,其中所述激光工艺参数包括激光功率、脉冲串中的激光能量、聚焦射束直径、聚焦高度、脉冲串能量、脉冲能量、脉冲串中的脉冲数、脉冲频率、脉冲串频率、束斑尺寸、M2值、射束聚焦平面从基板表面的偏移、或以上各项的组合。

11. 如权利要求9所述的方法,其中所述激光工艺参数包含:

约5 μ J或更高的脉冲串中的激光能量的量;

对于钻孔5 μ m直径的通孔,从约2 μ m至约10 μ m的聚焦射束直径;

对于钻孔10 μ m直径的通孔,从约7 μ m至约12 μ m的聚焦射束直径;

从约0 μ m至约50 μ m的聚焦高度;

约500MHz或更高的脉冲频率;

约2个或更多的脉冲串中的脉冲数;

约2个或更多的脉冲串数;

约100kHz或更高的脉冲串频率;或者

以上各项的组合。

12. 如权利要求9所述的方法,其中所述顶部直径为约10 μ m或更小。

13. 如权利要求9所述的方法,进一步包含以下步骤:从所述基板移除所述预蚀刻掩模层。

14. 如权利要求9所述的方法,其中:

所述预蚀刻掩模层包含Al、Cu、W、Mo、Cr或以上各项的组合;

所述预蚀刻掩模层的高度为约3 μ m或更小;或者

以上各项的组合。

15. 如权利要求14所述的方法,其中当所述预蚀刻掩模层包含Mo或W时,所述方法进一步包含以下步骤:在所述预蚀刻掩模层上沉积铜层。

16. 如权利要求9所述的方法,其中所述激光源是飞秒紫外激光器。

17. 一种用于在基板中形成盲通孔的设备,包含:

光学装置,所述光学装置包含:

- 检流计扫描仪,所述检流计扫描仪具有旋转轴线和多个反射小面;以及
扩束器和准直器;
飞秒激光束源,所述飞秒激光束源配置为将电磁辐射引导至所述扩束器;
传输组件,所述传输组件配置为将所述基板接收从所述检流计扫描仪的所述反射小面中的至少一个反射小面反射的所述电磁辐射;
高度传感器,所述高度传感器配置为检测所述基板的一个或多个层的高度;以及
控制器,所述控制器配置为:
接收来自所述高度传感器的信号;以及
基于从所述高度传感器接收到的信号来控制所述飞秒射束激光源和所述传输组件。
18. 如权利要求17所述的设备,其中所述飞秒激光器配置为发射高斯激光束轮廓。
19. 如权利要求17所述的设备,进一步包含定位传感器,所述定位传感器配置为检测所述基板的前沿边缘。
20. 如权利要求19所述的设备,其中所述控制器进一步配置为:
接收来自所述定位传感器的信号;以及
基于从所述定位传感器接收到的信号来控制所述飞秒射束激光源和所述传输组件。
21. 如权利要求1所述的方法,其中所述掩模层包含Cr。
22. 如权利要求9所述的方法,其中所述掩模层包含Cr。

用于激光钻孔盲通孔的方法和设备

背景

领域

[0001] 本公开的实施例总体涉及用于钻孔盲通孔的方法和设备。

背景技术

[0002] 随着对小型化电子装置和部件的需求不断增加,对具有更大电路密度的更快处理能力的需求对用于制造集成电路芯片和印刷电路板材料、结构和工艺提出了要求。结合盲通孔实现了更多的连接和更大的电路密度。激光钻孔是用于形成盲通孔的成熟方法。

[0003] 除了为了更高的互联密度而采用更小通孔(例如,直径从5 μm 到10 μm)的趋势之外,还存在某些盲通孔质量参数。这些参数包括通孔顶部直径和圆度、通孔底部直径和圆度、通孔锥角(80°或更大)以及通孔垫清洁度。然而,常规的激光钻孔技术无法形成具有如此小直径的优质盲通孔以进行大量制造。

[0004] 激光钻孔盲通孔的常规方式使用纳秒脉冲355nm紫外(UV)激光器或脉冲CO₂激光器来直接在面板中钻孔盲通孔。然而,这两种方式都需要复杂的射束成形光学元件来将激光源发射的高斯激光束轮廓转换为高顶礼帽(top-hat)形射束轮廓。此外,高顶礼帽形激光束轮廓通常具有非常短的景深,在所述景深中激光束轮廓的强度保持相等。此外,这种高顶礼帽射束轮廓无法以一致且成本高效的方式钻孔小于40 μm ,尤其是5 μm 至10 μm 的直径。此外,常规的激光钻孔方法无法实现具有80°或更大锥角的盲通孔。

[0005] 存在对用于大量地钻孔高质量、小直径盲通孔的新的和改进的方法和设备的需

发明内容

[0006] 本公开的实施例总体涉及用于钻孔盲通孔的方法和设备。在实施例中,提供了一种在基板中形成盲通孔的方法,所述方法包括以下步骤:将基板传送到扫描腔室,基板包含导电层、设置在导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在介电层的至少一部分上的掩模层,掩模层提供基板表面。所述方法进一步包括以下步骤:确定盲通孔的一种或多种性质,所述一种或多种性质包含:盲通孔的顶部直径和盲通孔的底部直径,盲通孔具有从顶部直径到底部直径的高度,顶部直径大于底部直径;盲通孔的容积,所述容积对应于顶部直径、底部直径和高度;或者约80度或更大的锥角。所述方法进一步包括以下步骤:在激光工艺参数下将从激光源发射的激光束聚焦在基板表面处,以移除掩模层的至少一部分;基于一种或多种性质调整激光工艺参数;以及在经调整的激光工艺参数下聚焦激光束以移除容积内的介电层的至少一部分,以形成盲通孔。

[0007] 在另一个实施例中,提供了一种在基板中形成盲通孔的方法,所述方法包括以下步骤:将基板传送到扫描腔室,基板包含高度为约2 μm 或更高的导电层、设置在导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在介电层的至少一部分上的预蚀刻掩模层,预蚀刻掩模层具有盲通孔开口以暴露介电层的至少一部分,并且介电层提供基板表面。所述方法进一步

包括以下步骤:确定盲通孔的一种或多种性质,所述一种或多种性质包含:盲通孔的顶部直径和盲通孔的底部直径,盲通孔具有从顶部直径到底部直径的高度,顶部直径大于底部直径,并且顶部直径对应于盲通孔开口;盲通孔的容积,所述容积对应于顶部直径、底部直径和高度;或者80度或更大的锥角。所述方法进一步包括以下步骤:在激光工艺参数下将从激光光源发射的激光束聚焦在基板表面处,以移除容积内的介电层的第一部分,而不会对预蚀刻掩模层造成超过掩模层厚度的一半的损坏;基于一种或多种性质调整激光工艺参数;以及在经调整的激光工艺参数下聚焦激光束以移除容积内的介电层的第二部分,以形成盲通孔。

[0008] 在另一个实施例中,提供了一种用于在基板中形成盲通孔的设备,所述设备包括光学装置,所述光学装置包含:具有旋转轴线和多个反射小面的检流计扫描仪;以及扩束器和准直器。所述设备进一步包含:飞秒激光束源,所述飞秒激光束源配置为将电磁辐射引导至扩束器;传输组件,所述传输组件配置为将基板定位成接收从检流计扫描仪的反射小面中的至少一个反射小面反射的电磁辐射;高度传感器,所述高度传感器配置为检测基板的一个或多个层的高度;以及控制器,所述控制器配置为:接收来自高度传感器的信号;以及基于从高度传感器接收到的信号来控制飞秒射束激光源和传输组件。

附图说明

[0009] 为了能够详细理解本公开的上述特征的方式,可通过参考实施例获得对上面简要概括的本公开的更具体的描述,其中一些实施例示出在附图中。然而,应当注意,附图仅示出了示例性实施例,并且因此不应被认为是对其范围的限制,并且可允许其他等效的实施例。

[0010] 图1A是根据本公开的至少一个实施例的示例基板。

[0011] 图1B是根据本公开的至少一个实施例的示例基板。

[0012] 图1C是根据本公开的至少一个实施例的具有空白掩模层的示例基板。

[0013] 图1D显示了根据本公开的至少一个实施例的具有预蚀刻掩模层的示例基板。

[0014] 图2A是根据本公开的至少一个实施例的在形成盲通孔之后的示例基板。

[0015] 图2B是根据本公开的至少一个实施例的在具有空白掩模层的基板中形成盲通孔之后的示例基板。

[0016] 图2C是根据本公开的至少一个实施例的在具有预蚀刻掩模层的基板中形成盲通孔之后的示例基板。

[0017] 图3是根据本公开的至少一个实施例的在基板中形成盲通孔的示例方法。

[0018] 图4是根据本公开的至少一个实施例的在基板中形成盲通孔的示例方法。

[0019] 图5是根据本公开的至少一个实施例的具有通过本文公开的设备和方法形成的多个盲通孔的示例基板的示意性平面图。

[0020] 图6A是根据本公开的至少一个实施例的示例激光钻孔系统的示意性侧视图。

[0021] 图6B是根据本公开的至少一个实施例的图6A的示例光学装置的放大侧视图。

[0022] 图7是根据本公开的至少一个实施例的其中设置有图6A的示例激光钻孔系统的示例激光钻孔工具的等距视图。

[0023] 图8是根据本公开的至少一个实施例的图7的光学对准装置的示例实施例的侧视

图。

[0024] 图9是根据本公开的至少一个实施例的图8的示例光学对准装置的等距视图。

[0025] 为了便于理解,在可能的情况下使用了相同的附图标记来表示附图中共有的相同要素。可预期一个实施例的要素和特征可有益地结合到其他实施例中,而无需进一步叙述。

具体实施方式

[0026] 本公开的实施例总体涉及用于钻孔盲通孔的方法和设备。发明人已经发现了一种在包括导电层和绝缘层的面板中激光钻孔盲通孔的方法和设备。与常规的激光钻孔方法和设备不同,本文所述的方法和设备能够形成锥角大于约 80° 的盲通孔,并且能够形成直径小于约 $40\mu\text{m}$ (诸如约 $5\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$)的盲通孔。本文的方法和设备能够形成用于大量制造的优质盲通孔。

[0027] 除了为了更高的互连密度而采用更小直径的盲通孔(例如,直径从 $5\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$)的趋势之外,还存在某些盲通孔质量参数。这些参数包括通孔顶部直径和圆度、通孔底部直径和圆度、通孔锥角(80° 或更大)以及通孔垫清洁度。然而,常规的激光钻孔技术无法形成具有如此小直径的优质盲通孔以进行大量制造。

[0028] 激光钻孔盲通孔的常规方式使用纳秒脉冲 355nm 紫外(UV)激光器或脉冲 CO_2 激光器直接在面板中钻孔盲通孔。这些方式有一定的局限性。首先,由激光源发射的高斯激光束轮廓需要复杂的射束成形光学元件来将射束转换为高顶礼帽形射束轮廓。其次,所采用的射束成形光学元件会导致约40%的光能损失。第三,高顶礼帽形射束的强度轮廓具有非常短的景深(DOF),在所述景深中激光束轮廓的强度保持相等。在这里,输出的高顶礼帽射束的强度轮廓因为其不均匀的相位分布而沿射束传播轴线从图像平面快速变形/退化,这限制了高顶礼帽射束在具有大DOF的成像中的应用。较小直径的高顶礼帽射束具有较短的DOF,并且随着DOF变得比面板厚度/卡盘平整度的变化范围更短,很难确保高顶礼帽射束在每个通孔钻孔位置上始终与面板表面相交,因此通孔质量不一致,特别是对于大量制造而言。这种无法以更高的产量实现一致的通孔质量不是成本高效的。另一种常规方法采用波长为 193nm 至 308nm 的深紫外(DUV)光准分子激光器。掩模投影将激光束转换为高顶礼帽形射束轮廓。这种方法也有一定的局限性。首先,装备(例如,激光器和光学元件)及其维护可能很昂贵。其次,高顶礼帽形射束的强度轮廓具有非常短的DOF,从而限制了其应用。第三,掩模是消耗品。本文描述的方法和设备可消除(或至少减轻)激光钻孔盲通孔的常规方式的上述缺陷。

