



(45)授权公告日 2018.10.30

权利要求书2页 说明书13页 附图11页

FIG. 1 is a schematic diagram of a system for detecting a target object. The diagram shows a top-down view of a ground surface 200 with a boundary 210. A sensor 201 is positioned at the boundary, emitting a beam 215. A target object 202 is located within the area. A distance 204 is indicated between the sensor and the target. A scale bar 203 is shown at the bottom.

1. 一种形成用于极紫外光源的成形靶的方法,所述方法包括:
形成与靶区域至少部分一致的第一剩余等离子体;
将包括处于第一空间分布的靶材料的靶提供至所述靶区域,所述靶材料包括当被转换成等离子体时发射EUV光的材料;
使所述第一剩余等离子体与初始靶相互作用,所述相互作用使所述靶材料从所述第一空间分布重新布置成成形靶分布以在所述靶区域中形成成形靶,所述成形靶包括以所述成形靶分布布置的所述靶材料;
将放大光束朝向所述靶区域导向以使所述成形靶中的所述靶材料中的至少一些转换成发射EUV光的等离子体,所述放大光束具有足够将所述成形靶中的所述靶材料转换成发射EUV光的等离子体的能量;和
使第二剩余等离子体在所述靶区域中形成。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述成形靶分布包括从顶点延伸的侧边,所述侧边限制了对所述放大光束开放的凹部。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述成形靶分布包括对所述放大光束开放的凹形区域。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述放大光束是脉冲放大光束。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中将包括处于第一空间分布的靶材料的靶提供至所述靶区域包括将盘形靶提供至所述靶区域。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中提供盘形靶包括:
将包括靶材料的靶材料微滴从靶材料供给设备朝向所述靶区域释放;
将辐射的脉冲朝向所述靶材料微滴导向以当所述靶材料微滴在所述靶材料供给设备与所述靶区域之间的时候使辐射的所述脉冲与所述靶材料微滴相互作用,辐射的第一脉冲具有足够发起所述靶材料微滴的所述靶材料的空间分布的修改的能量;和
使所述靶材料微滴在辐射的所述脉冲与所述靶材料微滴之间的所述相互作用之后在两个维度上扩展以形成所述盘形靶。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述靶材料微滴通过在垂直于所述放大光束的传播的方向的平面中扩展而在两个维度上扩展。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述靶材料微滴在平行于所述传播的方向的方向上变窄以形成靶材料的所述盘形空间分布。
9. 根据权利要求7所述的方法,其中辐射的所述第一脉冲包括具有1.06微米(μm)的波长的激光的脉冲并且所述放大光束是具有10.6 μm 的波长的脉冲激光束。
10. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:
将包括处于所述第一空间分布的靶材料的第二靶提供至所述靶区域;
使所述第二剩余等离子体与所述第二靶相互作用,所述相互作用将处于所述第一空间分布的所述靶材料布置成所述成形靶分布以在所述靶区域中形成第二成形靶;
将所述放大光束朝向所述靶区域导向以使所述第二成形靶中的至少一些转换成发射EUV光的等离子体;和
使第三剩余等离子体在所述靶区域中形成,所述第三剩余等离子体由使所述第二成形靶中的至少一些转换成发射EUV光的等离子体而形成。

11. 根据权利要求10所述的方法, 其中在所述放大光束被朝向所述成形靶导向之后不超过25微秒(μs)所述放大光束被朝向所述靶区域和所述第二成形靶导向。

12. 根据权利要求11所述的方法, 其中在将所述放大光束朝向所述靶区域和所述成形靶导向之后产生第一突发的EUV光, 并且在将所述放大光束朝向所述靶区域和所述第二成形靶导向之后产生第二突发的EUV光, EUV光的所述第一突发和所述第二突发相距不超过25 μs 地发生。

13. 根据权利要求7所述的方法, 其中辐射的所述第一脉冲与所述放大光束具有相同的波长。

14. 一种形成用于极紫外光源的成形靶的方法, 所述方法包括:

