



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111587471 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 05

(21) 申请号 201880086276.2

(22) 申请日 2018.12.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111587471 A

(43) 申请公布日 2020.08.25

(30) 优先权数据
62/616,357 2018.01.11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.07.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/065832 2018.12.14

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/139736 EN 2019.07.18

(73) 专利权人 西默有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 L·拉敏

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256
专利代理师 董莘

(51) Int.Cl.
H01J 61/04 (2006.01)
H01J 61/06 (2006.01)
H01J 61/12 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2002191661 A1, 2002.12.19
US 2004066827 A1, 2004.04.08
US 2012155501 A1, 2012.06.21
US 6370174 B1, 2002.04.09

审查员 郭冰冰

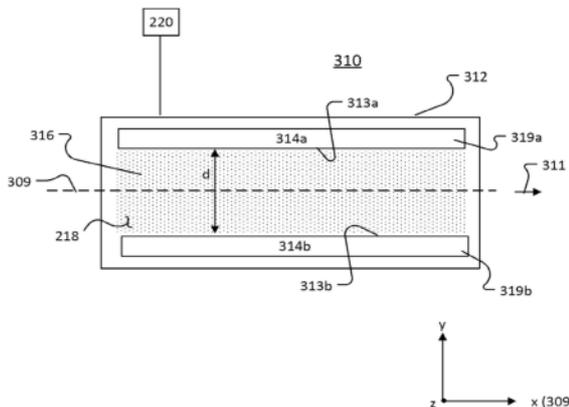
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

用于放电室的电极

(57) 摘要

一种用于深紫外 (DUV) 光源的放电室包括：壳体；以及在壳体中的第一电极和第二电极，第一电极和第二电极彼此分离以在第一电极与第二电极之间形成放电区域，该放电区域被配置为容纳包含至少一种稀有气体和卤素气体的增益介质。第一电极和第二电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。



1. 一种用于深紫外 (DUV) 光源的放电室, 所述放电室包括:

壳体; 以及

在所述壳体中的第一电极和第二电极, 所述第一电极和所述第二电极彼此分离, 以在所述第一电极与所述第二电极之间形成放电区域, 所述放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体中的至少一种的增益介质, 其中

所述第一电极由单个第一总体材料组成, 并且所述第二电极由单个第二总体材料组成,

所述第一总体材料和所述第二总体材料中的至少一者包括金属合金, 所述金属合金包含按重量计大于40%、且小于50%的锌。

2. 根据权利要求1所述的放电室, 其中所述第一电极是阴极, 以及所述第二电极是阳极, 并且所述第二总体材料包括包含按重量计大于40%、且小于50%的锌的所述金属合金。

3. 根据权利要求2所述的放电室, 其中所述金属合金还包括铜。

4. 根据权利要求3所述的放电室, 其中所述卤素气体包括氟气。

5. 根据权利要求4所述的放电室, 其中所述稀有气体包括氩气、氦气、氖气和/或氙气。

6. 根据权利要求5所述的放电室, 其中所述第一电极包括包含按重量计在33%至50%之间的锌的金属合金, 并且所述第二电极包括包含按重量计在40%至50%之间的锌的金属合金。

7. 根据权利要求5所述的放电室, 其中所述第二总体材料的所述金属合金包含按重量计大于40%、且小于45%的锌。

8. 根据权利要求2所述的放电室, 其中所述第一总体材料包含按重量计大于33%、且小于40%的锌, 并且所述第二总体材料包含按重量计大于40%、且小于50%的锌。

9. 一种深紫外DUV光源, 包括:

主振荡器, 包括第一主振荡器电极和第二主振荡器电极, 所述第一主振荡器电极和所述第二主振荡器电极彼此分离, 以形成主振荡器放电区域, 所述主振荡器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质,

其中所述第一主振荡器电极由单个第一总体材料组成, 并且所述第二主振荡器电极由单个第二总体材料组成,

其中所述第一主振荡器电极的所述第一总体材料和所述第二主振荡器电极的所述第二总体材料中的至少一者包括包含按重量计大于40%、且小于50%的锌的金属合金; 以及

在光束路径上的功率放大器, 其中在操作使用中, 所述主振荡器产生种子光束, 所述种子光束在所述光束路径上传播, 并且被所述功率放大器放大。

10. 根据权利要求9所述的DUV光源, 其中所述功率放大器包括:

第一功率放大器电极; 以及

第二功率放大器电极, 与所述第一功率放大器电极分离, 以形成功率放大器放电区域, 所述功率放大器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质,

其中所述第一功率放大器电极由单个第一总体材料组成, 并且所述第二功率放大器电极由单个第二总体材料组成, 以及

其中所述第一功率放大器电极的所述第一总体材料和所述第二功率放大器电极的所述第二总体材料中的至少一者包括包含按重量计大于40%、且小于50%的锌的金属合金。

11. 一种用于深紫外 (DUV) 光源的阳极, 所述阳极包括:

由单个总体材料组成的衬底, 所述单个总体材料包括金属合金, 所述金属合金包含至少一种金属组分, 所述至少一种金属组分包括按重量计大于40%、且小于50%的锌; 以及在所述衬底的一侧上的表面, 其中

在操作使用中, 所述表面被定位为面向阴极和放电区域, 所述放电区域具有包含卤素气体的增益介质,

所述表面中的所述金属组分与所述卤素气体反应, 以在所述表面上形成保护材料层, 并且

在所述阳极与所述阴极之间发生至少三百亿次的放电之后, 所述保护材料层覆盖整个所述表面。

12. 根据权利要求11所述的阳极, 其中在所述阳极与所述阴极之间发生至少三百亿次的放电之后, 所述保护材料层具有均匀的导电性。

13. 根据权利要求11所述的阳极, 其中所述保护材料层沿着与所述表面的法线平行的方向具有均匀的厚度。

14. 根据权利要求11所述的阳极, 其中所述衬底和所述表面形成所述金属合金的单个总体结构。

15. 根据权利要求11所述的阳极, 其中所述金属合金包括第二金属组分, 所述第二金属组分包括铜。

16. 根据权利要求15所述的阳极, 其中所述金属合金还包括镍。

17. 一种操作深紫外光源的放电室的方法, 所述方法包括:

在定位在放电室中的由单个第一总体材料组成的第一电极和由单个第二总体材料组成的第二电极之间施加电势差, 所述电势差足以在所述第一电极与所述第二电极之间的放电区域中引起包含卤素气体的气态增益介质中的粒子数反转;

允许所述第一电极的所述第一总体材料和/或所述第二电极的所述第二总体材料中的包括按重量计大于40%且小于50%的锌的金属组分与所述卤素气体反应, 以在面对所述放电区域的表面上形成保护材料层; 以及

继续施加和去除所述电势差, 使得足以引起所述粒子数反转的所述电势差以特定时间间隔被提供给所述放电室、并且总共施加所述电势差至少三百亿次, 以产生脉冲光束。

18. 一种被配置用于准分子激光源的电极, 所述电极由单个总体材料组成, 所述单个总体材料包括金属合金, 所述金属合金包含按重量计大于40%、且小于50%的锌。

用于放电室的电极

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年1月11日提交的美国临时专利申请号62/616,357的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及用于放电室的电极。放电室可以是例如深紫外 (DUV) 源的一部分。

背景技术

[0004] 光刻是一种在诸如硅片等衬底上图案化半导体电路系统的工艺。光刻光源提供用于曝光晶片上的光刻胶的深紫外 (DUV) 光。光刻中使用的一种类型的气体放电光源被称为准分子光源或激光。准分子光源通常使用一种或多种稀有气体 (诸如氩气、氦气或氙气) 和反应性气体 (诸如氟气或氯气) 的组合。准分子光源由于如下的事实而得名: 在适当的电刺激 (所提供的能量) 和高压 (气体混合物的高压) 条件下, 会产生一种称为准分子的假分子, 该准分子仅在通电状态下存在并且产生在紫外线范围内的放大光。准分子光源产生的光束的波长在深紫外 (DUV) 范围内, 并且该光束用于在光刻设备中对半导体衬底 (或晶片) 进行图案化。准分子光源可以使用单个气体放电室或使用多个气体放电室来构建。

发明内容

[0005] 在一个总体方面, 一种用于深紫外 (DUV) 光源的放电室包括壳体; 以及在壳体中的第一电极和第二电极, 第一电极和第二电极彼此分离, 以在第一电极与第二电极之间形成放电区域, 该放电区域被配置为容纳包含至少一种稀有气体和卤素气体的增益介质。第一电极和第二电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。

[0006] 实现可以包括以下特征中的一项或多项。第一电极可以是阴极以及第二电极可以是阳极, 并且第二电极可以是包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。金属合金还可以包括铜。卤素气体可以包括氟气。稀有气体可以包括氩气、氦气、氖气和/或氙气。第二电极的金属合金可以包含按重量计在35%与50%之间的锌。第二电极的金属合金可以包含按重量计在37%至50%之间的锌。第二电极的金属合金可以包含按重量计在40%与50%之间的锌。第二电极的金属合金可以包含按重量计大于33%且小于45%的锌。

[0007] 第一电极可以包含按重量计大于33%且小于40%的锌, 并且第二电极可以包含按重量计大于33%且小于50%的锌。

[0008] 在另一总体方面, 一种深紫外 (DUV) 光源包括主振荡器, 该主振荡器包括第一主振荡器电极和第二主振荡器电极, 第一主振荡器电极和第二主振荡器电极彼此分离, 以形成主振荡器放电区域, 该主振荡器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质。第一主振荡器电极和第二主振荡器电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。该DUV光源还包括在光束路径上的功率放大器, 其中在操作使用中, 主振荡器产生种子光束, 该种子光束在光束路径上传播并且被功率放大器放大。