基板

[0029] 图1A是根据至少一个实施例的示例基板100。示例基板100可用于半导体封装的结构支撑和电互连。示例基板100通常包括核心结构102、导电层104和绝缘层106。

[0030] 在至少一个实施例中,核心结构102包括由任何合适的基板材料形成的图案化(例如,结构化)基板。例如,核心结构102可包括由III-V族化合物半导体材料、硅、晶体硅(例如, $\text{Si}\langle 100 \rangle$ 或 $\text{Si}\langle 111 \rangle$)、氧化硅、硅锗、掺杂或未掺杂的硅、掺杂或未掺杂的多晶硅、氮化硅、石英、玻璃(例如,硼硅玻璃)、蓝宝石、氧化铝和/或陶瓷材料形成的基板。在至少一个实施例中,核心结构102包括单晶p型或n型硅基板。在一些实施例中,核心结构102包括多晶p型或n型硅基板。在另一实施例中,核心结构102包括p型或n型硅太阳能基板。用于形成核心

结构102的基板可进一步具有多边形或圆形的形状。例如,核心结构102可包括具有从约120mm至约180mm的横向尺寸的基本上正方形的硅基板,具有或不具有倒角边缘。在另一示例中,核心结构102包括直径为从约20mm至约700mm、诸如从约100mm至约50mm、例如约300mm的圆形含硅晶片。

[0031] 导电层104形成于核心结构102的一个或多个表面上。导电层104可由金属材料形成,所述金属材料诸如铜(Cu)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铝(Al)、金(Au)、镍(Ni)、钯(Pd)等,或以上各项的组合。在至少一个实施例中,导电层包括铜上的钨层。在至少一个实施例中,导电层104具有约100 μm 或更小、诸如约50 μm 或更小、诸如25 μm 或更小的高度 H_0 。例如,导电层104可具有从约5 μm 至约20 μm 的高度 H_0 ,诸如从约7 μm 至约18 μm 、诸如从约10 μm 至约15 μm 的高度 H_0 。在至少一个实施例中,高度 H_0 的范围从 H_{0a} 到 H_{0b} ,其中 H_{0a} 到 H_{0b} 可独立地为例如约1 μm 、约2 μm 、约3 μm 、约4 μm 、约5 μm 、约6 μm 、约7 μm 、约8 μm 、约9 μm 、约10 μm 、约11 μm 、约12 μm 、约13 μm 、约14 μm 、约15 μm 、约16 μm 、约17 μm 、约18 μm 、约19 μm 、或约20 μm ,只要 $H_{0a} < H_{0b}$ 。

[0032] 绝缘层106形成在导电层104的一个或多个表面上。在至少一个实施例中,绝缘层106由基于聚合物的介电材料形成。例如,绝缘层106由可流动的堆积材料形成,通常为干膜的形式。因此,虽然在下文中称为“绝缘层”,但绝缘层106也可描述为介电层。在一些实施例中,绝缘层106由具有陶瓷填料(诸如二氧化硅(SiO_2)颗粒)的环氧树脂材料形成。可用于形成绝缘层106的陶瓷填料的其他示例包括氮化铝(AlN)、氧化铝(Al_2O_3)、碳化硅(SiC)、氮化硅(Si_3N_4)、 $\text{Sr}_2\text{Ce}_2\text{Ti}_5\text{O}_{16}$ 、硅酸锆(ZrSiO_4)、硅灰石(CaSiO_3)、氧化铍(BeO)、二氧化铈(CeO_2)、氮化硼(BN)、钙铜钛氧化物($\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$)、氧化镁(MgO)、二氧化钛(TiO_2)、氧化锌(ZnO)等。在一些示例中,用于形成绝缘层106的陶瓷填料具有尺寸范围在约40nm和约1.5 μm 之间、诸如在约80nm和约1 μm 之间的颗粒。例如,陶瓷填料具有尺寸范围在约200nm和约800nm之间、诸如在约300nm和约600nm之间的颗粒。在一些实施例中,绝缘层是具有或不具有颗粒增强的聚合物。绝缘层可以是干介电膜或液体介电膜。

[0033] 在至少一个实施例中,绝缘层106具有为约100 μm 或更小、诸如约50 μm 或更小、诸如25 μm 或更小的高度 H_1 。例如,绝缘层106可具有从约5 μm 至约20 μm 的高度 H_1 ,诸如从约7 μm 至约18 μm 、诸如从约10 μm 至约15 μm 的高度 H_1 。在至少一个实施例中,高度 H_1 的范围从 H_{1a} 到 H_{1b} ,其中 H_{1a} 到 H_{1b} 可独立地为例如约1 μm 、约2 μm 、约3 μm 、约4 μm 、约5 μm 、约6 μm 、约7 μm 、约8 μm 、约9 μm 、约10 μm 、约11 μm 、约12 μm 、约13 μm 、约14 μm 、约15 μm 、约16 μm 、约17 μm 、约18 μm 、约19 μm 、或约20 μm ,只要 $H_{1a} < H_{1b}$ 。

[0034] 图1B是根据至少一个实施例的示例基板150。示例基板150可用于半导体封装的结构支撑和电互连。示例基板150通常包括:核心结构152;形成在核心结构152的相对表面上的导电层154a、154b;形成在导电层154a的表面上的绝缘层156a;以及形成在导电层154b的表面上的绝缘层156b。核心结构152、导电层154a、154b和绝缘层156a、156b的示例性质和特性分别类似于上文关于核心结构102、导电层104和绝缘层106所描述的那些。

[0035] 图1C是根据至少一个实施例的具有空白掩模层(例如,未预蚀刻)的示例基板170。示例基板170可用于半导体封装的结构支撑和电互连。示例基板170通常包括核心结构172、形成在核心结构172的表面上的导电层174、形成在导电层174的表面上的绝缘层176、以及形成在绝缘层176的表面上的掩模层178。核心结构172、导电层174和绝缘层176的示例性质和特性分别类似于上文关于核心结构102、导电层104和绝缘层106所描述的那些。

[0036] 在至少一个实施例中,掩模层178包含Al、Cu、W、Mo、Cr或以上各项的组合。在一些实施例中,掩模层(具有或不具有开口)具有约 $2\mu\text{m}$ 或更小、诸如从约 $0.03\mu\text{m}$ 至约 $2\mu\text{m}$ 或从约 $0.05\mu\text{m}$ 至约 $1\mu\text{m}$ 的高度 H_2 。在至少一个实施例中,高度 H_2 的范围从 H_{2a} 到 H_{2b} ,其中 H_{2a} 到 H_{2b} 可独立地为例如约 $0.1\mu\text{m}$ 、约 $0.2\mu\text{m}$ 、约 $0.3\mu\text{m}$ 、约 $0.4\mu\text{m}$ 、约 $0.5\mu\text{m}$ 、约 $0.6\mu\text{m}$ 、约 $0.7\mu\text{m}$ 、约 $0.8\mu\text{m}$ 、约 $0.9\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 、约 $1.1\mu\text{m}$ 、约 $1.2\mu\text{m}$ 、约 $1.3\mu\text{m}$ 、约 $1.4\mu\text{m}$ 、约 $1.5\mu\text{m}$ 、约 $1.6\mu\text{m}$ 、约 $1.7\mu\text{m}$ 、约 $1.8\mu\text{m}$ 、约 $1.9\mu\text{m}$ 、或约 $2\mu\text{m}$,只要 $H_{2a} < H_{2b}$ 。

[0037] 掩模层178可通过例如沉积、溅射或电镀形成。在至少一个实施例中,掩模层被激光烧蚀。在一些实施例中,在通过本文所述的工艺来形成盲通孔之后,通过蚀刻操作移除掩模层178。在一些实施例中,诸如当掩模层178为Mo和/或W时,掩模在盲通孔形成后保持并等待沉积的导电层(例如,Cu)结合以用作互连层。

[0038] 在至少一个实施例中,再次参考图1B,示例基板包括在绝缘层156a的表面和/或绝缘层156b的表面上的掩模。掩模层可以是空白的或经预蚀刻以形成通孔开口。每个掩模层的特性类似于上文关于掩模层178描述的特性。

[0039] 图1D是根据至少一个实施例的具有预蚀刻(或预开口)掩模层的示例基板180。这里,示例基板180被预蚀刻以形成通孔开口。示例基板180可用于半导体封装的结构支撑和电互连。示例基板180通常包括核心结构182、形成在核心结构182的表面上的导电层184、形成在导电层184的表面上的绝缘层186、以及形成在绝缘层186的表面上的掩模层188。核心结构182、导电层184和绝缘层186的示例性质和特性与上面分别关于核心结构102、导电层104和绝缘层106描述的那些相似。掩模层188的示例性质和特性类似于上述掩模层178的性质和特性。

[0040] 图2A是根据至少一个实施例的在示例基板100(显示在图1A中)中形成盲通孔之后的示例基板200。示例基板200通常包括核心结构202、导电层204和绝缘层206。盲通孔208从绝缘层206的表面延伸到导电层204。盲通孔208具有顶部直径 D_1 、底部直径 D_2 、锥角(A_1)和容积 V_1 。在一些实施例中,盲通孔208穿透或最低限度地穿透导电层204。在一些实施例中,结合通孔不穿透或基本上不穿透导电层204。

[0041] 顶部直径 D_1 和底部直径 D_2 的直径可以是约 $20\mu\text{m}$ 或更小、诸如约 $15\mu\text{m}$ 或更小、诸如从约 $5\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$ 。在至少一个实施例中,顶部直径 D_1 的范围从 D_{1a} 到 D_{1b} ,其中 D_{1a} 到 D_{1b} 可独立地为例如约 $1\mu\text{m}$ 、约 $2\mu\text{m}$ 、约 $3\mu\text{m}$ 、约 $4\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 、约 $6\mu\text{m}$ 、约 $7\mu\text{m}$ 、约 $8\mu\text{m}$ 、约 $9\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 、约 $11\mu\text{m}$ 、约 $12\mu\text{m}$ 、约 $13\mu\text{m}$ 、约 $14\mu\text{m}$ 、约 $15\mu\text{m}$ 、约 $16\mu\text{m}$ 、约 $17\mu\text{m}$ 、约 $18\mu\text{m}$ 、约 $19\mu\text{m}$,或约 $20\mu\text{m}$,只要 $D_{1a} < D_{1b}$ 。在至少一个实施例中,底部直径 D_2 的范围从 D_{2a} 到 D_{2b} ,其中 D_{2a} 到 D_{2b} 可独立地为例如约 $1\mu\text{m}$ 、约 $2\mu\text{m}$ 、约 $3\mu\text{m}$ 、约 $4\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 、约 $6\mu\text{m}$ 、约 $7\mu\text{m}$ 、约 $8\mu\text{m}$ 、约 $9\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 、约 $11\mu\text{m}$ 、约 $12\mu\text{m}$ 、约 $13\mu\text{m}$ 、约 $14\mu\text{m}$ 、约 $15\mu\text{m}$ 、约 $16\mu\text{m}$ 、约 $17\mu\text{m}$ 、约 $18\mu\text{m}$ 、约 $19\mu\text{m}$ 、或约 $20\mu\text{m}$,只要 $D_{2a} < D_{2b}$ 。