形成与靶区域至少部分一致的第一剩余等离子体, 所述第一剩余等离子体是由靶材料与放大光束之间的先前的EUV光产生相互作用形成的等离子体;

将包括处于第一空间分布的靶材料的靶提供至所述靶区域, 所述靶材料包括当被转换成等离子体时发射EUV光的材料;

通过使所述靶与辐射的第一脉冲相互作用而发起靶材料的所述第一空间分布的在两个维度上的修改;

使靶材料的所述第一空间分布在使所述靶与辐射的所述第一脉冲相互作用之后在所述两个维度上改变以形成经修改的靶;

通过使所述经修改的靶进入所述靶区域并与所述第一剩余等离子体相互作用而使所述经修改的靶在三个维度上成形以形成成形靶; 和

将放大光束朝向所述靶区域和所述成形靶导向以形成发射极紫外(EUV)光的等离子体。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述两个维度包括在垂直于所述放大光束的传播的方向的平面中延伸的两个维度。

16. 根据权利要求14所述的方法, 其中发起所述第一空间分布的在两个维度上的修改包括将脉冲激光束朝向所述靶导向使得所述激光束的脉冲与所述靶相互作用。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其中所述两个维度包括在垂直于所述脉冲的激光束的传播的方向的平面中延伸的两个维度。

18. 根据权利要求17所述的方法, 其中所述经修改的靶在垂直于所述脉冲激光束的所述传播的方向的所述平面中具有比所述靶大的截面面积。

19. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述成形靶分布包括对所述放大光束开放的凹形区域。

20. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述靶区域位于EUV光源的真空室的内部。

极紫外光源

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年12月30日提交的美国临时申请号61/922,019和2014年12月8日提交的美国非临时申请号14/563,496的优先权,这些申请通过引用全部合并于此。

技术领域

[0003] 所公开的主题涉及用于激光产生等离子体极紫外光源的靶。

背景技术

[0004] 极紫外(EUV)光、例如具有约50nm或更小的波长的电磁辐射(有时也称作软x射线)并且包括大约13nm的波长的光可以被用在光刻工艺中以在衬底、例如硅晶片中产生极小特征。

[0005] 产生EUV光的方法包括但不一定限于使具有例如氙、锂或锡的元素以及在等离子体状态具有在EUV范围中的发射线的材料转换。在一个这样的方法中,经常被称为激光产生等离子体(“LPP”)的所要求的等离子体可以通过利用可称作驱动激光的放大光束辐照例如呈材料的微滴、板、带、流或簇的形式的靶材料而产生。对于该过程,等离子体典型地在密封的器皿例如真空室中产生,并且使用各种类型的量测设备进行监测。

发明内容

[0006] 在一个总体方面中,一种形成用于极紫外光源的成形靶的方法包括:形成与靶区域至少部分一致的第一剩余等离子体;将包括处于第一空间分布的靶材料的靶提供至靶区域,靶材料包括当被转换成等离子体时发射EUV光的材料;

[0007] 使第一剩余等离子体与初始靶相互作用,相互作用使靶材料从第一空间分布重新布置成成形靶分布以在靶区域中形成成形靶,成形靶包括以成形空间分布布置的靶材料;将放大光束朝向靶区域导向以使成形靶中的靶材料中的至少一些转换成发射EUV光的等离子体,放大光束具有足够将成形靶中的靶材料转换成发射EUV光的等离子体的能量;和使第二剩余等离子体在靶区域中形成。

[0008] 实施可以包括以下特征中的一个或多个。成形靶分布可以包括从顶点延伸的侧边,侧边限定了放大光束开放的凹部。

[0009] 成形靶分布可以包括对放大光束开放的凹形区域。

[0010] 放大光束可以是脉冲放大光束。

[0011] 将处于第一空间分布的靶材料提供至靶区域可以包括将盘形靶提供至靶区域。提供盘形靶可以包括:

[0012] 将包括靶材料的靶材料微滴从靶材料供给设备朝向靶区域释放;将辐射的脉冲朝向靶材料微滴导向以当靶材料微滴在靶材料供给设备与靶区域之间的时候使辐射的脉冲与靶材料微滴相互作用,辐射的第一脉冲具有足够发起靶材料微滴的靶材料的空间分布的修改的能量;和使靶材料微滴在辐射的脉冲与靶材料微滴之间的相互作用之后在两个维度

上扩展以形成盘形靶。靶材料微滴可以通过在垂直于放大光束的传播的方向的平面中扩展而在两个维度上扩展。靶材料微滴可以在平行于传播的方向的方向上变窄以形成靶材料的盘形空间分布。辐射的第一脉冲可以是具有1.06微米(μm)的波长的激光的脉冲并且放大光束可以是具有10.6 μm 的波长的脉冲激光束。辐射的第一脉冲与放大光束可以具有相同的波长

[0013] 在一些实施中,可以将包括处于第一空间分布的靶材料的第二靶提供至靶区域。第二剩余等离子体与第二靶可以相互作用,相互作用将处于第一空间分布的靶材料布置成形成靶分布以在靶区域中形成第二成形靶,放大光束可以被朝向靶区域导向以使第二成形靶中的至少一些转换成发射EUV光的等离子体,并且第三剩余等离子体可以在靶区域中形成。

[0014] 在一些实施中,在放大光束被朝向第一成形靶导向之后不超过25微秒(μs)放大光束被朝向靶区域和第二成形靶导向。在将放大光束朝向靶区域和成形靶导向之后可以产生第一突发的EUV光,并且在将放大光束朝向靶区域和第二成形靶导向之后可以产生第二突发的EUV光,第一和第二EUV突发相距不超过25 μs 地发生。

[0015] 在另一总体方面中,一种方法包括:形成与靶区域至少部分一致的第一剩余等离子体,剩余等离子体是由靶材料与放大光束之间的先前的EUV光产生相互作用形成的等离子体;将包括处于第一空间分布的靶材料的靶提供至靶区域,靶材料包括当被转换成等离子体时发射EUV光的材料;通过使靶与辐射的第一脉冲相互作用而发起靶材料的第一空间分布的在两个维度上的修改;使靶材料的第一空间分布在使靶与辐射的第一脉冲相互作用之后在两个维度上改变以形成经修改的靶;通过使经修改的靶进入靶区域并与第一剩余等离子体相互作用而使经修改的靶在三个维度上成形以形成成形靶;和将放大光束朝向靶区域和成形靶导向以形成发射极紫外(EUV)光的等离子体。

[0016] 实施可以包括以下特征中的一个或多个。两个维度可以是在垂直于放大光束的传播的方向的平面中延伸的两个维度。发起第一空间分布的在两个维度上的修改可以包括将脉冲的激光束朝向靶导向使得激光束的脉冲与靶相互作用。两个维度可以包括在垂直于脉冲的激光束的传播的方向的平面中延伸的两个维度。

[0017] 经修改的靶可以在垂直于脉冲的激光束的传播的方向的平面中具有比靶大的截面面积。成形靶分布可以包括对放大光束开放的凹形区域。靶区域可以位于EUV光源的真空室的内部。

[0018] 以上描述的技术中的任一个的实施可以包括用于激光产生等离子体EUV光源的靶、EUV光源、产生EUV光的方法、用于改进EUV光源的系统、方法、过程、装置、存储在计算机可读介质上的可执行指令或者设备。一个或多个实施的细节被阐述在随附图和以下描述中。其他特征将从描述和附图以及从权利要求中显而易见。