[0009] 实现可以包括以下特征中的一项或多项。功率放大器可以包括第一功率放大器电极;第二功率放大器电极,与第一功率放大器电极分离,以形成功率放大器放电区域,该功率放大器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质。第一功率放大器电极和第二功率放大器电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。

[0010] 在另一总体方面,一种用于深紫外(DUV)光源的阳极包括:金属合金材料的衬底,该金属合金材料包含至少一种金属组分;以及在衬底的一侧上的表面。在操作使用中,该表面被定位为面对阴极和具有包含卤素气体的增益介质的放电区域,该表面中的金属组分与卤素气体反应以在该表面上形成保护材料层,并且在阳极与阴极之间发生至少三百亿次的放电之后,保护材料层覆盖整个表面。

[0011] 实现可以包括以下特征中的一项或多项。在阳极与阴极之间发生至少三百亿次的放电之后,保护材料层可以具有基本均匀的导电性。保护材料层可以沿着与表面的法线平行的方向具有基本均匀的厚度。衬底的至少一种金属组分可以包括锌。衬底的金属组分可以是按重量计大于33%且小于50%的锌。衬底和表面可以形成金属合金的单个总体结构。该金属合金可以包括第二金属组分,该第二金属组分包括铜。该金属合金还可以包括镍。

[0012] 在另一总体方面,一种操作深紫外光源的放电室的方法包括:向包括第一电极和第二电极的放电室施加电压,该电压足以在第一电极与第二电极之间的放电区域中引起包含卤素气体的气态增益介质中的粒子数反转;允许第一电极和/或第二电极中的金属组分与卤素气体反应,以在面向放电区域的表面上形成保护材料层;以及继续施加和去除电压,使得足以引起粒子数反转的电压以特定时间间隔被提供给放电室并且总共施加电压至少三百亿次,以产生脉冲光束。

[0013] 在另一总体方面,一种被配置用于准分子激光源的电极包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。

[0014] 以上和本文中描述的任何技术的实现可以包括过程、装置、电极、光刻系统、DUV光源和/或方法。一种或多种实现的细节在附图和以下描述中阐明。根据说明书和附图以及根据权利要求书,其他特征将很清楚。

附图说明

[0015] 图1是放电室的示例的框图。

[0016] 图2A是放电室的示例的框图。

[0017] 图2B是在稳态工作期间图2A的放电室的阳极的框图。

[0018] 图2C是在200亿次放电事件之后图2B的阳极的框图。

[0019] 图3是放电室的另一示例的框图。

[0020] 图4A-4C是示例电极的照片。

[0021] 图4D-4F是分别与图4A-4C的电极相对应的线图示。

[0022] 图5A是光刻系统的示例的框图。

[0023] 图5B是可以在例如图5A的光刻系统中使用的投影光学系统的示例的框图。

[0024] 图6A和6B涉及具有不同重量的锌的金属合金的材料损失的示例实验结果。

[0025] 图7是光刻系统的另一示例的框图。

- [0026] 图8A是作为时间的函数的晶片曝光信号的示例的幅度。
- [0027] 图8B是作为时间的函数的选通信号的示例的幅度。
- [0028] 图8C是作为时间的函数的触发信号的示例的幅度。
- [0029] 图9是作为放电事件的数目的函数的测量光束质量 (BQ) 速率的示例。

具体实施方式

[0030] 参考图1, 示出了放电室110的框图。放电室110是放电室的示例, 该放电室可以是诸如图5A和7所示的深紫外 (DUV) 光源的一部分。放电室110包括在壳体112内的能量源115和气体混合物118。气体混合物118包括由稀有气体和卤素气体形成的增益介质。能量源115向气体混合物118提供能量, 该能量足以引起增益介质中的粒子数反转并且使得能够经由受激发射来生成输出光束111。输出光束111可以被提供给诸如图5A和7所示的光刻系统、或者另一放电室。能量源115可以被控制以便以规则的时间间隔向气体混合物118提供能量, 使得光束111是脉冲光束, 该脉冲光束包括在时间上彼此分离的多个光脉冲。

[0031] 能量源115包括电极114, 电极114中的至少一个包括金属合金119。电极114可以是一对电极, 其中一个为阳极, 另一个为阴极。与在DUV光源的放电室中传统使用的依赖于由金属合金制成的电极的放电室相比, 金属合金119的化学成分延长了能量源115 (以及因此放电室110) 的寿命。

[0032] 关于例如图3、4、6A和6B讨论金属合金119的细节。关于图2A-2C讨论具有由传统材料形成的阳极的DUV光源的放电室的操作。

[0033] 图2A是放电室210的侧视截面框图。放电室210是可以在DUV光源中使用的现有的或已知的放电室210的示例。放电室210包括阴极214a和阳极214b。阴极214a和阳极214b通常在xz平面上沿着放电室210的纵轴209延伸。电极214a和214b由传统金属合金219制成。例如, 传统金属合金219可以是铜和锌的合金, 其中合金219包含按重量计30%的锌或按重量计小于30%的锌。

[0034] 阴极214a和阳极214b沿着y轴彼此分离距离d, 在阴极214a与阳极214b之间具有放电区域216。放电区域216包括气体混合物218, 气体混合物218在图2A中由虚线表示。气体混合物218包括由稀有气体和卤素气体形成的增益介质。稀有气体可以是例如氩气、氦气和/或氙气。卤素气体可以是例如氟气。气体混合物218也可以包括缓冲气体。

[0035] 电压源220用于在阴极214a与阳极214b之间形成电位差和电场。该电位差足够大, 以引起气体混合物218中的放电 (电子流、电荷或电流) 并且电离气体混合物218中的至少一些卤素气体。“放电事件”是施加的电压形成的电位差足以在气体混合物218中引起放电。电场使增益介质中的电子加速, 并且电子与气体混合物218中的中性原子发生碰撞。碰撞引起低能量状态的电子跃迁到高能量状态, 并且粒子数反转发生在增益介质中, 使得可以通过受激发射而生成输出光束211。

[0036] 气体混合物218的电离形成包含卤素离子的含卤素等离子体, 该卤素离子与金属合金219反应。电离的气体混合物218也称为反应性气体。在阳极214b的面对放电区域216的表面上形成有层213b。层213b包含由金属合金219和反应性气体的反应而形成的反应产物。层213b在最初的几次放电事件之后形成。例如, 层213b可以在10或100次放电事件之后形成。

[0037] 层213b的导电性低于金属合金219。与金属合金219相比,层213b与含卤素等离子体的反应性也较小。因此,层213b用作钝化层或保护层。在其中合金219包含锌和铜并且气体混合物218包含氟的实现中,氟离子在与铜反应之前与锌反应(因为与铜相比,锌与氟反应的亲和力更大)。因此,这些实现中的保护层213b主要是氟化锌(ZnF_2),但是也包括 CuF_2 。阴极214a上也形成有保护层213a。

[0038] 图2B示出了在放电室210的稳态操作期间阳极214b的侧面框图。在稳态操作中,放电事件以规则的时间间隔发生以形成光脉冲。保护层213b可能由于放电事件而破裂,从而导致下面的金属合金219的大面积暴露。然而,暴露的金属合金219的表面被主要为 ZnF_2 的新保护层213b'重新涂覆,使得在稳态操作期间,电极214b的面对放电区域216的基本所有表面继续被覆盖,并且放电室210的输出不受影响。

[0039] 也参考图2C,图2C是在多次放电事件(例如,200亿次)之后阳极214b的侧面框图,保护层213b沿着y方向增厚。增厚可能是由保护层213b处的高电流和/或高温引起的。保护层213b的增厚增加了保护层213b上的机械应力。保护层213b的部分开始剥落或剥离,从而暴露出小区域(诸如区域225)的未涂覆的金属合金219。由于与相邻层213b相比,区域225处的金属合金219具有很高的反应性,因此区域225吸引附近的电流,因此区域225处的温度显著升高。区域225处的高的局部温度增加了金属合金219和反应性气体的反应,因此腐蚀层开始以较高的速率积累并且腐蚀产物在保护层213b的顶部上生长或积累。由这种失控的腐蚀过程产生的腐蚀层和累积的腐蚀产物在图2C中标记为224,并且可以被称为“礁石(reef)”。礁石224由与保护层213b相同的材料制成,并且可以被认为是由含卤素等离子体引起的腐蚀产物的积聚的局部区域。礁石224朝向阴极214a延伸,并且由与保护层213b相同的材料制成。

[0040] 金属合金219具有比保护层213b更高的导电率。因此,小的暴露区域225比保护层213b更强烈地吸引在放电事件期间形成的电弧,从而在放电区域216中导致非均匀的电场和电弧。电弧是不希望的,因为电弧可能吸收来自增益介质的能量,否则该能量将用于形成光束211。保护层213b的劣化加速,并且保护层213b在空间和电学上变得不均匀,从而不能可靠地产生光束211。当不能可靠地产生光束211时,放电室210不能正常工作并且已经达到其使用寿命的终点。因此,礁石224的形成缩短了放电室210的寿命。包括由传统金属合金219制成的阴极214a和阳极214b的放电室210在大约180亿次放电事件之后开始形成礁石,并且寿命约为300亿次放电事件或更少。

[0041] 参考图3,示出了放电室310的侧视截面框图。放电室310可以是诸如图5A和7所示的深紫外(DUV)光源的一部分的放电室的示例。放电室310包括在壳体312中的电极314a、314b。在图3的示例中,电极314a是阴极并且电极314b是阳极。阳极314b包括金属合金319b。金属合金319b的化学成分导致更坚固的保护层,从而与放电室210相比,延长了放电室310的寿命。