[0042] 在一些实施例中,底部直径 D_2 小于顶部直径 D_1 ,使得盲通孔具有锥度。锥度对应于底部直径 D_2 与顶部直径 D_1 的比率。在至少一个实施例中,底部直径 D_2 与顶部直径 D_1 的比率是从约 $0.353 \cdot H_{IL}$ (其中 H_{IL} 是绝缘层(例如,绝缘层206)的高度)到约1、诸如从约 $0.4 \cdot H_1$ 至约1、诸如从约 $0.5 \cdot H_1$ 至约1。

[0043] 在至少一个实施例中,盲通孔208具有锥角 A_1 ,锥角 A_1 对应于在盲通孔208的内壁和导电层204的表面之间的角度。在至少一个实施例中,锥角 A_1 为从约 75° 至 90° 、诸如从约 80° 至约 89° 。在至少一个实施例中,锥角 A_1 的范围从 A_{1a} 到 A_{1b} ,其中 A_{1a} 到 A_{1b} 可独立地为例如约

71°、约72°、约73°、约74°、约75°、约76°、约77°、约78°、约79°、约80°、约81°、约82°、约83°、约84°、约85°、约86°、约87°、约88°、约89°、或约90°，只要 $A_{1a} < A_{1b}$ 。

[0044] 图2B是根据至少一个实施例的在具有空白掩模(显示在图1C中)的示例基板170中形成盲通孔之后的示例基板250。示例基板250通常包括核心结构252、导电层254、绝缘层256和掩模层260。盲通孔由附图标记258显示。核心结构252、导电层254、绝缘层256、高度 H_0 、高度 H_1 、直径 D_1 、直径 D_2 和锥角 A_1 的特性与上述的那些类似。角度 A_2 可基本上对应于锥角 A_1 和/或可具有与锥角 A_1 类似的特性。在至少一个实施例中， A_2 等于或小于 A_1 。在至少一个实施例中，锥角 A_2 的范围从 A_{2a} 到 A_{2b} ，其中 A_{2a} 到 A_{2b} 可独立地为例如约71°、约72°、约73°、约74°、约75°、约76°、约77°、约78°、约79°、约80°、约81°、约82°、约83°、约84°、约85°、约86°、约87°、约88°、约89°、或约90°，只要 $A_{2a} < A_{2b}$ 。

[0045] 在一些实施例中，掩模层260的直径 D_3 约等于直径 D_1 或更大、诸如从约直径 D_1 到约直径 $D_1+5\mu\text{m}$ 、诸如约直径 $D_1+4\mu\text{m}$ 、约直径 $D_1+3\mu\text{m}$ 、约直径 $D_1+2\mu\text{m}$ 、或约直径 $D_1+1\mu\text{m}$ 。在至少一个实施例中，直径 $D_3 \geq$ 直径 $D_1 \geq$ 直径 D_2 。当掩模层在处理之后被从基板移除时，盲通孔可对应于附图标记258，或者当掩模层在处理之后保持在基板上时，盲通孔可对应于附图标记262。

[0046] 图2C是根据至少一个实施例的在具有预蚀刻/预开口掩模(显示在图1D中)的示例基板180中形成盲通孔之后的示例基板270。示例基板270通常包括核心结构272、导电层274、绝缘层276和掩模层280。盲通孔由附图标记278显示。核心结构272、导电层274、绝缘层276、高度 H_0 、高度 H_1 、直径 D_1 、直径 D_2 、锥角 A_1 和锥角 A_2 的特性与上述的那些类似。在至少一个实施例中，锥角 A_2 基本上为90°或基本上对应于锥角 A_1 。在至少一个实施例中，锥角 A_1 和 A_2 独立地为例如约71°、约72°、约73°、约74°、约75°、约76°、约77°、约78°、约79°、约80°、约81°、约82°、约83°、约84°、约85°、约86°、约87°、约88°、约89°、或约90°。锥角 A_1 可等于、小于或大于锥角 A_2 。掩模层280的直径 D_3 (以 μm 为单位)可以是约 (D_1+H_2) 或更小、诸如从约 D_1 至约 $(D_1+(1/4)H_2)$ 、诸如从约 D_1 至约 $(D_1+(1/3)H_2)$ 、诸如从约 D_1 至约 $(D_1+(1/2)H_2)$ 。在至少一个实施例中，直径 $D_3 \geq$ 直径 D_1 。

[0047] 在一些实施例中，锥角 A_2 的允许变化范围大于锥角 A_1 的允许变化范围，例如， $70^\circ \leq A_2 \leq 90^\circ$ 、 $75^\circ \leq A_1 \leq 90^\circ$ 。在一些示例中，对于5-10 μm 直径的通孔， $80^\circ \leq A_1$ ；对于大于10 μm 的通孔， $75^\circ \leq A_1$ 。

[0048] 在至少一个实施例中，掩模层(具有或不具有开口)具有约2 μm 或更小、诸如从约0.03 μm 至约2 μm 或从约0.05 μm 至约1 μm 的高度。

[0049] 本文所述的掩模层可通过光刻打开。在一些实施例中，在金属掩模的顶部施加光刻胶层。光刻胶层可通过光刻进行图案化，以限定金属掩模层上的通孔开口的尺寸和位置。金属掩模层上的开口可通过蚀刻工艺(诸如等离子体蚀刻和湿化学蚀刻)形成。光刻限定的开口可允许放宽的位置精度，并可允许提高激光通量。

工艺

[0050] 本文描述的实施例还包括用于激光钻孔盲通孔的工艺。用于激光钻孔盲通孔的激光光源可以是飞秒激光器。合适的基于飞秒的激光工艺的特征可在于高峰值强度(辐照度)，这通常会导致各种材料中的非线性相互作用。

[0051] 图3显示了根据至少一个实施例的在基板中形成盲通孔的示例方法300。在至少一个实施例中，在不具有开口(即，空白)的掩模层的基板上使用示例方法300。示例方法300包

括在操作302处将基板传送到扫描腔室。这里,基板可包括导电层(例如,铜层)、设置在导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在介电层的至少一部分上的掩模层,掩模层提供基板表面。示例方法300进一步包括在操作304处确定盲通孔的一种或多种性质。一种或多种性质可包括盲通孔的顶部直径、盲通孔的底部直径、盲通孔的高度、盲通孔的容积和盲通孔的锥角。在至少一个实施例中,如上所述,锥角大于75°或大于80°。在一些实施例中,顶部直径大于底部直径,并且顶部直径对应于盲通孔开口。盲通孔的容积对应于顶部直径、底部直径和高度。示例性方法300进一步包括在操作306处在激光工艺参数下,将从激光源发射的激光束聚焦在基板表面。这个操作可导致移除容积内的介电层的第一部分,同时仅在介电层下方的导电层的表面造成温和的熔化和抛光,其中导电层中的烧蚀深度不超过例如约2 μ m。在一些实施例中,操作306导致移除掩模层的厚度的约一半或更小。因此,并且在一些实施例中,导电层在操作306之后没有实质性损坏。

[0052] 示例方法300进一步包括在操作308处基于一种或多种性质调整激光工艺参数。在一些实施例中,激光工艺参数包括激光功率、脉冲串(burst)中的激光能量、聚焦射束直径、聚焦高度、脉冲串能量、脉冲能量、脉冲串中的脉冲数、脉冲频率、脉冲串频率、束斑尺寸、 M^2 值、射束聚焦从基板表面(基板表面的上方和/或下方)的偏移、或以上各项的组合。 M^2 是无单位激光束空间特性。它测量在实际激光束和高斯射束之间的差异。下面描述了这些和其他激光工艺参数。示例方法300进一步包括在操作310处在经调整的激光工艺参数下聚焦激光束以移除容积内的介电层的至少一部分,以形成盲通孔。

[0053] 在一些实施例中,执行进一步的操作,诸如从基板移除掩模层。在至少一个实施例中,并且当掩模层包含Mo和/或W时,进一步的操作包括在掩模层上沉积铜层。

[0054] 图4显示了根据至少一个实施例的在基板中形成盲通孔的示例方法400。在至少一个实施例中,示例方法400用于在具有预蚀刻掩模层的基板上形成盲通孔。示例方法400包括在操作402处将基板传送到扫描腔室。这里,基板可包括导电层(例如,铜层)、设置在导电层的至少一部分上的介电层、以及设置在介电层的至少一部分上的预蚀刻掩模层,预蚀刻掩模层具有盲通孔开口,以暴露介电层的至少一部分并且介电层提供基板表面。示例方法400进一步包括在操作404处确定盲通孔的一种或多种性质。一种或多种性质可包括盲通孔的顶部直径、盲通孔的底部直径、盲通孔的高度、盲通孔的容积和盲通孔的锥角。在至少一个实施例中,如上所述,锥角大于75°或大于80°。在一些实施例中,顶部直径大于底部直径,并且顶部直径对应于盲通孔开口。盲通孔的容积对应于顶部直径、底部直径和高度。示例方法400进一步包括在操作406处,在激光工艺参数下,将从激光源发射的激光束聚焦在基板表面。这个操作可导致移除容积内的介电层的第一部分,并且可在不对预蚀刻掩模层造成实质性损坏和/或不对导电层造成实质性损坏的情况下执行。“对预蚀刻掩模层没有实质性损坏”是指轻微熔化掩模层以“擦亮/抛光”掩模表面,但没有可见的烧蚀引起的从掩模表面的材料移除,从而导致顶部通孔直径变化或导致通孔呈椭圆形。掩模是可移除的牺牲层。在至少一个实施例中,可容忍的掩模损坏取决于掩模高度。作为非限制性示例,如果掩模高度为约0.3 μ m,掩模中的损坏/烧蚀深度应小于约0.3 μ m。作为另一个非限制性示例,如果掩模高度为约2 μ m,掩模中的损坏/烧蚀深度应小于约2 μ m。

[0055] 示例方法400进一步包括在操作408处基于一种或多种性质调整激光工艺参数。在一些实施例中,激光工艺参数包括激光功率、脉冲串中的激光能量、聚焦射束直径、聚焦高

度、脉冲串能量、脉冲能量、脉冲串中的脉冲数、脉冲频率、脉冲串频率、束斑尺寸、 M^2 值、射束聚焦从基板表面的偏移、或以上各项的组合。下面描述了这些和其他激光工艺参数。示例方法400进一步包括在操作410处在经调整的激光工艺参数下聚焦激光束以移除容积内的介电层的至少一部分，以形成盲通孔。

[0056] 在一些实施例中，执行进一步的操作，诸如从基板移除预蚀刻掩模层。在至少一个实施例中，并且当预蚀刻掩模层包含Mo和/或W时，进一步的操作包括在预蚀刻掩模层上沉积铜层。

[0057] 在本文的至少一些实施例中使用的飞秒激光源（诸如紫外激光器）具有如下所述的多个可调整特性（激光工艺参数）。在至少一个实施例中，激光工艺参数包括以下特性中的一者或多者：

[0058] (1) 飞秒激光源具有从约1飞秒(fs)至约1000fs、诸如从约100fs至约750fs、诸如从约200fs至约500fs的脉冲宽度或脉冲宽度范围。

[0059] (2) 飞秒激光源的波长或波长范围为从约250纳米(nm)至约2000nm、诸如从约266nm至约1500nm、诸如从约350nm至约540nm。在至少一个实施例中，飞秒激光源具有约400nm或更低的波长。