附图说明

[0019] 图1是示例性激光产生等离子体紫外光(EUV)源的方框图。

[0020] 图2A是靶区域中的示例性靶的侧截面图。

[0021] 图2B是图2A的靶区域中的剩余等离子体的侧截面图。

[0022] 图2C是随时间的推移作用在图2A的靶区域中的示出为能量对时间的示例性波形

的绘图。

[0023] 图3和图4是用于生成成形靶的示例性过程的流程图。

[0024] 图5A示出被转换成成形靶的示例性初始靶。

[0025] 图5B是用于生成图5A的成形靶的示出为能量对时间的示例性波形的绘图。

[0026] 图5C示出初始靶和图5A的靶的侧视图。

[0027] 图6是另一激光产生等离子体极紫外 (EUV) 光源和耦合至EUV光源的光刻工具的方框图。

[0028] 图7是示例性成形靶的阴影图。

[0029] 图8是示例性激光产生等离子体紫外光 (EUV) 源的方框图。

具体实施方式

[0030] 公开了用于产生成形靶的技术。靶可以被用在极紫外 (EUV) 光源中。成形靶包括当被转换成等离子体时发射EUV光的靶材料。靶材料可以通过例如用放大光束辐照靶材料而转换成发射EUV光的等离子体。成形靶通过使包括靶材料的初始靶暴露于“剩余等离子体”而实时地形成。

[0031] 剩余等离子体是在靶材料在一区域中被转换成发射EUV光的等离子体之后剩余在该区域中的物质。剩余等离子体可以是归因于靶材料与造成发射EUV光的等离子体的生成的光之间的早期相互作用而存在于该区域中的任何物质。剩余等离子体是发射EUV光的等离子体的剩余物或残余物并且可以包括从放大光束与靶材料之间的相互作用生成的碎屑。剩余等离子体可以包括例如热气体、原子、离子、微粒 (其可以例如是诸如灰尘等的具有 $1\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ 的直径的颗粒)、颗粒和/或稀薄气体。剩余等离子体并不一定是等离子体,但是可以包括等离子体。剩余等离子体的密度和温度可以在空间和/或时间上是变化的。因此,包括剩余等离子体的区域可以被认为非均质密度和温度的区域。当靶材料进入该非均质区域时不对称的力作用在靶材料上以改变靶材料的空间分布 (形状) 是可能的。在一些实例中,靶材料的空间分布可以被从盘状形状改变成具有在顶点相遇的侧边和对即将来到的放大光束开放的凹部的V状形状。

[0032] 构成成形靶的材料具有空间分布 (或形状), 并且形状可以由初始靶与剩余等离子体之间的相互作用而产生。成形靶可以提供等离子体的较大的约束和较大的EUV发射量, 导致增加的EUV光产生。另外, 成形靶是在EUV光源正在操作的时候在EUV光源中 (例如, 在EUV光源的真空室的内侧) 形成。结果, 成形靶可以被用在高重复率、例如40千赫 (kHz)、100kHz或更大的EUV光源中。

[0033] 在一些实施中, 成形靶是具有凹陷部分或空腔的凹形靶, 凹陷部分或空腔对具有足够将成形靶的至少一部分转换成等离子体的能量的即将来到的放大光束开放。空腔通过以使得允许空腔的至少一部分接收放大光束并与其相互作用的方式定向而对即将来到的放大光束开放。例如, 成形靶可以是具有对即将来到的放大光束开放的“V”的凹陷或低谷部分的“V”形靶。“V”的侧边包络等离子体并约束凭借靶与凹陷部分中的放大光束的相互作用而生成的等离子体。以该方式, 所形成的等离子体与通过由放大光束与缺乏凹部的平坦靶之间的相互作用形成等离子体而获得的相比具有较长的比例长度 (scale length)。等离子体的比例长度限定了光吸收区域并且通过局部密度除以密度梯度来给出。较长的比例长度

指示出等离子体更容易吸收光并因此发射更多EUV光。另外,靶的形状提供了较大的EUV发射量,这也增加了从靶发射的EUV光的量。

[0034] 参见图1,光放大器系统106形成用于驱动激光产生等离子体(LPP)极紫外(EUV)光源100的光源105(也称作驱动源或驱动激光器)的至少一部分。光放大器系统106包括至少一个光放大器使得光源105产生被提供至靶区域130的放大光束110。靶区域130从靶材料传递系统115接收诸如锡等的靶材料120,并且放大光束110与靶材料120(或者凭借靶区域130中的剩余等离子体与靶材料之间的相互作用而产生的成形靶)之间的相互作用产生发射EUV光或辐射150(EUV辐射150中的仅一些被示出在图1中,但是从等离子体125在所有方向上发射EUV辐射150是可能的)的等离子体125。光收集器155收集EUV辐射150中的至少一些,并且将收集到的EUV光160朝向诸如光刻工具等的光学设备165导向。