[0042] 阴极314a和阳极314b通常在xz平面中并且沿着与放电室310的纵轴309平行的方向延伸。阴极314a与阳极314b沿着y轴分离距离d,并且放电区316位于阴极314a与阳极314b之间。放电区域316包括气体混合物218。

[0043] 气体混合物218的电离形成包含卤素离子的含卤素等离子体,该卤素离子与金属合金319b反应。金属合金319与卤素离子之间的反应在电极314b的面对放电区域316的表面

上形成保护层313b。

[0044] 金属合金319b具有导致保护层313b比关于图2A-2C讨论的保护层219b更坚固的化学成分。例如,与保护层219b相比,保护层313b更牢固地粘附到总体(bulk)金属合金319b,使得保护层313b不像保护层219b那样容易破裂。结果,减少或消除了下面的总体金属合金319b的暴露。另外,与在DUV光源的放电室中传统使用的由金属合金制成的电极相比,层313b可以在空间和/或电学上保持均匀,以进行更多的放电事件。保护层313b可以基本上覆盖电极314b的面对放电区域316的所有部分,和/或即使在300-600亿次放电事件之后也可以具有均匀的导电性。相比之下,由传统金属合金制成的电极形成的保护层通常会破裂,并且在约200亿次放电事件之后具有不均匀的导电性。因此,使用金属合金319b增加了电极314b能够承受的放电事件的数目,并且因此还增加了放电室310的寿命。

[0045] 金属合金319b可以是例如铜和锌的合金,其包含按重量计33%至50%的锌、按重量计33.5%至40%的锌、按重量计35%至50%的锌、按重量计37%至50%的锌、按重量计40%至50%的锌、或按重量计33%至45%的锌。金属合金319b可以是例如按重量计33.5%的锌、按重量计37%的锌、或按重量计45%的锌。在一些实现中,金属合金319b还包括镍。

[0046] 另外地或替代地,阴极314a可以包括金属合金319a,该金属合金319a的化学成分不同于关于图2A-2C讨论的传统金属合金219。金属合金319a可以是例如铜和锌的合金,其包含按重量计33%至40%的锌。

[0047] 这些成分与用于DUV光源的放电室中的电极的典型金属合金(诸如关于图2A-2C讨论的合金219)相反。用于DUV放电室中的电极的典型金属合金包含铜和锌的合金,但是锌的重量百分比低于金属合金319b中的锌的重量百分比。例如,在DUV光源的放电室中使用的典型阳极可以由铜和锌的合金制成,其中锌按重量计为30%。申请人发现,增加按重量计的锌的量会产生支撑更坚固的保护层的电极。锌与氟的反应比铜与卤素气体的反应更容易。例如,在离子化氟存在的情况下由铜和锌的合金形成的保护层是氟化锌。据信,金属合金中锌的百分比的增加导致更多的锌暴露于在放电区域316中形成的含卤素等离子体。因此,形成了更多氟化锌,并且保护层313b更坚固。然而,锌具有相对较高的蒸气压,并且具有按重量计大于约50%的锌的金属合金容易蒸发并且不形成更坚固的保护层。这样,金属合金319b具有的锌含量大于传统电极的锌含量,但是金属合金319b不具有使得蒸发在保护层的形成中占主导地位的高的锌浓度。

[0048] 也参考图4A-4C,示出了分别形成在电极414_1、414_2和414_3上的保护层413_1、413_2和413_3的扫描电子显微镜照片。保护层413_1、413_2、413_3分别在边界422_1、422_2、422_3处形成在电极414_1、414_2、414_3的总体衬底419上。图4D是电极414_1的近似线图。图4E是电极414_2的近似线图。图4F是电极414_3的近似线图。

[0049] 电极414_1由包含锌和铜的金属合金形成,其中锌按重量计为5%。电极414_2由包含锌和铜的金属合金形成,其中锌按重量计为30%。电极414_3由包含锌和铜的金属合金形成,其中锌按重量计为45%。每个电极414_1、414_2、414_3被暴露于450°C的离子化氟气中2小时。据信,450°C的温度与实际腔室操作期间放电室中电极的表面温度大致相同,因为在电极414_1、414_2、414_3上形成的保护层的厚度接近于在放电室中使用的电极上形成的保护层的厚度。

[0050] 如照片所示,保护层413_3比保护层413_1和413_2在空间上更均匀。与保护层413_

1和413_2相比,保护层413_3还更致密且更牢固地结合到下面的总体金属合金。保护层413_3的外观表明它比分别形成在电极414_1和414_2上的保护层413_1和413_2更坚固。

[0051] 图5A和7提供了DUV光源的示例,其中可以使用包括诸如合金119或319b等金属合金的电极。

[0052] 参考图5A和图5B,光刻系统500包括将光束511提供给光刻曝光设备569的光学源(或光源)505,光刻曝光设备569处理由晶片保持器或台架571容纳的晶片570。光源505包括包围阴极514a和阳极514b的放电室510。在图5A中仅示出了一个气体放电室510;然而,光源505可以包括一个以上的放电室。

[0053] 光束511是脉冲光束,其包括在时间上彼此分离的光脉冲。光刻曝光设备569包括光束511在到达晶片570之前通过的投影光学系统575、和量测系统572。量测系统572可以包括例如相机或能够在晶片570处捕获晶片570和/或光束511的图像的其他设备、或能够捕获描述光束511的特性(诸如在晶片570处的光束511的在xy平面上的强度)的数据的光学检测器。光刻曝光设备569可以是液浸系统或干式系统。光刻系统500还包括用于控制光源505和/或光刻曝光设备569的控制系統550。

[0054] 通过例如用光束511在晶片570上曝光辐射敏感的光致抗蚀剂材料层来在晶片570上形成微电子特征。还参考图5B,投影光学系统575包括狭缝576、掩模574和投影物镜,投影物镜包括透镜系统577。透镜系统577包括一个或多个光学元件。光束511进入光学系统575并且入射在狭缝576上,并且光束511中的至少一些穿过狭缝576。在图5A和5B的示例中,狭缝576是矩形的,并且将光束511整形为细长的矩形光束。在掩模574上形成有图案,并且该图案确定成形光束的哪些部分被掩模574透射以及哪些部分被掩模574阻挡。图案的设计由要形成在晶片570上的特定微电子电路设计来确定。

[0055] 阴极514a和/或阳极514b包括金属合金,该金属合金具有与在DUV光源的放电室中传统使用的金属合金相比形成更坚固的保护层的成分。例如,阳极514b可以例如是铜和锌的合金,其包含按重量计33%至50%的锌、按重量计33.5%至40%的锌、按重量计35%至50%的锌、按重量计37%至50%的锌、按重量计40%至50%的锌、或按重量计33%至45%的锌。阳极514b中使用的金属合金可以是例如按重量计33.5%的锌、按重量计37%的锌或按重量计45%的锌。此外,预期对于各种应用,合适的电极成分可以包括约31%、32%、33%、34%、35%、36%、37%、38%、40%、42%、44%、46%、48%或50%的锌、或介于其间的任何范围(例如,33%-38%)。

[0056] 在一些实现中,仅阳极使用具有增加的锌含量的金属合金。在其他实现中,阴极514a和阳极514b都包括金属合金,该金属合金的按重量计的锌的量大于在DUV光源放电室中传统使用的金属合金。阴极514a中锌的量的增加降低了阴极514a的材料损失率。然而,增加阴极514a中锌的量也增加了阳极514b的材料损失率。因此,为了实现放电室510的最佳性能,用于阴极514a和阳极514b的金属合金中的锌的量可以与预期导致最小材料损失率的量不同。

[0057] 图6A和6B讨论了与暴露于离子化的氟气之后金属合金的包括不同量的锌的多个段的材料损失率有关的实验结果。材料损失率提供了由于暴露于电离的氟气而沿着y轴从一个段中损失的材料量的测量。大量的材料损失表明,包含金属合金的段的反应性更高。

[0058] 图6A是阴极614a和阳极614b的侧面框图。阴极614a和阳极614b彼此平行并且沿着

x轴延伸。阴极614a包括段1-7。段1-7彼此物理接触并且沿着x轴延伸。阳极614b包含铜和锌的金属合金,其中按重量计锌为金属合金的37%。段1-7也是铜和锌的金属合金。为了评估阴极的锌含量的影响,改变段1-7中的每个段中的锌的量。段2和5包含按重量计15%的锌,段3包含按重量计33.5%的锌,段4包含按重量计37%的锌,并且段1、6和7包含按重量计30%的锌。在整个阳极614b中,阳极614b中的锌的量为37%。

[0059] 在100.35亿次放电事件(或产生的脉冲)之后测量腐蚀量或材料损失的量。电极扫描仪用于测量段1-7的高度轮廓。段1-7的高度是沿着y轴的尺寸。对于每个段,沿着x轴在两个或多个位置处测量高度轮廓。对段的测量高度进行平均,并且将平均值用作该段的测量高度。从段的原始高度和段的在暴露于离子化的氟气之后所测量的高度来确定材料损失。

[0060] 图6B示出了:针对阴极段2-4和6以及阳极614b,以每十亿个脉冲(BP)的微米(μm)数为单位而测量的材料损失率。在图6B中,将材料损失率绘制为段标识符的函数。曲线680表示阴极614a的材料损失率,而曲线681表示阳极614b的材料损失率。