[0060] (3) 飞秒激光源和对应的光学系统在工作表面处提供范围从约1.5微米(μm)至约12 μm 、诸如从约3 μm 至约10 μm 、诸如从约4 μm 至约8 μm 的焦点或焦点范围。工作表面处的空间射束轮廓可以是单模(高斯)轮廓。

[0061] (4) 飞秒激光源输出脉冲的脉冲串。在每个脉冲串内，脉冲频率或脉冲频率的范围为约500MHz或更高、诸如约1GHz或更高、诸如2GHz或更高、诸如从约1GHz至约10GHz、诸如从约2GHz至约9GHz、诸如从约3GHz至约8GHz、诸如从约4GHz至约7GHz、诸如从约5GHz至约6GHz。在至少一个实施例中，每个脉冲串内的脉冲频率或脉冲频率范围为从约2GHz至约5GHz。

[0062] (5) 可调整从飞秒激光源输出的每个脉冲串中的脉冲数。每个脉冲串中的脉冲数可以是约2个或更多、或约3个或更多、诸如从约5个至约100个、诸如从约10个至约100个、诸如从约20个至约90个、诸如从约40个至约80个、诸如从约50个至约70个、诸如从约55个至约65个。在至少一个实施例中，每个脉冲串中的脉冲数为从约20个至约100个。

[0063] (6) 可调整脉冲串频率。飞秒激光源的脉冲串频率可以是约100kHz或更高、诸如约500kHz或更高。在至少一个实施例中，脉冲串频率为从约200kHz至约5MHz或从约500KHz至约5MHz、诸如从约300KHz至约2MHz、从约1MHz至约2MHz、或从约500KHz到约1MHz。

[0064] (7) 飞秒激光源在脉冲串中递送的激光能量的量为从约1 μJ 至约100 μJ 、诸如从约1 μJ 至约80 μJ 、诸如从约3 μJ 至约50 μJ 、诸如从约5 μJ 至约20 μJ 。在至少一个实施例中，激光器和脉冲串频率被设定为在脉冲串中实现可以是约5 μJ 或更高、诸如从约5 μJ 至约50 μJ 、诸如从约10 μJ 至约30 μJ 的激光能量的量。

[0065] (8) 飞秒激光源的激光功率为约1W或更大、诸如从约1W至约100W、诸如从约5W至约80W、诸如从约10W至约50W。

[0066] (9) 表征激光束品质的 M^2 值是约1.5或更小(M^2 总是 ≥ 1.0)、诸如从约1至约1.3、诸如从约1.1至约1.2、或从约1至约1.15、或从约1至约1.1。

[0067] (10) 对于钻孔5 μm 直径的通孔而言，聚焦射束直径可以是约2 μm 至约10 μm 、诸如

从约 $3\mu\text{m}$ 至约 $6\mu\text{m}$ 。对于钻孔 $10\mu\text{m}$ 直径的通孔而言,聚焦射束直径可以从约 $7\mu\text{m}$ 至约 $12\mu\text{m}$ 、诸如从约 $8\mu\text{m}$ 至约 $11\mu\text{m}$ 。聚焦射束直径是工作表面处的激光束斑直径,它是输出激光束通过扩束器然后被聚焦透镜聚焦的结果。

[0068] (11) 射束聚焦从基板的偏移(也称为聚焦高度)为从约 $0\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 、诸如从约 $0\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 、诸如从约 $0\mu\text{m}$ 至约 $30\mu\text{m}$ 。聚焦高度是可调参数。在一些实施例中,例如,将焦点设置在面板表面正上方,以切穿掩模并移除一些绝缘层材料,然后调整聚焦高度,使得焦平面位于面板表面上方——即,将与面板表面相交的激光束设置成离焦,以获得较低的注量(fluence),所述注量仅移除绝缘层材料,而不会损坏通孔底部处的掩模层和导电层。

[0069] (12) 脉冲串的数量是约2个或更多、诸如从约5个至约20个。

[0070] (13) 聚焦束斑尺寸是介电表面处的孔的目标入口直径的约80%至约120%(例如,如图2C中限定的待钻孔的孔的入口直径 D_1 或如图2B中限定的待钻孔的孔的直径 D_1)、诸如从约90%至约110%、诸如从约95%至约100%。

[0071] 可使用可编程的扩束器来调整聚焦射束直径以钻孔不同直径的通孔。

[0072] 飞秒激光源可以是电磁辐射源,诸如二极管泵浦固态(DPSS)激光器或可提供和发射连续的或脉冲的射束的其他类似辐射发射源。根据激光介质(晶体)配置,并且在至少一个实施例中,DPSS激光器可以是棒状晶体激光器、光纤激光器、盘式激光器、棒式光子晶体光纤激光器、英诺板条(innoslab)激光器或它们的混合。在一些实施例中,激光源包括多个激光二极管,每个激光二极管在相同波长下产生均匀且空间相干的光。

设备

[0073] 本公开的实施例还总体涉及用于激光钻孔盲通孔的设备。图6A是根据一些实施例的用于执行本公开的某些方面的示例激光钻孔系统600的示意性侧视图。

[0074] 激光钻孔系统600包括外壳602,外壳602中具有基板定位系统605。基板定位系统605可以是用于支撑和运输基板510通过激光钻孔系统600的传送器。激光钻孔系统600可用于根据本公开的实施例在设置在基板510上的一个或多个层中钻孔盲通孔501(图5)。每个基板510可以是图1和图2中所示的示例基板。在至少一个实施例中,基板510的掩模可面朝上以供在激光钻孔系统600中进行处理。

[0075] 在至少一个实施例中,基板定位系统605是线性传送系统,所述线性传送系统包括材料的传输带615(传输带615可以是连续的),传输带615配置为在流动路径“A”中支撑和传输一连串基板510通过激光钻孔系统600。外壳602定位在用于提供基板510的装载站617A和用于接收处理过的基板510的卸除站617B之间。装载站617A和卸除站617B可耦接到外壳602并且可包括向传输带615提供基板510的机器人装备和/或传送机构。基板定位系统605包括支撑和/或驱动传输带615的支撑滚轮620。支撑滚轮620由机械驱动器625(诸如电机/链条驱动器)驱动,并且配置为在操作期间以从约100毫米/秒(mm/s)至约2000mm/s、诸如从约500mm/s至约2000mm/s、或从约500mm/s至约1500mm/s的线速度来传输传输带615。机械驱动器625可以是电动机,诸如交流(AC)或直流(DC)伺服电机。传输带615可由例如不锈钢、聚合材料和/或铝制成。在至少一个实施例中,传输带615包括可在X方向上间隔开的两条平行带,其中两条平行带中的每一条在X方向上的宽度小于基板510的X方向尺寸。在这个配置中,激光钻孔系统600中的每个基板510可设置在两条平行带的一部分上。

[0076] 基板定位系统605可以是传送装置,所述传送装置配置为将一连串基板510(例如,

在流动路径“A”中)顺序地传输到激光扫描设备630并通过激光扫描设备630。激光扫描设备630包括耦接到支撑构件640的光学装置635A,支撑构件640将光学装置635A支撑在传输带615和基板510上方。激光扫描设备630还包括扫描腔室635B,扫描腔室635B相对于传输带615固定在邻近光学装置635A的适当位置,从而允许基板510在传输带615上通过扫描腔室635B。

[0077] 图6B是图6A的示例光学装置635A的侧视图,其中出于讨论的目的,光学装置635A从图6A所示的其标准位置旋转90度。图5是具有由图6A和图6B的光学装置635A形成的多个盲通孔501的示例基板510的示意性平面图。光学装置635A包括壳体641,当基板510通过传输带615上的扫描腔室635B时,壳体641提供指向基板510的表面的光或电磁辐射。在至少一个实施例中,光学装置635A(结合传输带615的移动)配置为形成图案(P),如图5所示,图案(P)可包括形成在基板510中的盲通孔501的行(R)和列(C)的图案。在一些实施例中,当基板510在传输带615上移动时,光学装置635A使用能够提供高速横穿基板510的脉冲射束的光学系统在约0.5毫秒(ms)或更短、诸如从约0.01ms至约0.1ms或从约0.001ms至约0.005ms的时间段内在基板510上形成图案(P)。光学装置635A还包括激光源642(诸如飞秒激光源),激光源642通过光学系统发射光或电磁辐射,所述光学系统在基板510中提供具有本文所述的期望特性(诸如直径和锥角)的例如约50000个盲通孔。

[0078] 在激光加工工艺中,与半导体处理中典型的等离子体工艺不同,等离子体更像是可覆盖整个晶片表面的云或烟羽,激光束(特别是当聚焦时)只是一个微小的点,因此,通常需要在激光束和样品(例如,晶片)之间的相对移动以处理整个样品。可以以不同方式实现相对移动。在第一种方式中,并且在一些实施例中,激光束保持静止并且基板通过在X/Y/Z(高度)/ θ 角(在X-Y平面上旋转样品)/倾斜角(在X-Z和Y-Z平面上倾斜样品)方向上运动的线性平台来移动。对于微处理而言,通常,X/Y/Z/ θ 移动可能就足够了。在第二种方式中,并且在一些实施例中,激光源和/或激光聚焦头安装在X/Y/Z/ θ 平台上。

[0079] 在第三种方式中并且在一些实施例中,基板在卡盘上保持静止,并且激光束在整个基板上扫描。光学扫描仪用于在基板的期望区域上引导、定位和/或“扫描”激光束。在这种情况下,光束被光学扫描仪折射、衍射和/或反射,以实现光束在基板表面上的移动。通常,存在三种类型的光学扫描仪:使用衍射来偏转射束的声光扫描仪;使用折射来偏转射束的电光扫描仪;以及使用反射来偏转射束的机械扫描仪(共振、多边形和检流计扫描类型)。

[0080] 第四种方式是激光束和样品的混合移动。例如,在整个基板上扫描激光束时,同时地或依次地移动卡盘/平台上的基板。附加地或替代地,扫描仪安装在单轴线移动平台上以移动和扫描射束。

[0081] 在一些实施例中,使用光学扫描技术(诸如机械扫描仪(诸如多边形和/或检流计))将激光束从基板表面上的一个位置移动到另一个位置,以便例如在基板上的指定位置处钻孔通孔阵列。这些机械扫描仪通过旋转物理反射镜来工作,所述物理反射镜可被涂覆以从具有非常高反射率的旋转反射镜反射任何波长或波长的组合,并且因而实现高光通量。以光学度数表示的可实现扫描角度是实际电机旋转角度的两倍。使用此物理反射镜,可使多边形扫描仪以非常宽的角度上扫描射束,但具有反复扫描相同图案的限制。多边形扫描仪执行单轴线扫描。为了生成二维图案,可通过添加线性平台或检流计反射镜来提供其他轴线移动。

[0082] 基于机械检流计的扫描仪(或检流计),通常涉及由电机操作的物理反射镜。大多数情况下,反射镜附接到电机的轴上,但在一些设计中,反射镜和电机可能是单个整体单元。检流计电机可在一定角度范围内(通常在 $\pm 20^\circ$ 左右)旋转。检流计电机还可结合高精度位置检测器,所述高精度位置检测器向单独的控制器提供反馈,从而递送 $5\mu\text{rad}$ (在1公里距离处为5毫米)的指向重复性。两个检流计扫描仪可配置用于双轴线扫描。

[0083] 在至少一个实施例中,在操作期间,传输带215的速度被控制在约 100mm/s 至约 5000mm/s 、诸如约 250mm/s 至约 2000mm/s 、诸如约 0.5m/s 至约 1m/s ,以便在基板510在Y方向上从传输带615上的光学装置635A下方通过时,在基板510上在X方向上(图6A)以基本上线性的行形成多个盲通孔501。