[0035] 放大光束110通过光束传递系统140被朝向靶区域130导向。光束传递系统140可以包括光学部件135和将放大光束110聚焦在聚焦区域145中的聚焦组件142。部件135可以包括通过折射和/或反射来导向放大光束110的诸如透镜和/或反射镜等的光学元件。部件135也可以包括控制和/或移动部件135的元件。例如,部件135可以包括可控制成引起光束传递系统140的光学元件移动的致动器。

[0036] 聚焦组件142聚焦放大光束110,使得光束110的直径在聚焦区域145中处于最小值。换言之,聚焦组件142使得放大光束110中的辐射随着在方向112上朝向聚焦区域145传播而会聚。在没有靶的情况下,放大光束110中的辐射随着束110在方向112上远离聚焦区域145传播而发散。

[0037] 图2A至图2D示出与光束210和靶区域230中的剩余等离子体相互作用的靶材料。靶区域230可以是EUV光源中的靶区域,诸如光源100(图1)的靶区域130。靶材料与剩余等离子体之间的相互作用改变了靶材料的空间分布,使靶材料成形为成形靶。

[0038] 在图2A至图2D的示例中,放大光束210被脉动(pulse)。脉冲放大光束包括以规则间隔发生的光或辐射的脉冲,其中各脉冲具有持续时间。光或辐射的单个脉冲的持续时间可以被限定为脉冲具有大于或等于脉冲的最大强度的一百分比(例如50%)的强度的时间的量。对于50%的百分比,该持续时间也可以被称作半高宽(FWHM)。

[0039] 放大光束210的脉冲与靶材料之间的相互作用将靶材料的至少一部分转换成等离子体,生成了在脉冲与靶材料之间的相互作用结束之后存留或剩余在靶区域230中的剩余等离子体。如下面所讨论的,剩余等离子体被用于随后进入靶区域230的成形的靶材料。

[0040] 参见图2A,示出了在靶区域230处与放大光束210的脉冲211a(图2C)相互作用的示例性靶材料220的侧视图。通过脉冲211a的辐照将靶材料220a的至少一部分转换成发射EUV光250a的等离子体225。

[0041] 还参见图2B,示出了在放大光束210的脉冲211a已辐照并消耗了靶材料220a之后的靶区域230。在脉冲211a将靶材料220a转换成等离子体之后,在靶区域230中形成剩余等离子体的区域226a。图2B示出剩余等离子体的区域226a和剩余等离子体227a的截面,这两者占据了三维区域。

[0042] 剩余等离子体的区域226a中的剩余等离子体227a可以包括等离子体225中的所有、一部分或者没有,并且还可以包括热气体、碎屑、诸如靶材料220a的一部分和/或未转换成等离子体225的靶材料的片或颗粒等。剩余等离子体227a可以具有在区域226a中变化的

密度。例如,密度可以具有从区域226a的外侧部分向内增加的梯度,其中最高密度是在区域226a的中心处或其附近。

[0043] 图2C示出在时间段201内到达靶区域230的放大光束210的强度的绘图。示出了三个循环的放大光束210,各包括各自的辐射的脉冲211a至211c。图2C的下面部分示出在时间段210内的靶区域230的截面。放大光束210的脉冲211a至211c分别被施加至靶220a至220c中的每一个以产生各自的EUV光发射250a至250c。

[0044] 靶材料220a至220c在三个不同时间在靶区域230中。靶材料220a在当第一脉冲211a到达靶区域230中时在靶区域230中。脉冲211a是放大光束210中的第一脉冲,并且因此当靶材料220a到达靶区域230中时靶区域230中没有剩余等离子体。