[0061] 针对特定阴极段的阳极614b的材料损失率是针对阳极614b的在y轴上与阴极段对准的部分而测量的材料损失率。尽管阳极614b沿着x轴具有恒定量的锌,但是阳极614b的材料损失率随段1-7中锌含量的变化而变化。针对段2的阴极材料损失率(按重量计15%的锌)为 $27\mu\text{m}/\text{BP}$,阴极材料损失率为 $43\mu\text{m}/\text{BP}$ 。针对段6的阴极材料损失率(按重量计30%的锌)为 $18\mu\text{m}/\text{BP}$,阳极材料损失率为 $49\mu\text{m}/\text{BP}$ 。针对段3的阴极材料损失率(按重量计33.5%的锌)为 $13\mu\text{m}/\text{BP}$,阳极腐蚀率为 $51\mu\text{m}/\text{BP}$ 。针对段4的阴极腐蚀速率(按重量计37%的锌)为 $11\mu\text{m}/\text{BP}$,阳极腐蚀速率为 $55\mu\text{m}/\text{BP}$ 。

[0062] 因此,阴极材料损失率随着阴极614a中的锌量的增加而降低。降低材料损失率通常是有益的,并且可以延长放电室的使用寿命。然而,增加阴极中的锌量也导致阳极614b的材料损失率增加。这样,在其中阳极和阴极均包括比在DUV光源的放电室中传统使用的金属合金重量更高的锌量的金属合金的一些实现中,阴极中的锌量可以小于阳极中的锌量,以在阴极腐蚀与阳极腐蚀之间达到平衡。例如并且再次参考图5A,阳极514b可以由其中锌按重量计为33%至50%的包含铜和锌的金属合金制成,阴极514a可以由其中锌按重量计为33%到40%的包含铜和锌的金属合金制成。在一些实现中,阳极514b可以由其中锌按重量计为37%的包含铜和锌的金属合金制成,阴极514a可以由其中锌按重量计为33%的包含铜和锌的金属合金制成。

[0063] 由于放电室中的不均匀性,具有相同量的锌但是位于放电室的不同部分中的两个段的材料损失量可以不同。例如,段2和段5都包含铜和锌的金属合金,其中锌按重量计为15%。针对段2的材料损失率为 $27\mu\text{m}/\text{BP}$,针对段5的材料损失率为 $24\mu\text{m}/\text{BP}$ 。然而,观察到,由于位置引起的材料损失率的差异不如由于锌含量引起的材料损失率的差异显著,并且没有改变关于锌含量对材料损失率的影响的结论。

[0064] 参考图7,示出了光刻系统700的框图。系统700是系统500(图5A)的实现的示例。例如,在光刻系统700中,光源705被用作光源505(图5A)。光源705产生脉冲光束711,该脉冲光束711被提供给光刻曝光设备569。光刻系统700还包括控制系统750,在图7的示例中,控制系统750连接到光源705的组件以及光刻曝光设备569,以控制该光刻系统700的各种操作。在其他实现中,控制系统750可以实现为两个单独的控制系統,一个控制系统用于控制光源705的各个方面并且另一控制系统用于控制光刻曝光设备。

[0065] 在图7所示的示例中,光源705是两级激光系统,其包括主振荡器(MO)701,该MO 701向功率放大器(PA)702提供种子光束706。可以将MO 701和PA 702视为光源705的子系统,或者视为作为光源705的一部分的系统。功率放大器702从主振荡器701接收种子光束706,并且对种子光束706进行放大以生成用在光刻曝光设备569中的光束711。例如,主振荡器701可以发射脉冲种子光束,其中种子脉冲能量约为每个脉冲1毫焦耳(mJ),并且这些种子脉冲可以被功率放大器702放大到大约10至15mJ。

[0066] 主振荡器701包括放电室710_1,放电室710_1具有两个细长电极714a_1和714b_1,作为气体混合物的增益介质718_1、以及用于使气体混合物在电极714a_1、714b_1之间循环的风扇(未示出)。电极714a_1和/或电极714b_1由包含铜和锌的金属合金制成,并且锌的重量浓度高于在DUV主振荡器的放电室中通常使用的金属合金。在所示示例中,电极714a_1是阴极,并且电极714b_1是阳极。阴极714a_1可以包含按重量计33%至40%的锌,并且阳极714b_1可以包含按重量计33%至50%的锌。

[0067] 谐振器被形成在放电室710_1的一侧的线变窄模块780与放电室710_1的第二侧的输出耦合器781之间。线变窄模块780可以包括精细地调节放电室710_1的光谱输出的诸如光栅等衍射光学器件。光源705还包括从输出耦合器781接收输出光束的线心分析模块(line center analysis module)784、和光束耦合光学系统783。线心分析模块784是可以用于测量或监测种子光束706的波长的测量系统。线心分析模块784可以放置在光源705中的其他位置,或者可以放置在光源705的输出处。

[0068] 气体混合物718_1可以是适合于产生应用所需要的波长和带宽的光束的任何气体。对于准分子源,除缓冲气体诸如氦气外,气体混合物还可以包含惰性气体(稀有气体),诸如例如氩气或氙气;卤素,诸如例如氟气或氯气;以及微量的氙气。气体混合物的具体示例包括发出波长约为193nm的光的氟化氩(ArF)、发出波长约为248nm的光的氟化氪(KrF)、或发出波长约为351nm的光的氯化氙(XeCl)。通过向细长电极714a_1、714b_1施加电压,用高压放电中的短(例如,纳秒)电流脉冲来泵浦准分子增益介质(气体混合物)。

[0069] 功率放大器702包括光束耦合光学系统783,该光束耦合光学系统783从主振荡器701接收种子光束706并且将光束706引导通过放电室710_2并且到达光束转向光学元件782,该光束转向光学元件782修改或改变种子光束706的方向,使得其被发送回放电室710_2。光束转向光学元件和光束耦合光学系统783形成循环和闭环路径,在该循环和闭环路径中,进入环形放大器的输入在光束耦合设备783处与环形放大器的输出相交。

[0070] 放电室710_2包括一对细长电极714a_2、714b_2、气体混合物718_2、以及用于使气体混合物718_2在电极714a_2、714b_2之间循环的风扇(未示出)。气体混合物718_2可以与气体混合物718_1相同。电极714a_2和/或电极714b_2由包含铜和锌的金属合金制成,并且锌的重量浓度高于在DUV主振荡器的放电室中通常使用的金属合金。在所示示例中,电极714a_2是阴极,并且电极714b_2是阳极。阴极714a_2可以包含按重量计33%至40%的锌,并且阳极714b_2可以包含按重量计33%至50%的锌。

[0071] 输出光束711可以在到达光刻曝光设备569之前被引导通过光束准备系统785。光束准备系统785可以包括测量光束711的各种参数(诸如带宽或波长)的带宽分析模块。光束准备系统785还可以包括在时间上对输出光束711的每个脉冲进行展宽的脉冲展宽器(未示出)。光束准备系统785还可以包括能够作用在光束711上的其他组件,诸如例如反射和/或

折射光学元件(诸如例如,透镜和反射镜)、滤光片和光学孔径(包括自动百叶窗)。

[0072] 光刻系统700还包括控制系统750。控制系统750可以通过向光源705发送一个或多个信号,来控制光源705何时发射光脉冲或、何时发射包括一个或多个光脉冲的光脉冲突发。控制系统750也连接到光刻曝光设备569。因此,控制系统750还可以控制光刻曝光设备569的各个方面。例如,控制系统750可以控制晶片570(图5B)的曝光,并且因此可以用于控制如何在晶片570上印刷电子特征。在一些实现中,控制系统750可以通过控制狭缝576在x-y平面中(图5B)的运动来控制晶片570的扫描。此外,控制系统750可以与量测系统572和/或光学系统575(图5B)交换数据。

[0073] 光刻曝光设备569还可以包括例如温度控制装置(诸如空调装置和/或加热装置)、和/或用于各种电子组件的电源。控制系统750也可以控制这些组件。在一些实现中,控制系统750被实现为包括一个以上的子控制系统,其中至少一个子控制系统(光刻控制器)专用于控制光刻曝光设备569的各方面。在这些实现中,代替或除了使用光刻控制器,控制系统750可以被用于控制光刻曝光设备569的各方面。

[0074] 控制系统750包括电子处理器751、电子存储装置752和I/O接口753。电子处理器751包括适合于执行计算机程序的一个或多个处理器(诸如通用微处理器或特殊用途的微处理器)、以及任何类型的数字计算机的任何一个或多个处理器。通常,电子处理器从只读存储器、随机存取存储器或两者接收指令和数据。电子处理器751可以是任何类型的电子处理器。

[0075] 电子存储装置752可以是易失性存储器,诸如RAM,或是非易失性存储器。在一些实现中,电子存储装置752包括非易失性部分或组件和易失性部分或组件。电子存储装置752可以存储在控制系统750的操作中、控制系统750的组件的操作中、和/或由控制系统750所控制的系统的操作中使用的数据和信息。该信息可以存储在例如查找表或数据库中。

[0076] 电子存储装置752还可以存储指令(可能作为计算机程序),该指令在被执行时引起处理器751与控制系统750、光学系统705和/或光刻曝光设备569中的组件通信。

[0077] I/O接口753是允许控制系统750与操作员、光学系统705、光刻曝光设备569、光学系统705和/或光刻曝光设备569内部的任何组件或系统、和/或在另一电子设备上运行的自动进程一起接收和/或提供数据和信号的任何种类的电子接口。例如,I/O接口753可以包括视觉显示器、键盘和通信接口中的一种或多种。

[0078] 图8A-8C提供了在光源705中的脉冲和突发的产生的概述。光束711是脉冲光束,并且可以包括在时间上彼此分离的脉冲的一个或多个突发。每个突发可以包括一个或多个光脉冲。在一些实现中,突发包括数百个脉冲,例如100-400个脉冲。图8A示出了作为时间的函数的晶片曝光信号800的幅度,图8B示出了作为时间的函数的选通信号815的幅度,图8C示出了作为时间的函数的触发信号的幅度。