[0084] 在至少一个实施例中,并且作为替代(或附加于传输带215),检流计扫描仪用于将钻孔位置从一个通孔改变到下一个通孔。

[0085] 再次参考图6B,激光源642可通过基于光子受激发射的光学放大的工艺来发射光或电磁辐射655。在至少一个实施例中,由激光源642发射的激光束是高斯射束。在一些实施例中,发射的电磁辐射655具有高度的空间和/或时间相干性。在至少一个实施例中,激光源642发射连续的或脉冲的光波或电磁辐射655,所述光波或电磁辐射655被引导至光学系统,所述光学系统包括扩束器644、射束准直器646和检流计扫描仪650。

[0086] 检流计扫描仪650可包括可移动的反射镜以引导激光束,并且对射束的引导可以是一维、二维或三维的。为了在二维中定位激光束,检流计扫描仪650可沿两个轴线旋转一个反射镜,或者可将激光束反射到安装在正交轴线上的两个紧密间隔的反射镜上。为了在三维中定位激光束的焦点,可使用伺服控制的检流计扫描仪。上面描述了激光源642(诸如飞秒激光源)的特性。

[0087] 在一些实施例中,电磁辐射655的脉冲的脉冲宽度和频率通过向激光源642提供外部触发信号来控制,以期望频率从控制器690提供所述外部触发信号。

[0088] 从激光源642发射的电磁辐射655的脉冲在扩束器644处被接收,电磁辐射655具有第一直径,诸如从约 1mm 至约 6mm 、诸如从约 2mm 至约 5mm 、诸如从约 3mm 至约 4mm 。扩束器644可将电磁辐射655的直径以预设的放大倍数(诸如约2倍的放大倍数、诸如约5倍的放大倍数、诸如约8倍的放大倍数)增加到第二直径,或者扩束器644可具有可调范围的放大倍数,诸如从约1倍至约8倍。然后将电磁辐射655的脉冲递送到射束准直器646以用于使射束变窄。

[0089] 在至少一个实施例中,射束准直功能被集成到扩束器644中。即,在这样的实施例中,扩束器644本身也是射束准直器。此处,扩束器644具有至少两个功能——以一定的放大倍数扩展射束尺寸以及准直射束。扩束器可具有固定的放大倍数(例如,2倍,则输出射束直径等于2倍的输入射束直径)或可调范围的放大倍数(例如,3倍到8倍)。例如,2mm直径的激光束可进入3倍扩束器的输入侧,然后在扩束器的输出(出口)侧输出6mm直径的射束。此6mm射束(当它沿光轴传播时)可以是发散射束或会聚射束,但通常不是良好准直的射束。完美准直的射束在沿光轴传播时既不会发散也不会会聚。通过“射束准直”的操作,射束可调整为具有非常小的发散或会聚,使得在几米的行进距离内,射束直径可能仅改变约1%至约2%、或更小。

[0090] 从射束准直器646,电磁辐射655的脉冲被递送到检流计扫描仪650,检流计扫描仪650引导电磁辐射655的脉冲通过聚焦透镜652并到达基板510上。聚焦透镜652可以是远心

聚焦透镜。聚焦透镜652可具有一个或多个透镜。

[0091] 检流计扫描仪650引导电磁辐射脉冲通过聚焦透镜652(聚焦透镜652是光学装置635A的光学系统的一部分)并且引导到基板510的表面上,基板510在扫描腔室635B(图6A)中的传输带615上在Y方向上连续移动。因此,传输带615在基板510上的盲通孔形成工艺期间不需要停止/启动,这可增加产量。然而,在一些实施例中,基板的表面在扫描腔室635B(图6A)中的传输带615上在Y方向上周期性地移动。检流计扫描仪650可包括具有多个反射小面(facet)的反射镜,所述多个反射小面布置成使得反射小面653中的每个反射小面653通常可以相对于反射小面653中的另一个反射小面653在相对于检流计扫描仪650的旋转轴线651的方向(在图6B中在X方向上进入页面)上成角度。当检流计扫描仪650通过致动器654绕着旋转轴线651旋转时,检流计扫描仪650的反射小面653中的每个反射小面653的角度允许在整个基板510的表面上在一个方向(图6A中的X方向)上扫描电磁辐射655。致动器654可用于将检流计扫描仪650的旋转速度控制到期望的线速度,诸如从约0.5米/秒至约10米/秒、诸如从约1米/秒至约6米/秒、诸如从约2米/秒至约5米/秒的速度。在用于在基板510上创建图案的激光钻孔工艺期间,可改变/固定扫描速度。在至少一个实施例中,扫描速度是固定的,使得当钻孔个体通孔时所有脉冲都指向一个点。这通常称为冲击钻孔或打孔。从通孔到通孔,检流计反射镜可进行扫描以改变钻孔位置。

[0092] 例如,可将检流计扫描仪650的旋转速度设定为用于在一个或多个第一基板上创建第一图案的第一速度,并且可在一个或多个第一基板中的每个第一基板的烧蚀期间维持第一速度。如果在一个或多个第二基板上期望有不同的图案,则可将检流计扫描仪650的旋转速度设置为不同于第一速度的第二速度,并且可在一个或多个第二基板中的每个第二基板的烧蚀期间维持第二速度。

[0093] 在一些实施例中,因为检流计扫描仪650的单个小面反射来自激光源642的电磁辐射655的递送脉冲,检流计扫描仪650的单个小面的旋转在形成在基板510上的一个或多个层中产生一整行(R)的盲通孔501(例如,X方向上的一行)。电磁辐射655通过使用检流计扫描仪650在整个基板510的表面上扫描,同时在正交取向的Y方向上传送基板510,从而导致盲通孔501的行(R)(例如,在X方向上)跨越基板510的长度(例如,在Y方向上)。在另一个示例中,Y方向定位成与X方向成一定角度。在又一示例中,Y方向定位成相对于X方向成约90度加或减几度的角度。

[0094] 在至少一个实施例中,光学装置635A的光学系统配置为输送从约1.5 μm 到约7 μm 、诸如从约2 μm 至约6 μm 、诸如从约3 μm 至约5 μm 的聚焦射束直径,以用于形成具有等于约5 μm 的入口直径 D_1 的盲通孔501;并且输送从约5 μm 至约14 μm 、诸如从约7 μm 至约12 μm 、诸如从约8 μm 至约10 μm 的聚焦射束直径,以用于形成具有等于约10 μm 的入口直径 D_1 (例如,图2B或图2C中限定的 D_1)的盲通孔501。在一些实施例中,用于钻孔的脉冲串的数量可以是每个通孔约1个脉冲串至每个通孔约40个脉冲串、诸如从每个通孔约3个脉冲串至每个通孔约30个脉冲串、诸如从每个通孔约5个脉冲串至每个通孔约20个脉冲串。

[0095] 再次参照图6A,激光钻孔系统600还包括基板感测系统660,基板感测系统660包括一个或多个基板位置传感器。基板感测系统660使用光学传感器662来检测基板510的前沿边缘665并将相应的信号发送至控制器690。控制器690继而向光学装置635A发送信号以在基板510的前沿边缘665在聚焦透镜652下方时,对激光源642的操作和检流计扫描仪650的

旋转计时,以开始激光扫描操作。控制器690进一步控制检流计扫描仪650的旋转速度以在检流计扫描仪650的每个小面在跨电磁辐射655的脉冲旋转时,扫描设置在基板210上的一个或多个层中的一行(R)盲通孔501。控制器690进一步控制基板定位系统605的速度和检流计扫描仪650的旋转,使得当(例如,在X方向上对齐的)第一行(R)盲通孔501完成时,下一行(R)盲通孔501可由于基板510通过基板定位系统605的线性移动而在(例如,在方向A上)与第一行相距期望间隔处开始。因此,并且在一些实施例中,当基板510在光学装置635A下方移动时,可以跨基板510的整个宽度和长度在基板510的一个或多个层中形成多行(R)盲通孔501。控制器690进一步控制光学装置635A的定时,使得当基板510的后沿边缘670通过聚焦透镜652下方时,扫描操作在经过期望的时间段后停止,直到下一个基板510的前沿边缘定位在聚焦透镜652下方。控制器690可以是具有用于激光钻孔系统600的操作的合适的处理器、软件和存储器的任何控制器。基板感测系统660还包括基板对准装置680,基板对准装置680配置为在基板510进入扫描腔室635B中之前对准基板510。

[0096] 控制器690通常包括中央处理单元(CPU)(未显示)、存储器(未显示)和支持电路(未显示)。CPU可以是工业环境中用于控制系统硬件和工艺的任何形式的计算机处理器中的一者。存储器可连接到CPU并且可以是易于取得的存储器、诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、软盘、硬盘或任何其他形式的本地或远程的数字存储中的一个或多个。软件指令和数据可被编码并存储在存储器内以用于指示CPU。支持电路也可连接到CPU,以用于以常规方式支持处理器。支持电路可包括高速缓存、电源、时钟电路、输入/输出电路子系统等。控制器690可读的程序(例如,指令)可包括用于执行与监测、执行和控制基板510的移动、支撑和定位相关的任务以及要在激光钻孔系统600中执行的各种工艺配方任务的代码。在控制器690的至少一个实施例中,在基板的表面上形成孔的工艺包括至少一次扫描(以形成一整行(R)盲通孔501(如图2C所示)),所述至少一次扫描可在期望的时间被中断以进一步控制在基板的表面上的期望位置中的盲通孔501的形成。此能力可实现短暂和/或选择性停止/启动脉冲序列,并能够高级图案化特征。

[0097] 控制器690进一步控制高度传感器664。虽然图6A将高度传感器664显示为基板感测系统660的一部分,但高度传感器664可以是单独的单元。在激光钻孔系统600的使用期间,高度传感器664在烧蚀之前、期间或之后围绕Z方向调整光学装置635A,如图8和图9中所述。在至少一个实施例中,高度传感器664精确地确定设置在基板510的一个或多个层上的掩模的表面。

[0098] 图7是其中设置有光学装置635A和扫描腔室635B的示例激光钻孔工具700的等距视图。激光钻孔工具700包括主框架701,主框架701具有可耦接到装载站617A(显示在图6A中)的第一侧702A和可耦接到卸除站617B(显示在图6A中)的第二侧702B。主框架701可包括可用作门或可移除片的面板705,并且面板705的一部分未显示以示出激光钻孔工具700内的部件。面板705包括观察窗710以提供对激光钻孔工具700内部的视觉通路。观察窗710可包括激光安全玻璃和/或滤光器,使得能够在不需要安全眼镜的情况下在激光钻孔工具700内的激光钻孔工艺期间观察电磁辐射。功率源和控制装备(诸如激光器电源715(以虚线显示))容纳在主框架701内。另外,光学对准装置720(图7和图8)在激光钻孔工具700内耦接到主框架701。光学对准装置720可相对于基板510在基板定位系统605上的运动方向来调整光学装置635A的位置,从而调整相对于基板发射的射束路径。

[0099] 如上文所讨论,光学装置635A可在烧蚀之前、期间或之后使用高度传感器664围绕Z方向进行调整,如图8和图9中所述。

[0100] 图8是光学对准装置720的示例实施例的侧视图。光学对准装置可耦接到高度传感器664(未显示)。光学对准装置720包括底板800,底板800耦接到主框架701的一个或多个支撑构件805。底板800可移动地耦接到第一支撑板810,第一支撑板810具有在与第一支撑板810的平面基本正交的平面中从第一支撑板810延伸的第二支撑板815。第二支撑板815通常支撑光学装置635A。第一支撑板810通过多个调整装置820耦到底板800,所述多个调整装置820可包括紧固件、线性导轨或以上各项的组合。调整装置820可至少实现对光学装置635A的高度调整(在Z方向上)并且可实现在X-Z平面和/或Y-Z平面中的 θ 调整。高度调整可用于调整光学装置635A的聚焦透镜652(图6A和图6B)的焦距。调整装置820还可用于相对于传输带615的平面调平第二支撑板815。可调整孔径装置840设置在第二支撑板815和扫描腔室635B之间。可调整孔径装置840可以是例如具有形成在其中的孔径的可伸缩式壳体,孔径尺寸设计为接收由光学装置635A提供的射束路径。可伸缩式壳体可基于光学对准装置720的高度调整而向上或向下调整。