[0045] 靶材料220b在已形成了等离子体的区域226a之后发生的时间226处到达靶区域230。在时间226处,靶材料220b和剩余等离子体227a两者在靶区域230中并且开始彼此相互作用。剩余等离子体227a与靶材料220b之间的相互作用使靶材料220b成形为成形靶221b,其与靶材料220b相比更容易吸收放大光束210。例如,与将成形靶221b转换成等离子体相关联的转换效率可以比与将靶材料220a转换成等离子体相关联的转换效率多30%。

[0046] 在通过剩余等离子体227a使靶材料220b成形之后,或者正在使靶材料220b成形的时候,放大光束210的脉冲211b与成形靶221b相互作用。归因于该相互作用,成形靶221b中的靶材料的至少一部分被转换成发射EUV光的等离子体。另外,生成了具有剩余等离子体227b的剩余等离子体的区域226b。以该方式,在脉冲与靶材料之间的各相互作用之后生成了剩余等离子体的新实例。剩余等离子体的该新实例也存留在靶区域230中并且可用于使进入靶区域230的随后的靶材料成形。

[0047] 在时间226之后的时间处并且在剩余等离子体227b在靶区域230中的时候,靶材料220c到达靶区域230。剩余等离子体227b与靶材料220c之间的相互作用产生成形靶221c,并且脉冲211c与成形靶221c之间的相互作用产生EUV发射250c。

[0048] 等离子体和剩余等离子体的密度梯度和/或由等离子体和剩余等离子体的区域所占据的空间可以随时间的推移而变化。例如,区域226a和226b中的剩余等离子体227a和227b分别可以分散以占据较大的空间,并且剩余等离子体227a和227b的密度梯度可以随着自放大光束210与靶之间的最近的相互作用以后的时间的增加而变得不太陡峭。

[0049] EUV光发射250a和250b通过作为EUV光源的重复率的倒数的持续时间264分开。EUV光源的系统重复率可以是例如40kHz至100kHz。因此,持续时间264可以是二十五(25)微秒(μs)或更小。EUV光发射250a和250b之间的时间取决于放大光束210中的脉冲的时间分离,因此生成放大光束210的源的重复率至少部分决定了总体EUV光源的重复率。

[0050] 生成成形靶221b和221c的速度取决于产生放大光束210的源的重复率和提供初始靶材料的速率。例如,成形靶可以在造成产生等离子体的在放大光束210的脉冲与靶材料之间的每一次相互作用之后生成。因此,成形靶可以以例如40kHz至100kHz生成。以该方式,成形靶可以实时地并且在EUV光源正在操作的时候生成。此外,相对高的重复率(例如,40kHz至100kHz)允许初始靶材料在剩余等离子体存在的时候进入靶区域230。

[0051] 此外,因为成形靶的形成利用了由于造成发射EUV光的等离子体的产生的先前的激光-靶材料相互作用而存在的剩余等离子体,所以使用成形靶的EUV源的重复率不受用以形成成形靶的时间的限制,并且EUV源可以具有与成形靶的产生的速率相同的重复率。

[0052] 参见图3,示出了用于形成成形靶的示例性过程300的流程图。过程300可以在诸如图1和图8的光源100或图6的光源602等的EUV光源中执行。关于图2A至图2D来讨论过程300。

[0053] 生成剩余等离子体227a (310)。例如,可以通过使放大光束210与靶材料220a相互作用而生成剩余等离子体227a。放大光束210与靶材料220a的相互作用产生可发射EUV光的等离子体。发射EUV光的等离子体的残余物以及相关联的碎屑在EUV光发射之后存留在靶区域230中,并且该剩余等离子体在靶材料220a被转换成等离子体之后继续存在或以其他方式占据靶区域230的所有或部分持续一段时间。剩余等离子体227a在三维上延伸并占据体积。剩余等离子体227a在当接下来的靶(在该示例中是靶材料220b)到达靶区域230时在靶区域230中。