[0079] 控制系统850可以被配置为将晶片曝光信号800发送给光源705以控制光源705产生光束711。在图8A所示的示例中,晶片曝光信号800在时间段807期间具有高值805(例如,1),在该时间段期间,光源705产生光脉冲突发。否则,当晶片570未被曝光时,晶片曝光信号800具有低值810(例如,0)。

[0080] 参考图8B,光束711是脉冲光束,并且光束711包括脉冲突发。控制系统750还通过向光源705发送选通信号815来控制脉冲突发的持续时间和频率。选通信号815在脉冲突发

期间具有高值820(例如,1),而在连续突发之间的时间期间具有低值825(例如,0)。在所示示例中,选通信号815具有高值的持续时间也是突发816的持续时间。突发在时间上被突发间时间间隔隔开。在突发间时间间隔期间,光刻曝光设备569可以将下一管芯定位在晶片570上以进行曝光。

[0081] 参考图8C,控制系统750还利用触发信号830来控制每个突发内的脉冲的重复率。触发信号830包括触发840,触发840之一被提供给光源705以引起光源705产生光脉冲。每当要产生脉冲时,控制系统750可以向光源705发送触发840。因此,可以通过触发信号830来设置由光源705产生的脉冲的重复率(两个连续脉冲之间的时间)。

[0082] 当通过分别向电极714a_1、714b_1或714a_2、714b_2施加电压来泵浦气体混合物718_1或气体混合物718_2的增益介质时,气体混合物的增益介质发光。如上所述,这种电压的施加是放电事件。当以规则的时间间隔向电极施加电压时,光束711被脉冲化。因此,脉冲光束711的重复率由将电压施加到电极的速率确定。触发信号830例如可以用于控制电压到电极的施加以及脉冲的重复率,对于大多数应用,该重复率范围可以在约500Hz与6000Hz之间。在一些实现中,重复率可以大于6,000Hz,并且可以例如为12,000Hz或更大。

[0083] 图9是示出作为所生成的脉冲或放电事件的函数的所测量的主振荡器束质量(BQ)速率的图。图9的数据从诸如图7的MO 701的主振荡器获取。BQ速率指示在光源705中发生了多少光束质量事件。当种子光束706或光束711的任何方面不符合预定义规范时,发生光束质量事件。例如,当光束706或711的光能、光谱带宽和/或波长在可接受的值范围之外时,发生光束质量事件。图9的BQ速率是生成的每十亿个脉冲或放电事件的光束质量事件(或BQ计数)的数目。在图9的示例中,MO 701的可接受BQ速率的上限为50。

[0084] 在图9的示例中,曲线991(点划线)表示系统的BQ速率(每十亿个脉冲的BQ计数),其中MO 701的电极714a_1和714b_1由传统的铜和锌合金制成,其中锌的量按重量计为30%。曲线992(虚线)表示系统的BQ速率,其中阳极714b_1由铜和锌合金制成,其中锌的量按重量计为33.5%。曲线993(实线)表示系统的BQ速率,其中阳极714b_1由铜和锌合金制成,其中锌的量按重量计为37%。

[0085] 如通过将曲线992和993与曲线991进行比较所示,增加电极714b_1的锌含量允许MO 701产生更多的种子光束706的脉冲,而不会超过BQ速率上限。例如,阳极由传统合金制成的系统超过了大约22BP的BQ速率上限。阳极具有按重量计33.5%的锌和按重量计37%的锌的系统具有较低的射束质量率,该射束质量率最高等于和大于40BP。具有33.5%锌的电极在大约35BP下形成礁石,而具有37%锌的电极在50BP下没有形成礁石。因此,与使用传统金属合金相比,增加放电室的电极中的锌的量改善了MO 701的性能。

[0086] 可以使用以下条款进一步描述实施例:

[0087] 1.一种用于深紫外(DUV)光源的放电室,所述放电室包括:

[0088] 壳体;以及

[0089] 在所述壳体中的第一电极和第二电极,所述第一电极和所述第二电极彼此分离,以在所述第一电极与所述第二电极之间形成放电区域,所述放电区域被配置为容纳包含至少一种稀有气体和卤素气体的增益介质,其中

[0090] 所述第一电极和所述第二电极中的至少一者包括金属合金,所述金属合金包含按重量计大于33%且小于50%的锌。

- [0091] 2. 根据条款1所述的放电室,其中所述第一电极是阴极以及所述第二电极是阳极,并且所述第二电极包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的所述金属合金。
- [0092] 3. 根据条款2所述的放电室,其中所述金属合金还包括铜。
- [0093] 4. 根据条款3所述的放电室,其中所述卤素气体包括氟气。
- [0094] 5. 根据条款4所述的放电室,其中所述稀有气体包括氩气、氦气、氖气和/或氙气。
- [0095] 6. 根据条款5所述的放电室,其中所述第二电极的所述金属合金包含按重量计在35%至50%之间的锌。
- [0096] 7. 根据条款5所述的放电室,其中所述第二电极的所述金属合金包含按重量计在37%至50%之间的锌。
- [0097] 8. 根据条款5所述的放电室,其中所述第二电极的所述金属合金包含按重量计在40%至50%之间的锌。
- [0098] 9. 根据条款5所述的放电室,其中所述第二电极的所述金属合金包含按重量计大于33%且小于45%的锌。
- [0099] 10. 根据条款2所述的放电室,其中所述第一电极包含按重量计大于33%且小于40%的锌,并且所述第二电极包含按重量计大于33%且小于50%的锌。
- [0100] 11. 一种深紫外(DUV)光源,包括:
- [0101] 主振荡器,包括第一主振荡器电极和第二主振荡器电极,所述第一主振荡器电极和所述第二主振荡器电极彼此分离,以形成主振荡器放电区域,所述主振荡器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质,其中所述第一主振荡器电极和所述第二主振荡器电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金;以及
- [0102] 在光束路径上的功率放大器,其中在操作使用中,所述主振荡器产生种子光束,所述种子光束在所述光束路径上传播并且被所述功率放大器放大。
- [0103] 12. 根据条款11所述的DUV光源,其中所述功率放大器包括:
- [0104] 第一功率放大器电极;以及
- [0105] 第二功率放大器电极,与所述第一功率放大器电极分离,以形成功率放大器放电区域,所述功率放大器放电区域被配置为容纳包含稀有气体和卤素气体的增益介质,其中所述第一功率放大器电极和所述第二功率放大器电极中的至少一者包括包含按重量计大于33%且小于50%的锌的金属合金。
- [0106] 13. 一种用于深紫外(DUV)光源的阳极,所述阳极包括:
- [0107] 金属合金材料的衬底,所述金属合金材料包含至少一种金属组分;以及
- [0108] 在所述衬底的一侧上的表面,其中
- [0109] 在操作使用中,所述表面被定位为面向阴极和放电区域,所述放电区域具有包含卤素气体的增益介质,
- [0110] 所述表面中的所述金属组分与所述卤素气体反应以在所述表面上形成保护材料层,并且
- [0111] 在所述阳极与所述阴极之间发生至少三百亿次的放电之后,所述保护材料层覆盖整个所述表面。
- [0112] 14. 根据条款13所述的阳极,其中在所述阳极与所述阴极之间发生至少三百亿次的放电之后,所述保护材料层具有基本均匀的导电性。

- [0113] 15. 根据条款13所述的阳极,其中所述保护材料层沿着与所述表面的法线平行的方向具有基本均匀的厚度。
- [0114] 16. 根据条款13所述的阳极,其中所述衬底的所述至少一种金属组分包括锌。
- [0115] 17. 根据条款16所述的阳极,其中所述衬底的所述金属组分是按重量计大于33%且小于50%的锌。
- [0116] 18. 根据条款13所述的阳极,其中所述衬底和所述表面形成所述金属合金的单个总体结构。
- [0117] 19. 根据条款16所述的阳极,其中所述金属合金包括第二金属组分,所述第二金属组分包括铜。
- [0118] 20. 根据条款19所述的阳极,其中所述金属合金还包括镍。
- [0119] 21. 一种操作深紫外光源的放电室的方法,所述方法包括:
- [0120] 向包括第一电极和第二电极的放电室施加电压,所述电压足以在所述第一电极与所述第二电极之间的放电区域中引起包含卤素气体的气态增益介质中的粒子数反转;
- [0121] 允许所述第一电极和/或所述第二电极中的金属组分与所述卤素气体反应,以在面向所述放电区域的表面上形成保护材料层;以及
- [0122] 继续施加和去除所述电压,使得足以引起所述粒子数反转的所述电压以特定时间间隔被提供给所述放电室并且总共施加所述电压至少三百亿次,以产生脉冲光束。
- [0123] 22. 一种被配置用于准分子激光源的电极,所述电极包括金属合金,所述金属合金包含按重量计大于33%且小于50%的锌。
- [0124] 其他实现在权利要求的范围内。