[0101] 在一些实施例中,光学对准装置720还包括设置在第二支撑板815和光学装置635A的下表面之间的可调整安装板825。可调整安装板825固定到光学装置635A的下表面并通过紧固件830固定到第二支撑板815。可调整安装板825可针对不同的角度取向进行调整以及将光学装置635A调平,以在处理期间调谐由光学装置635A发射的射束路径的扫描平面835。如图9中更详细描述,可调整安装板825可围绕扫描平面轴线635(例如,Z方向)旋转,以调整光学装置635A的输出的扫描平面(例如,与图5中基板上的行(R)方向对齐的平面)的取向。可执行对可调整安装板825的调整以改变光学装置635A的扫描平面内的(多个)射束路径,以对准基板510上的一行(R)盲通孔501(图5)。

[0102] 图9是图8的示例光学对准装置720的等距视图。虽然在这个视图中未显示光学装置635A,但显示了光学装置635A的扫描平面835。可调整安装板825包括多个槽900,所述多个槽900接收图8所示的紧固件830。槽900中的每个槽900可允许可调整安装板825相对于Z轴线旋转,以便调整光学装置635A的扫描平面。例如,可调整安装板825的第一对准位置905可包括扫描平面基本上平行于基板510的前沿边缘665的方向(如图2A所示)。在至少一个实施例中,可调整安装板825被调整到第二对准位置910,第二对准位置910对应于角度915。角度915可基于例如传输带615上的(多个)基板510的速度和/或电磁辐射655的扫描速度来调整。电磁辐射655的扫描速度可至少部分地基于电磁辐射655的脉冲宽度和/或检流计扫描仪650的移动(如图6B所示)。

[0103] 在至少一个实施例中,当传输带615的速度为约140mm/s至约180mm/s时,角度915为与反射镜表面的法向轴线成从约 -20° 至约 $+20^{\circ}$,其中脉冲宽度为约1fs到约1.5ms,并且检流计扫描仪650的扫描速度为约1,000RPM,这导致基本上线性和/或平行于基板510的前沿边缘665的多行(R)盲通孔501。

[0104] 上述操作中的任一者可作为指令被包括在计算机可读介质中,以用于由控制单元(例如,控制器690)或任何其他处理系统执行。计算机可读介质可包含用于存储指令的任何合适的存储器,诸如只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、闪存、电可抹除可编程ROM(EEPROM)、光盘ROM(CD-ROM)、软盘等。

[0105] 为简洁起见,本文仅明确公开某些范围。然而,来自任何下限的范围可与任何上限结合以列举未明确列举的范围,以及来自任何下限的范围可与任何其他下限结合以列举未明确列举的范围,以同样的方式,来自任何上限的范围可与任何其他上限结合以列举未明确列举的范围。此外,即使没有明确列举,范围内也包括所述范围的端点之间的每个点或单个值。因此,每个点或单个值可用作其自身的下限或上限,与任何其他点或单个值或任何其他下限或上限相结合,以列举未明确列举的范围。

[0106] 出于本公开的目的,并且除非另有说明,否则本文的具体实施方式和权利要求书中的所有数值都由“约”或“大约”修饰指示值,并考虑由本领域普通技术人员将预期的实验误差和变化。

[0107] 本文描述的所有文件通过引用并入本文,包括任何优先权文件和/或测试程序,只要它们与本文不矛盾。如从前面的总体描述和具体实施例显而易见的,虽然已经示出和描述了本公开的形式,但是在不背离本公开的精神和范围的情况下可进行各种修改。因此,本公开不旨在因此受到限制。同样,术语“包含”被认为与术语“包括”同义。同样,每当组合物、元素或一组元素前面带有过渡短语“包含”时,应理解我们也考虑在列举组合物、一个或多个元素之前具有过渡短语“基本上由……组成”、“由……组成”、“选自由……组成的群组”或“是”的相同组合物或一组元素,反之亦然。