[0054] 靶材料220b可以是包括当被转换成等离子体时发射EUV光的靶材料的任何材料。例如,靶材料220b可以是锡。另外,靶材料220b可以具有当与放大光束210相互作用时产生EUV光发射等离子体的任何空间形式。例如,靶材料220b可以是熔融金属的微滴、导线的一部分、其最宽范围垂直于放大光束210的传播的方向定向的熔融金属的盘形或柱形段。具有盘或柱形状的靶材料220b的示例关于图5和图6A至图6C进行讨论。在一些实施中,靶材料220b可以是雾或由空隙分开的材料的颗粒或片的集合。

[0055] 靶材料220b可以通过使熔融靶材料穿过诸如图1的靶材料传递系统等的靶材料供给设备的喷嘴并允许靶材料220b漂移到靶区域230内而被提供至靶区域230。在一些实施中,靶材料220b可以通过力被导向至靶区域230。

[0056] 靶材料220b的形状可以在到达靶区域230之前被修改,例如通过在靶材料220b朝向靶区域230漂移时用预脉冲(在与和放大光束210的脉冲相互作用之前的靶材料相互作用的辐射的脉冲)辐照靶材料220b。这样的实施的示例关于图4和图5A至图5C进行讨论。另外地或可替代地,在一些实施中,靶材料220b的形状随着它朝向靶区域230漂移归因于空气动力而改变。

[0057] 剩余等离子体227a与靶材料220b相互作用以形成成形靶221b (320)。当靶材料220b遇到剩余等离子体227a时,剩余等离子体227a的密度使靶材料220b弯折或以其他方式空间变形以形成成形靶221b。例如,剩余等离子体227的密度可以高于周围区域,并且遭遇等离子体227a的物理冲击可以使靶材料220b的一部分弯折成具有对放大光束210开放的凹部的“V”形状或凹形的靶。凹部是在包括靶材料的侧边之间的开放区域。侧边在顶点交叉,其中顶点比凹部进一步远离放大光束。侧边可以一般地是弯曲的和/或相对于彼此成角度以形成并限定出凹部。

[0058] 随着靶材料220b进一步漂移到剩余等离子体227a内,剩余等离子体227a继续使靶材料220b弯折或变形成成形靶。剩余等离子体227a可以在等离子体区域226a内具有密度梯度(或空间上变化的密度)。例如,密度可以具有从区域226a的外侧部分(圆周)向内增加的梯度,其中最高密度是在区域226a的中心处或其附近。

[0059] 放大光束210和成形靶221b相互作用(330)。放大光束210与成形靶221b之间的相互作用可以通过例如将放大光束210的脉冲211b朝向靶区域230导向使得脉冲211b中的光辐照成形靶221b而引起或发起。脉冲211b与成形靶221b之间的相互作用生成了EUV光250b和剩余等离子体227b。

[0060] 图4和图5A至图5C示出用预脉冲和剩余等离子体形成成形靶的示例。过程300可以

在诸如图1或图8的光源100和图6的光源602等的EUV光源中执行。

[0061] 参见图4,示出了用于生成成形靶的示例性过程400的流程图。还参见图5A至图5C,示出了过程400的示例。

[0062] 示例性波形502 (图5B) 和剩余等离子体527 (图5C) 使初始靶材料518变换成成形靶521。剩余等离子体527存在于靶区域530中并且包括由放大光束与靶材料之间的在前的相互作用生成的物质。初始靶材料518和靶521包括在通过用放大光束510的辐照而被转换成等离子体时发射EUV光550的靶材料。

[0063] 更详细地并且参见图4,初始靶材料518被提供在初始靶区域531处(410)。在该示例中,初始靶材料518是熔融金属诸如锡的微滴。微滴可以具有例如30 μm 至60 μm 或33 μm 的直径。初始靶材料518可以通过使靶材料从靶材料供给设备(诸如图1的靶材料传递系统115)释放并将初始靶材料518导向至或允许初始靶材料518漂移至初始靶区域531内而被提供至初始靶区域531。