110

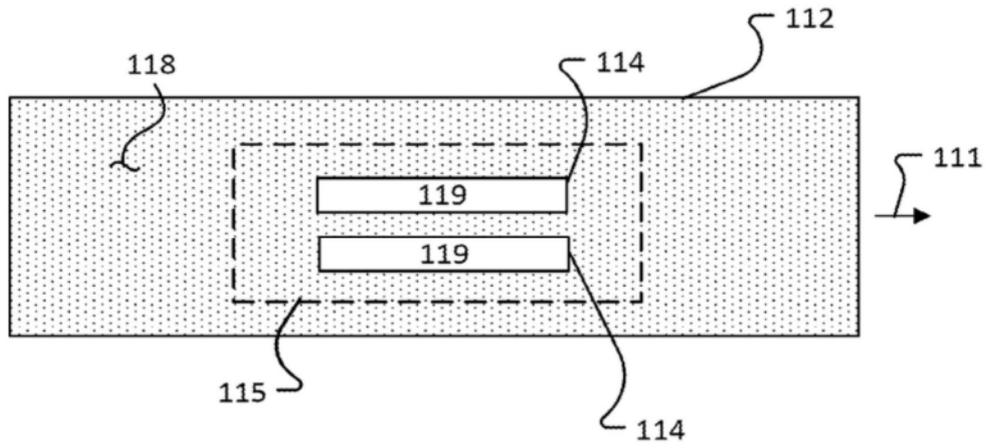


图1

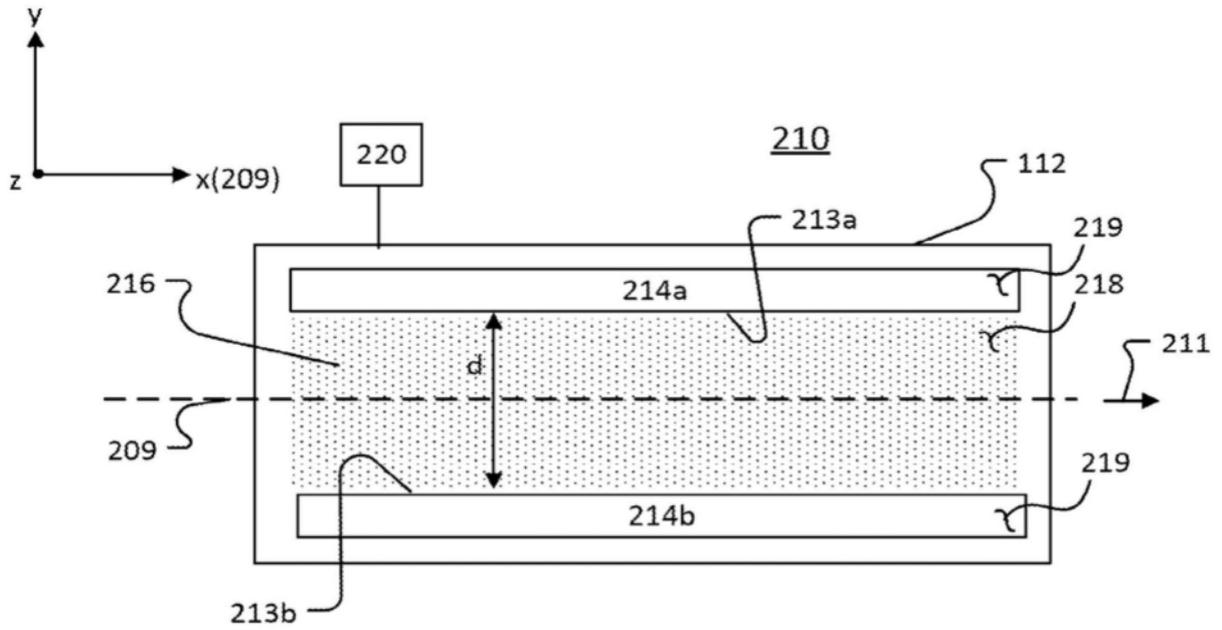


图2A

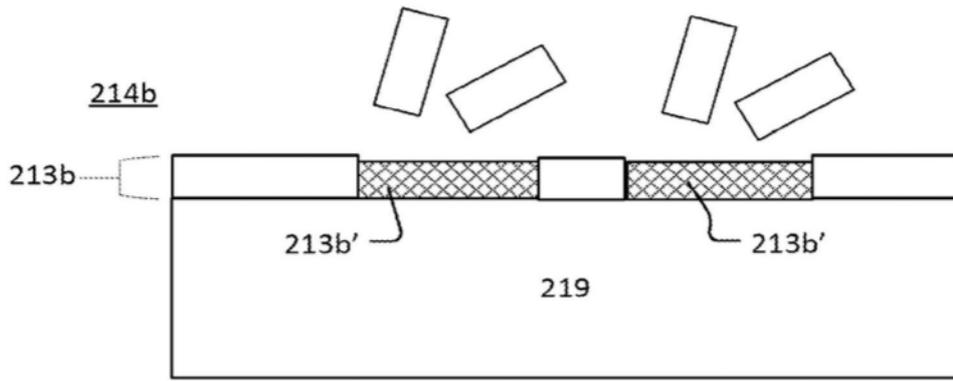


图2B

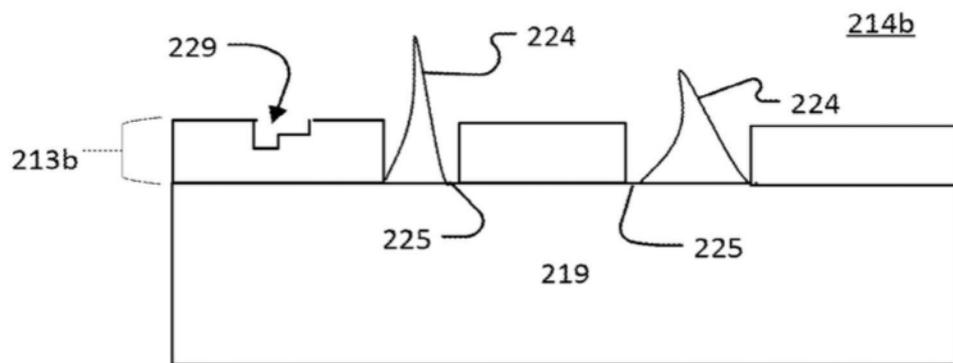


图2C

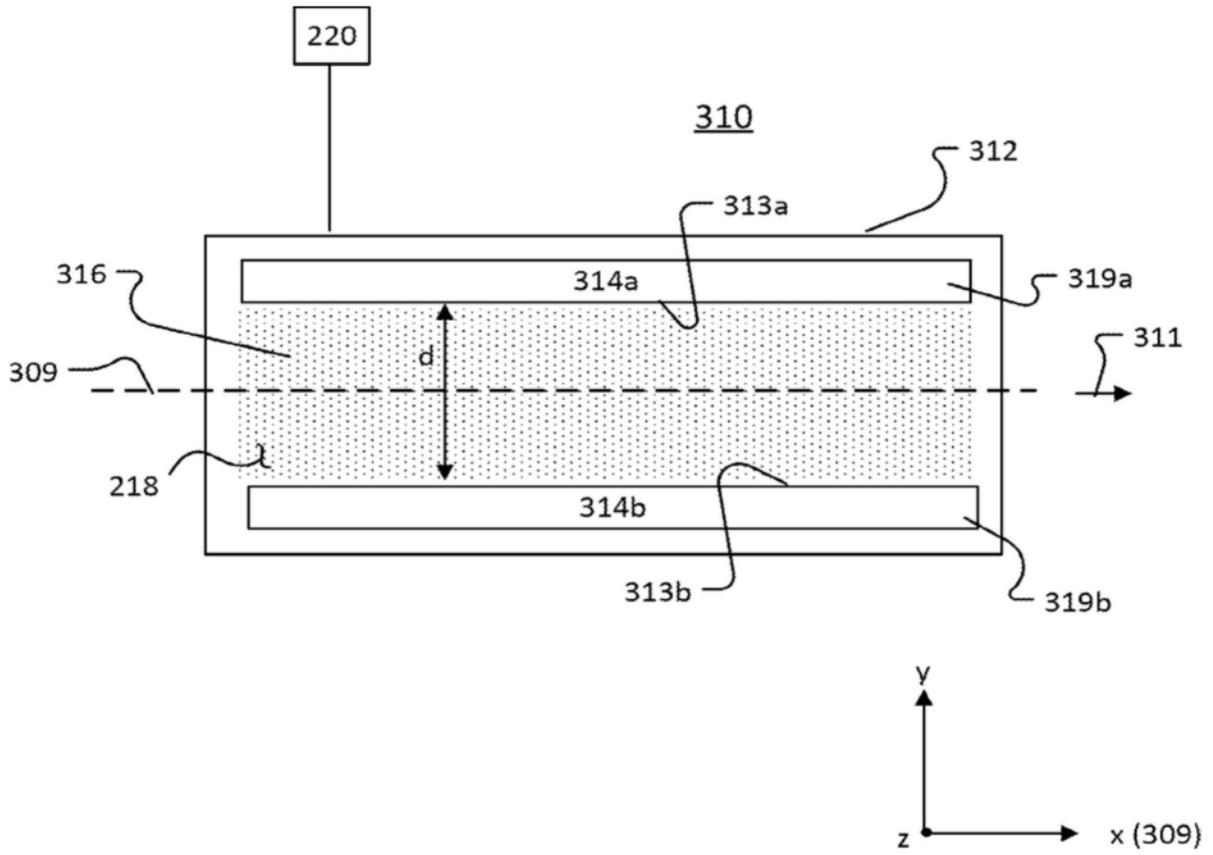


图3

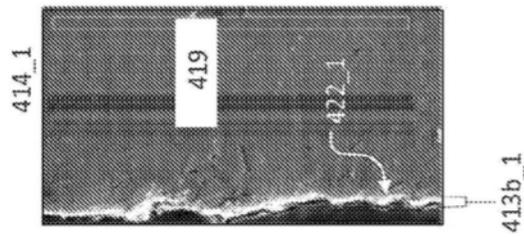


图4A