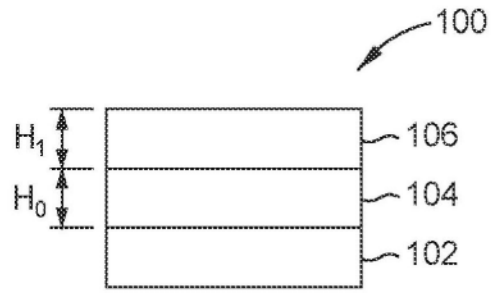


图1A

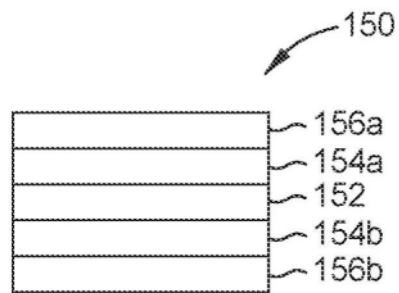


图1B

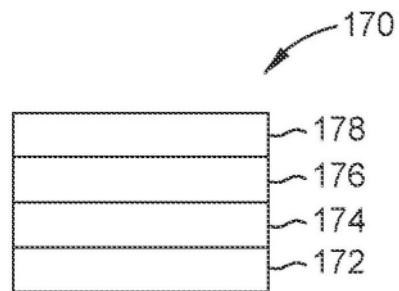


图1C

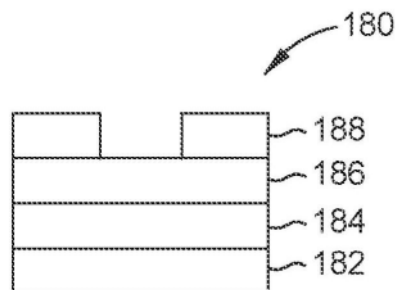


图1D

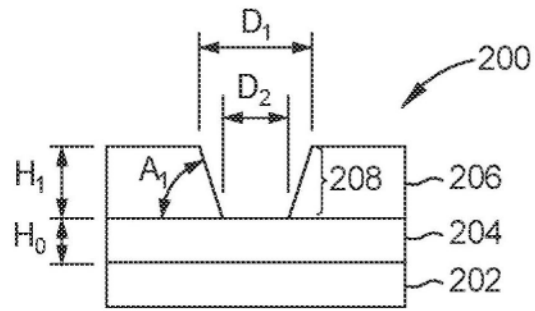


图2A

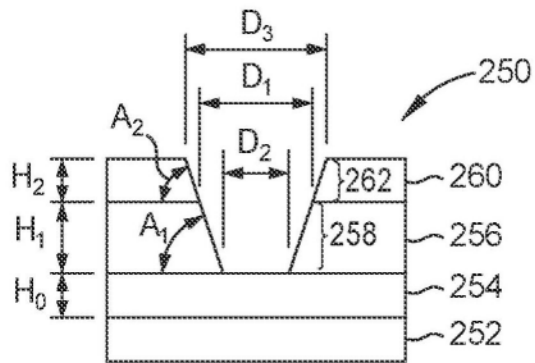


图2B

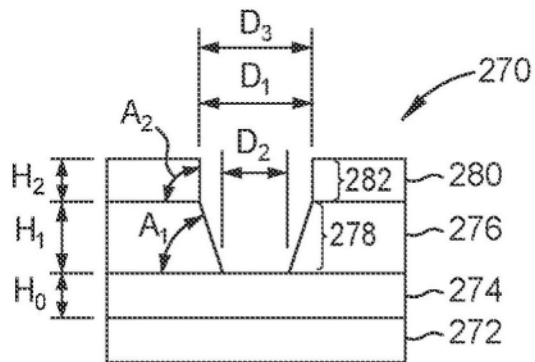


图2C