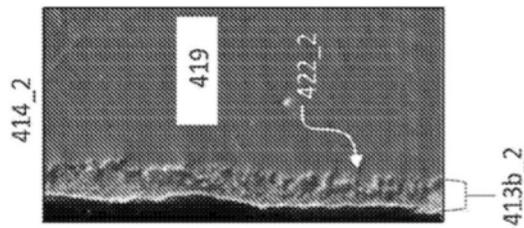


图4B

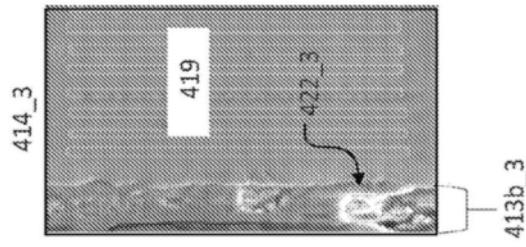


图4C

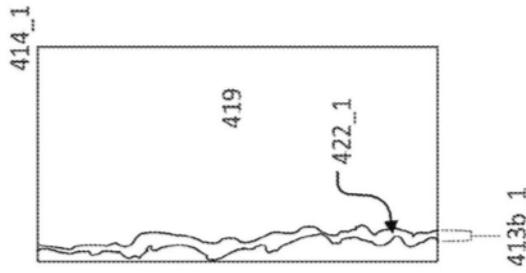


图4D

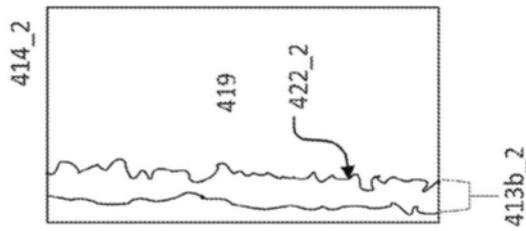


图4E

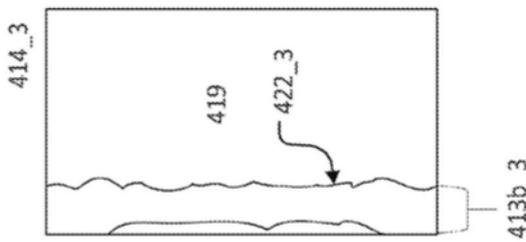


图4F

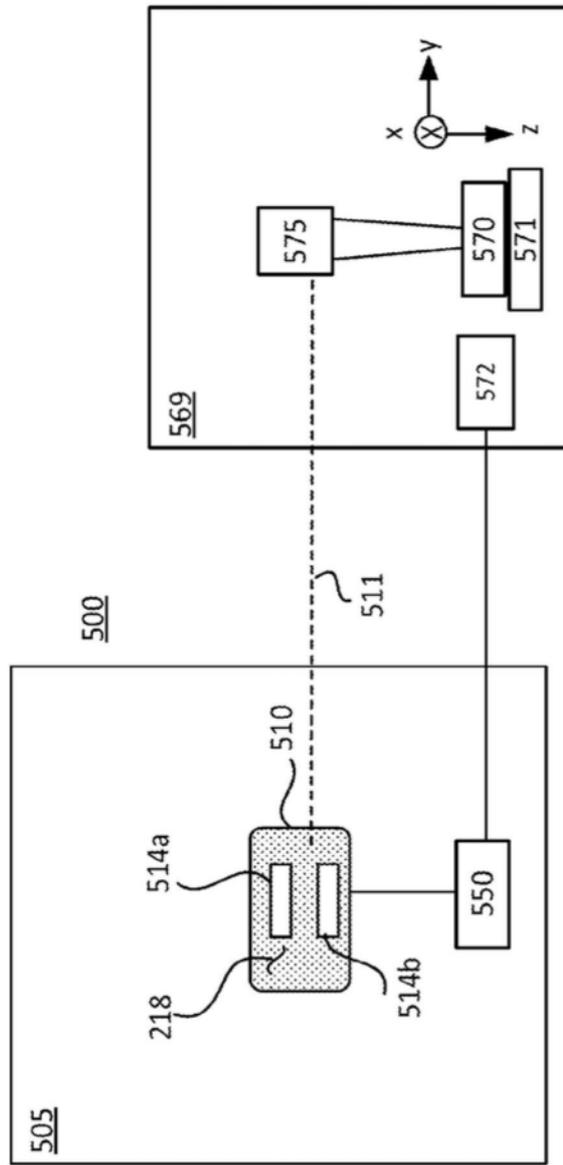


图5A

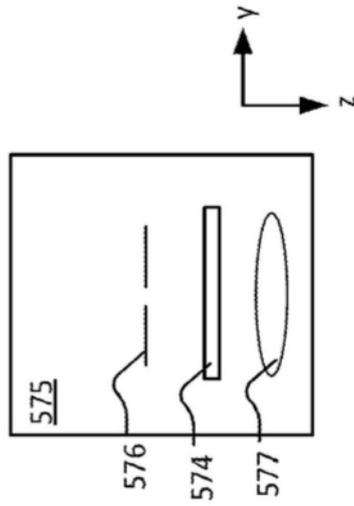


图5B

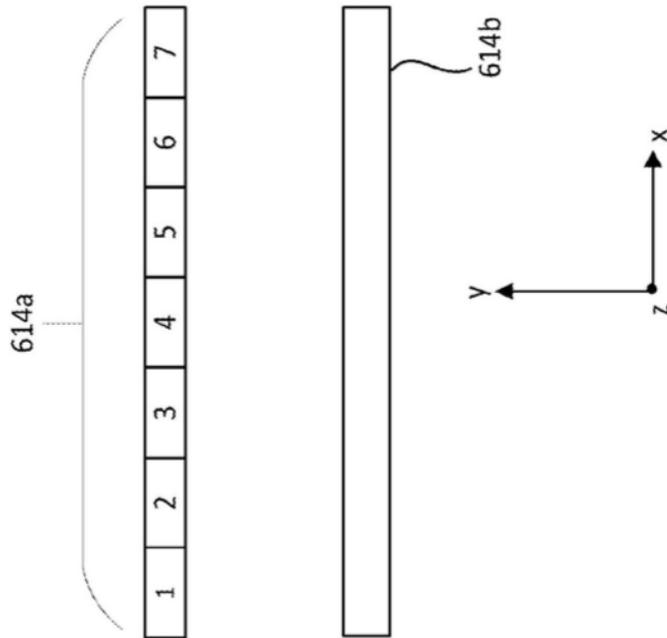


图6A

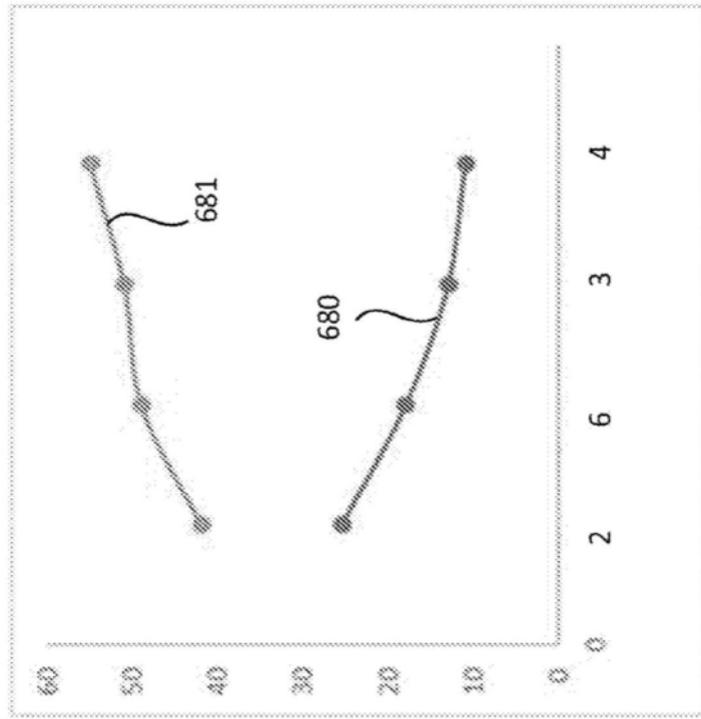


图6B

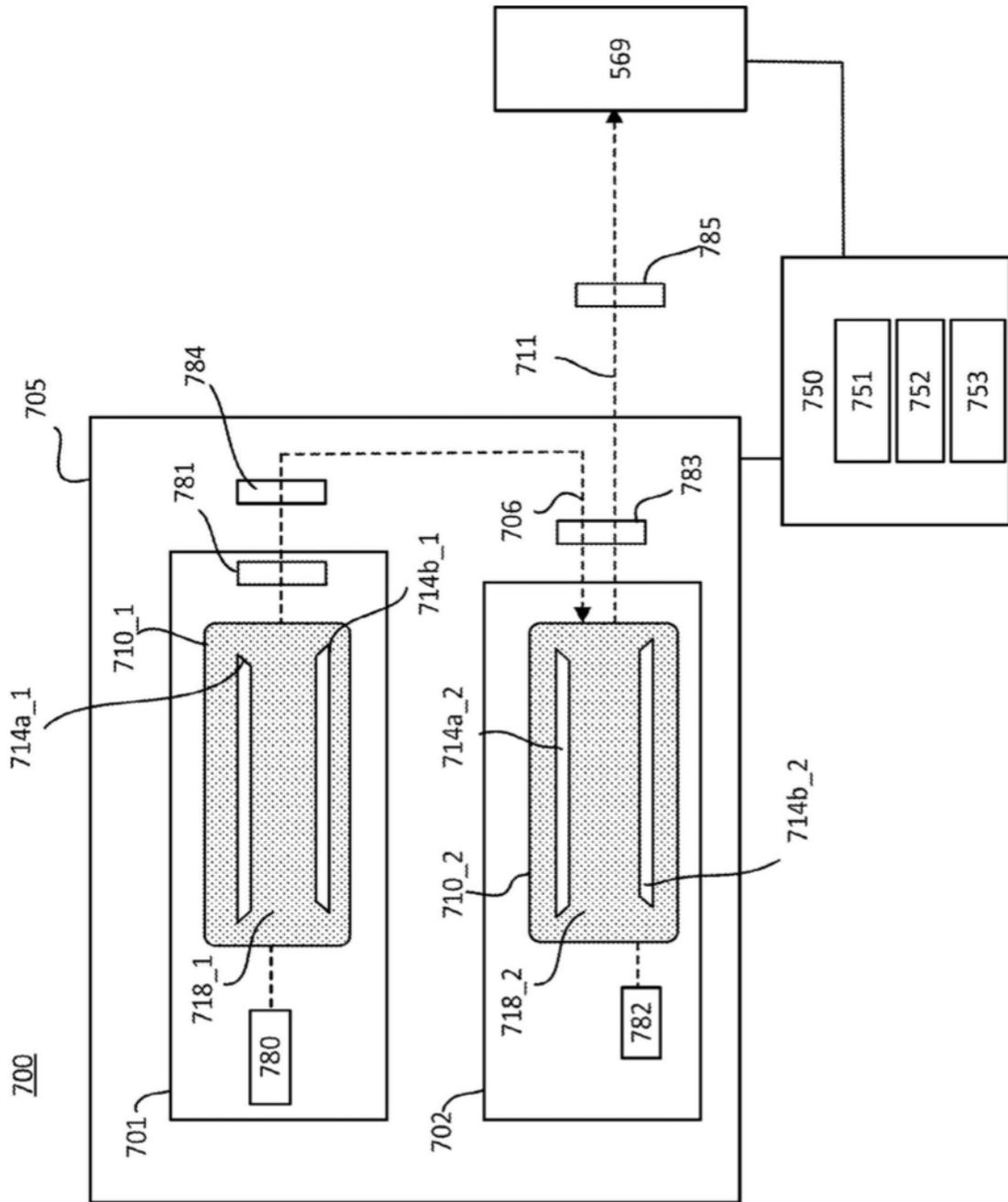


图7

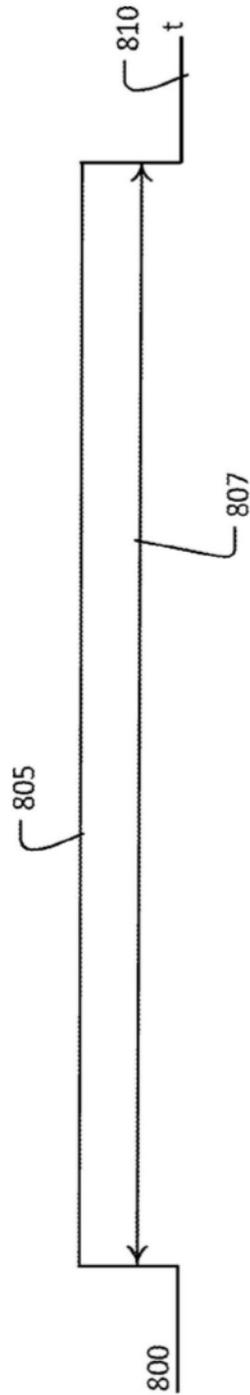
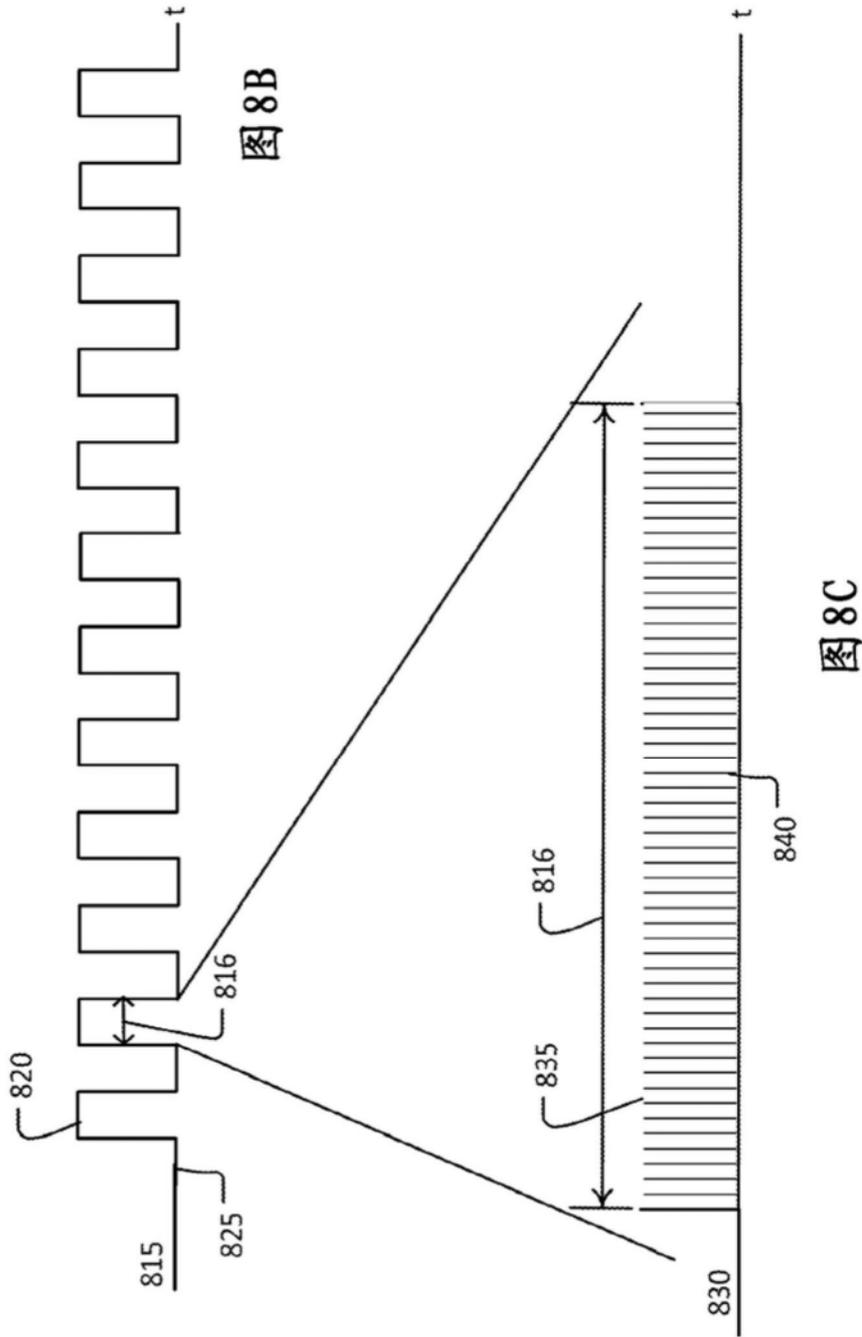


图8A



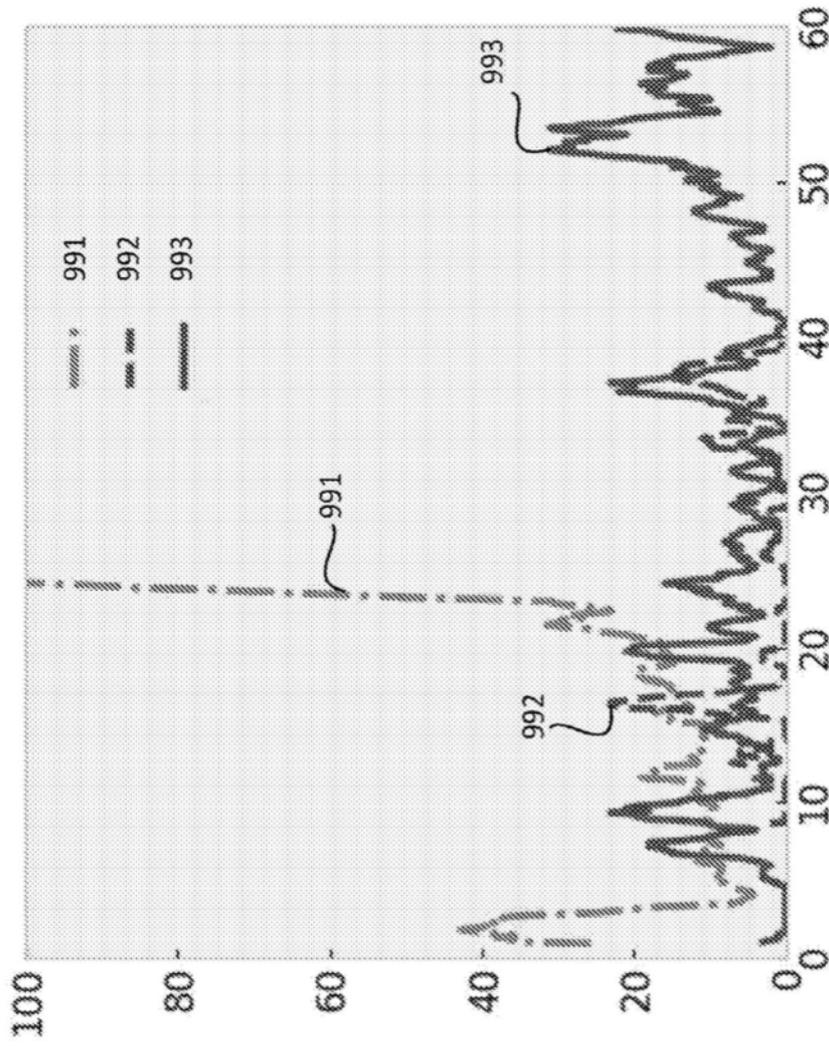


图9