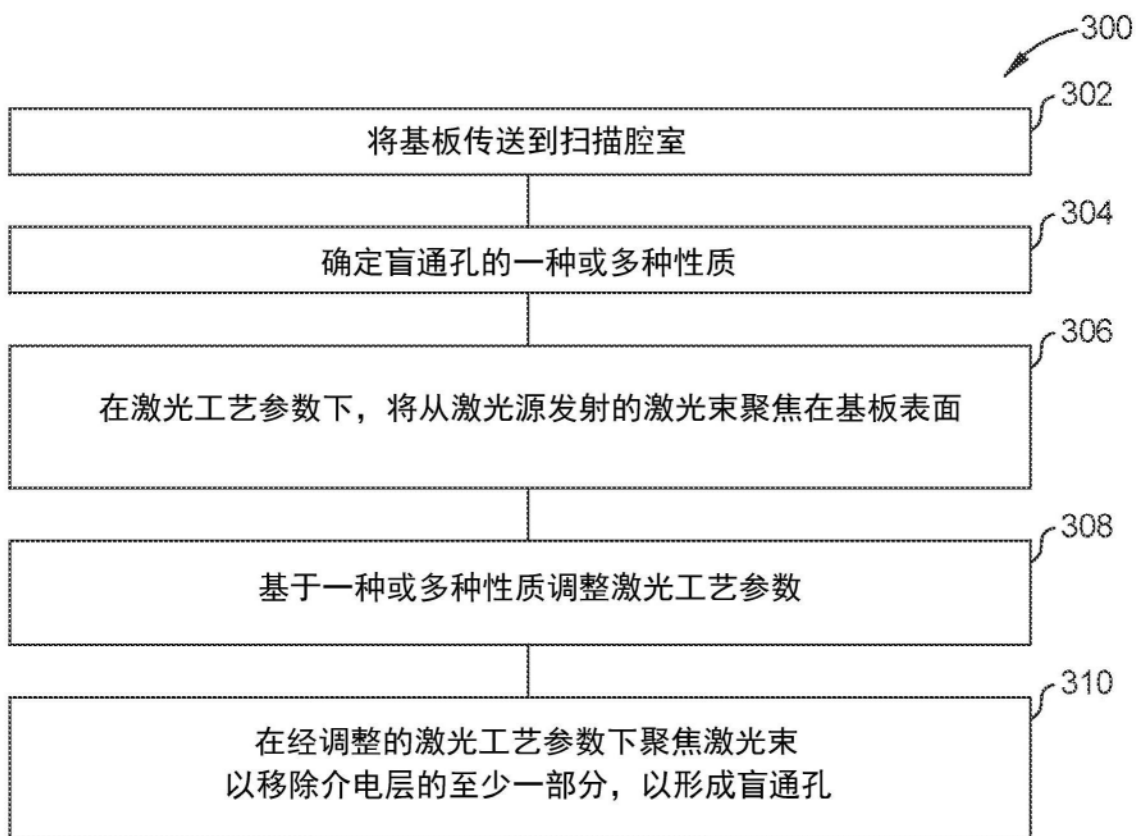


图3

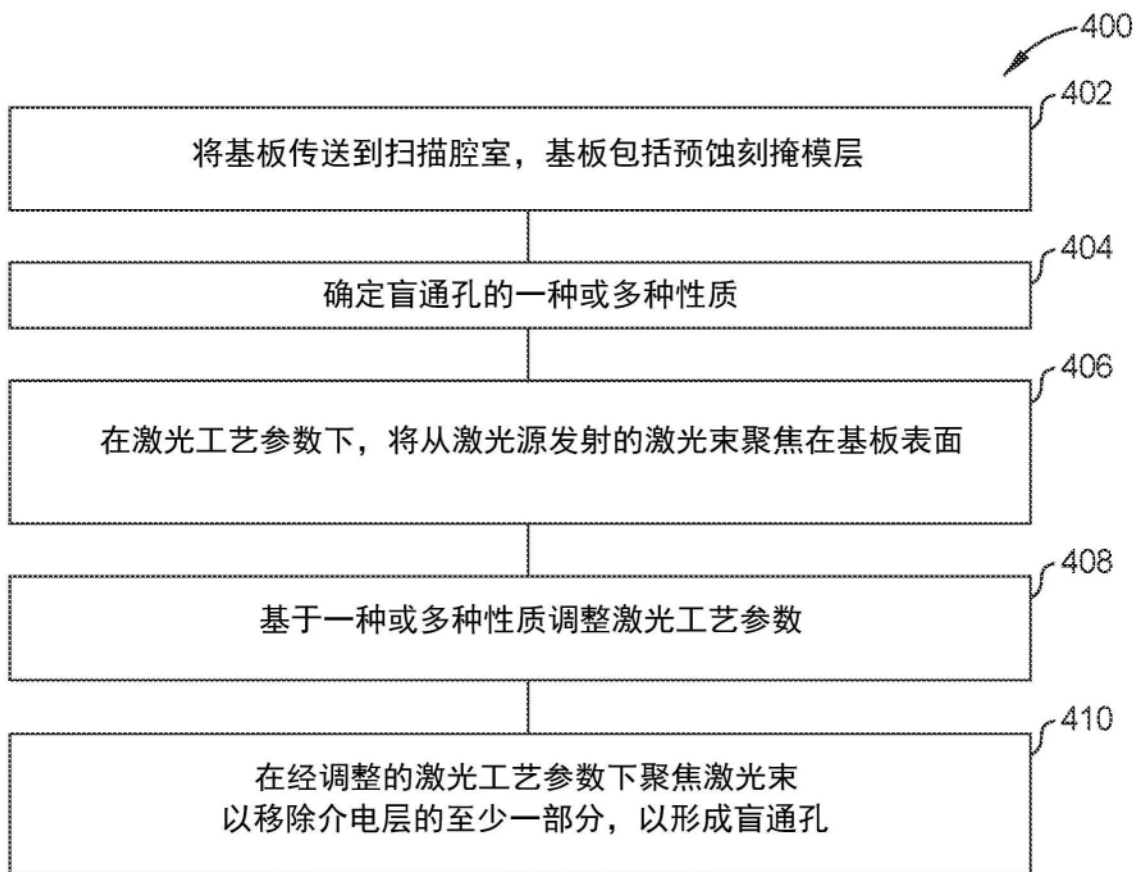


图4

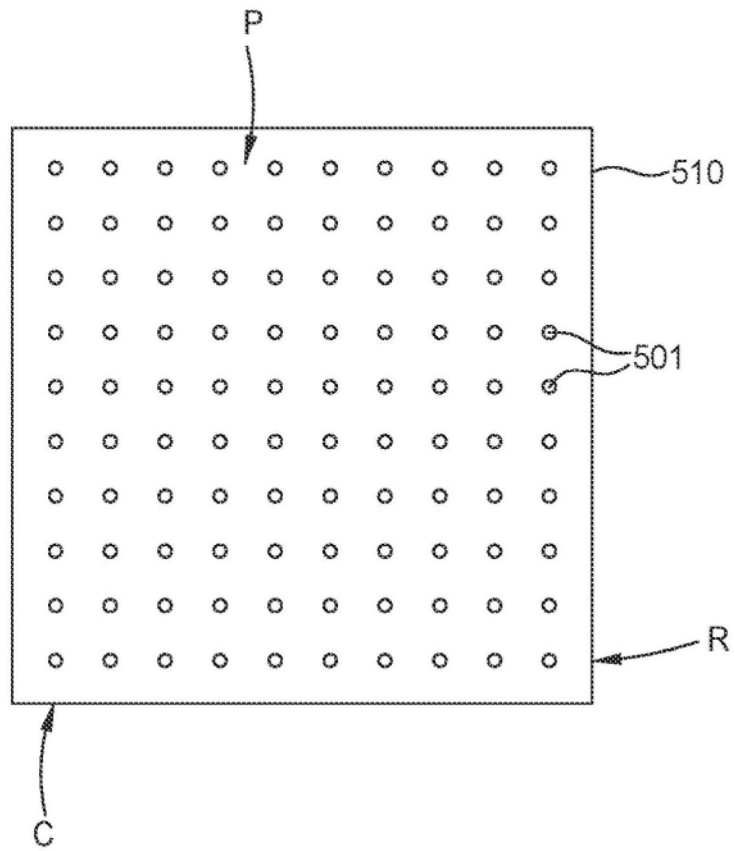


图5

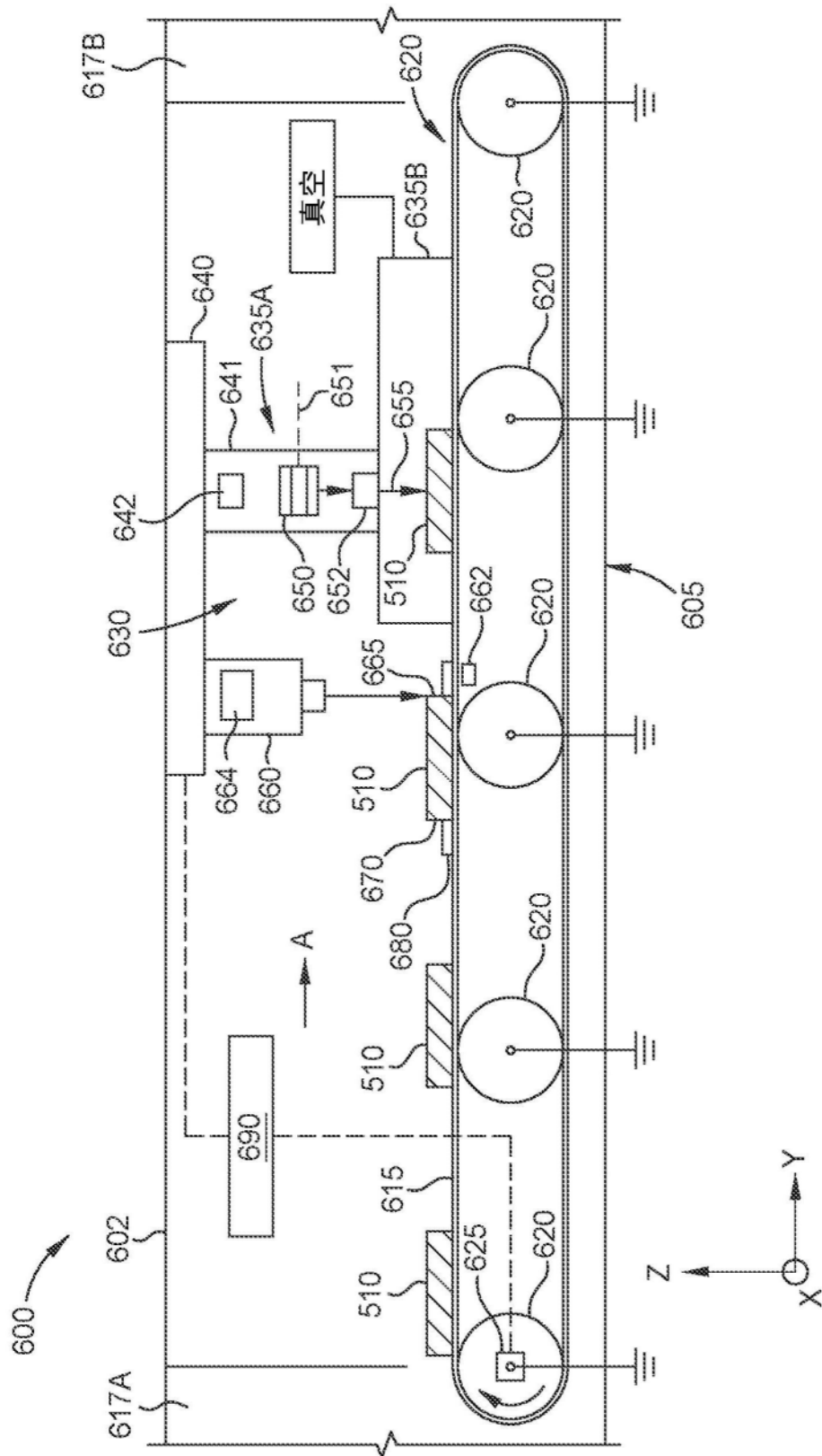


图6A

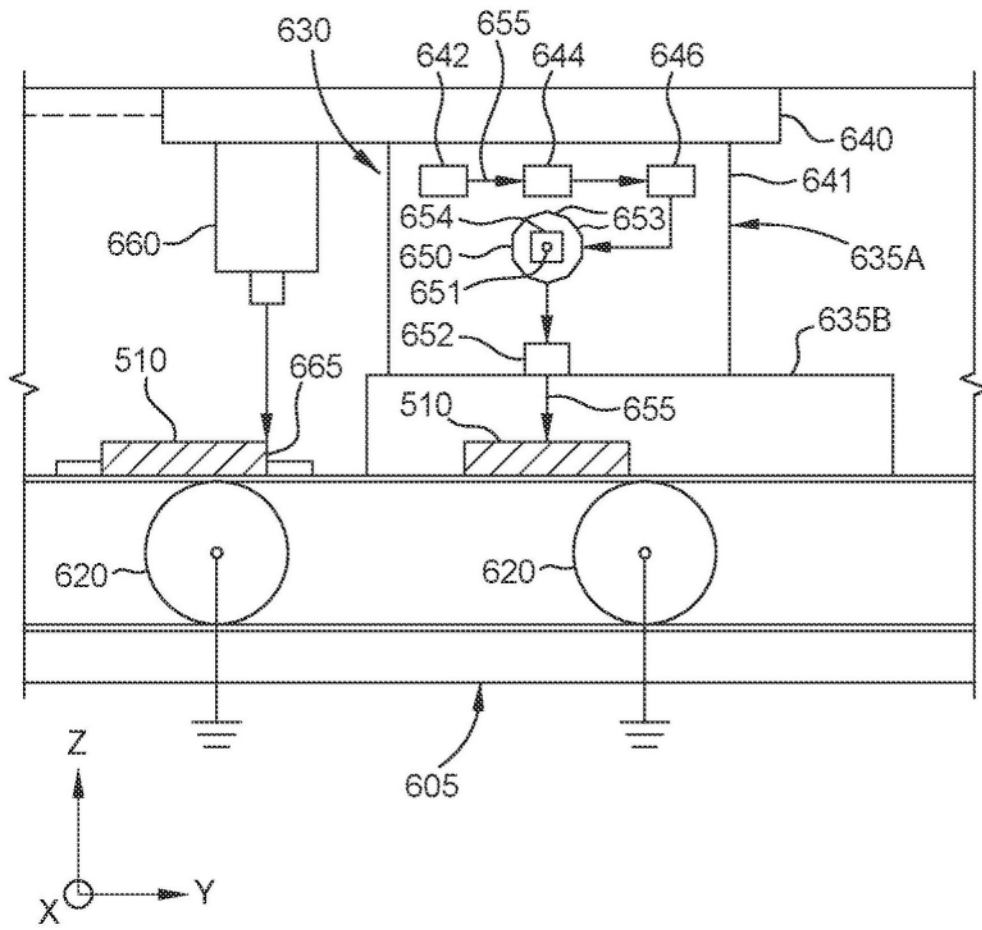


图6B

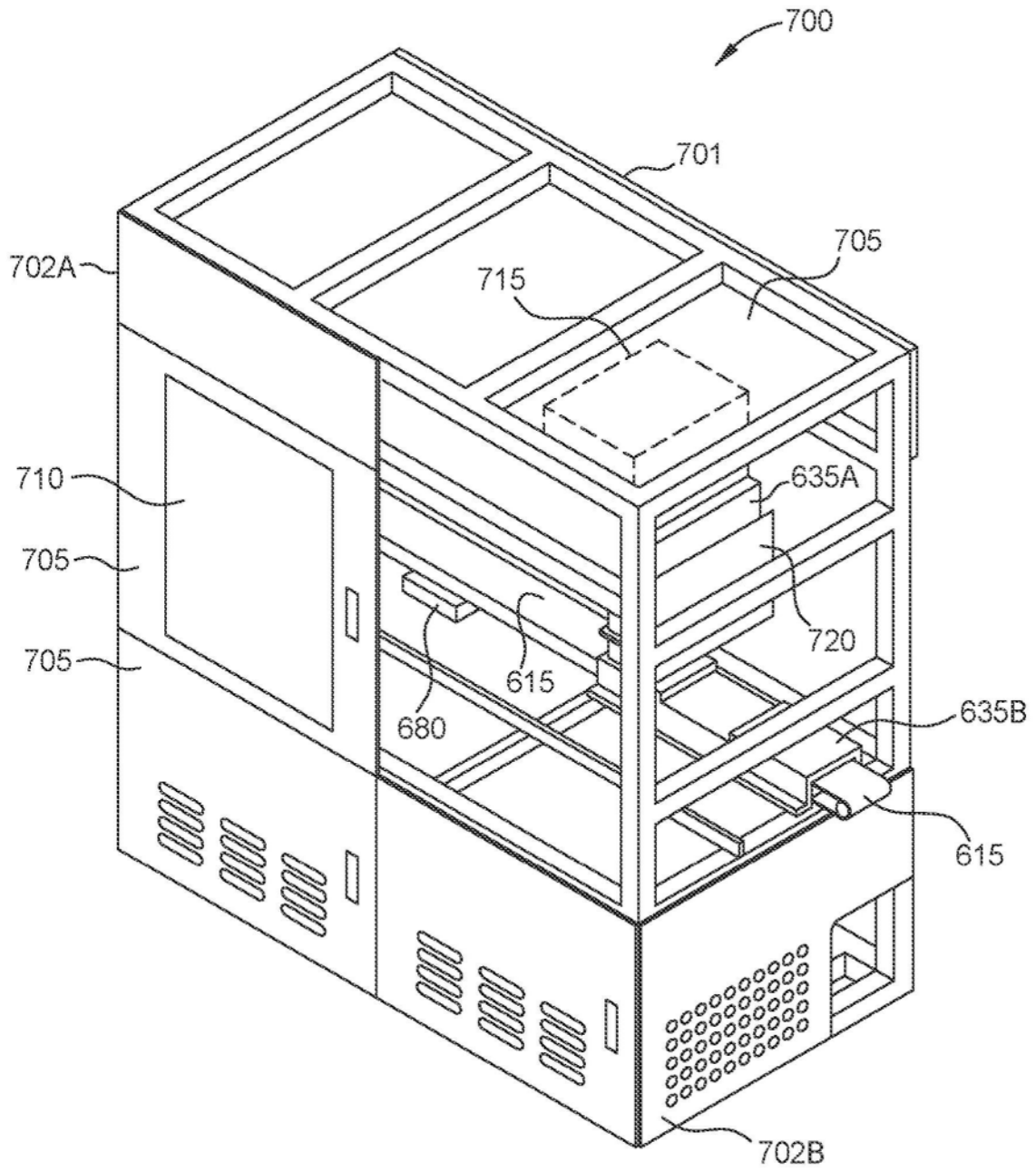


图7

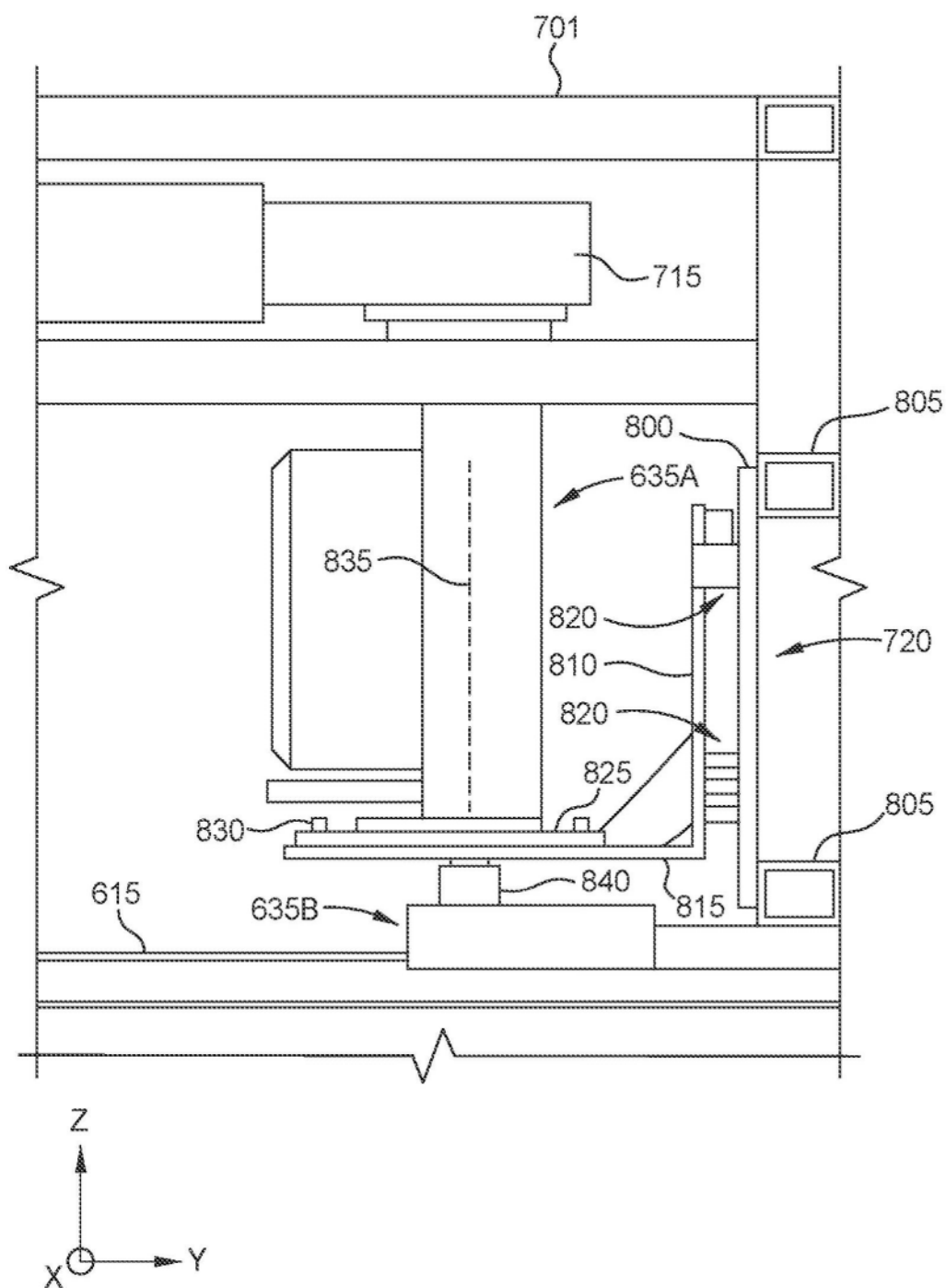


图8

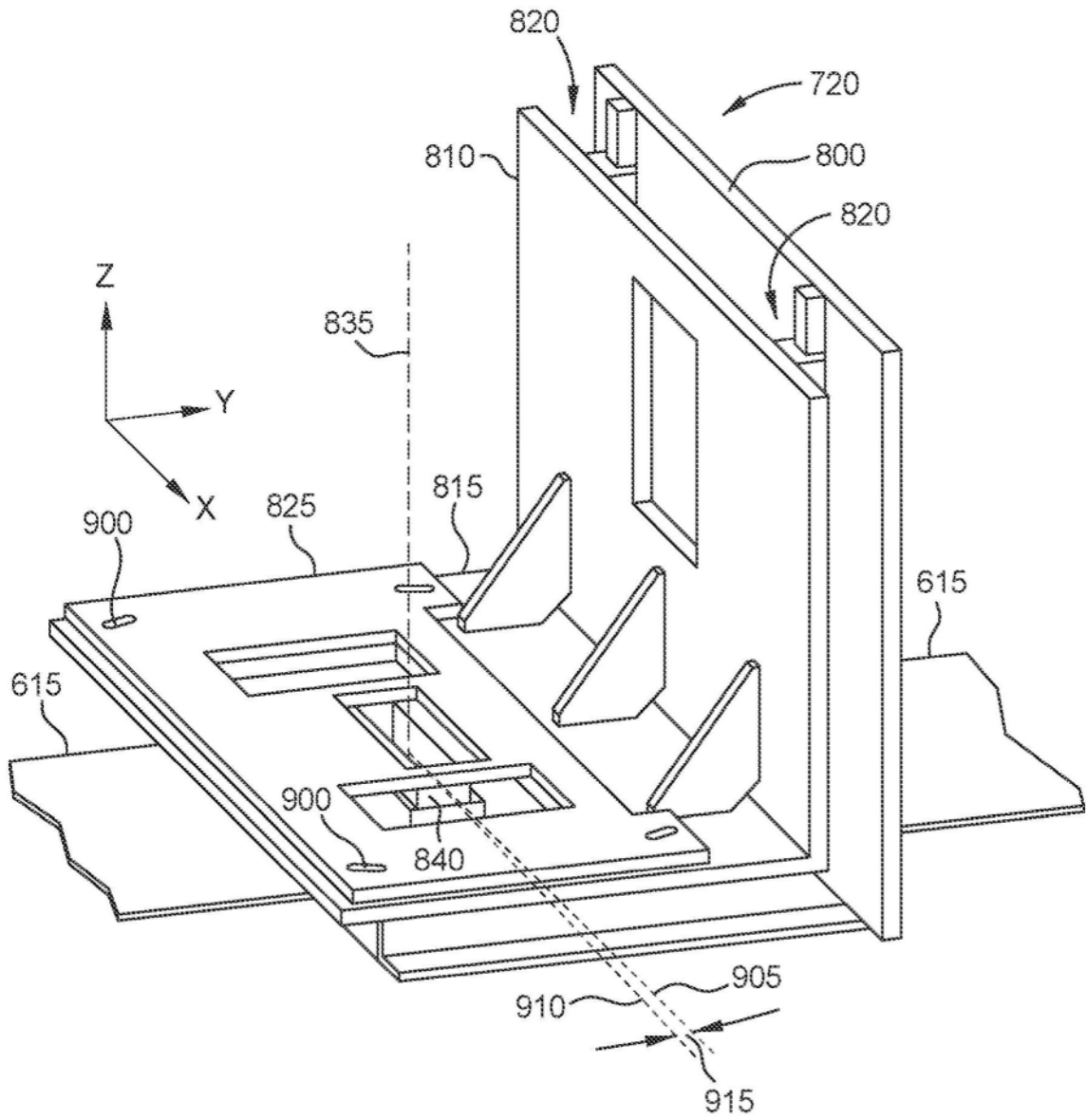


图9