[0064] 靶材料可以是包括靶物质和诸如非靶颗粒等的杂质的靶混合物。靶物质是被转换成等离子体状态的具有在EUV范围内的发射线的物质。靶物质可以是例如液体或熔融金属的微滴、液体流的一部分、固体颗粒或簇、包含在液体微滴内的固体颗粒、靶材料的泡沫或者包含在液体流的一部分内的固体颗粒。靶物质可以是例如水、锡、锂、氘或当转换成等离子体状态时具有在EUV范围内的发射线的任何材料。例如,靶物质可以是元素锡,它可以作为纯锡(Sn);作为锡化合物、例如 SnBr_4 、 SnBr_2 、 SnH_4 ;作为锡合金、例如锡-镓合金、锡-铟合金、锡-铟-镓合金或这些合金的任何组合使用。此外,在没有杂质的情形中,靶材料仅包括靶物质。以下讨论提供了其中初始靶材料518是由熔融金属制成的微滴的示例。然而,初始靶材料518可以采取其他形式。

[0065] 辐射的第一脉冲506被朝向初始靶区域531导向(420)。辐射的第一脉冲506与初始靶材料518之间的相互作用形成经修改的靶材料552。与初始靶材料518相比,经修改的靶材料552具有有着在y方向上较大并且在z方向上较小的范围的侧截面。

[0066] 图5A和图5C示出了初始靶材料518在物理上变换成经修改的靶材料552、到成形靶521并接着发射EUV光550的时间段501。图5B是在时间段501内作为时间的函数的放大光束510的波形502中的能量的绘图。波形502包括辐射的脉冲506(预脉冲506)和放大光束510的脉冲的表示。预脉冲506也可以被称作调节脉冲。

[0067] 预脉冲506可以是具有足够用以作用在初始靶材料518上例如以改变初始靶材料518的形状或发起初始靶材料518的形状的改变的能量的任何类型的脉冲辐射。预脉冲506入射在初始靶材料518的表面上并且预脉冲506与初始靶材料518之间的相互作用可以在靶材料的表面处产生碎屑、气体和/或等离子体(不一定发射EUV光)的云。虽然从预脉冲506与初始靶材料518之间的相互作用所生成的等离子体可以发射EUV光,但所发射的任何EUV光都会比例如靶材料与放大光束510之间的相互作用小得多。

[0068] 第一预脉冲506的冲击的力使初始靶材料518变形成具有与初始靶材料518的形状不同的形状的经修改的靶材料552。例如,初始靶材料518可以具有类似于微滴的形状,而经修改的靶材料552的形状可以更接近盘。经修改的靶材料552可以是未离子化的材料(不是等离子体的材料)。经修改的靶材料552可以是例如液体或熔融金属的盘、不具有空隙或实质间隙的靶材料的连续段、微米或纳米颗粒的雾或者原子蒸气的云。在图5C的示例中,经修

改的靶材料552例如在大约1至3微秒(μs)之后扩展成熔融金属的盘形片553。

[0069] 预脉冲具有持续时间515。预脉冲506的脉冲持续时间515和主束510的脉冲持续时间可以用半高宽表示,也就是,脉冲具有脉冲的最大强度的至少一半的强度的时间的量。然而,其他度量可以用于确定脉冲持续时间。脉冲持续时间515可以例如是30纳秒(ns)、60ns、130ns、50ns至250ns、10皮秒至200皮秒(ps)或者小于1ns。预脉冲506的能量可以例如是1毫焦至70毫焦(mJ)。预脉冲506的波长可以是例如1.06 μm 、1 μm 至10.6 μm 、10.59 μm 或10.26 μm 。

[0070] 在一些实施例中,预脉冲506可以通过聚焦光学器件(诸如图1的聚焦组件142)被聚焦至焦平面。焦平面包括预脉冲506的焦点。焦点是预脉冲506在垂直于预脉冲506的传播的方向的平面中形成的最小斑点尺寸。光束的焦点发生在沿着束传播方向的、束在垂直于传播的方向的平面中具有最小直径的位置。预脉冲506的焦点可以发生在初始靶区域531内或初始靶区域531的外侧。预脉冲506可以被聚焦到初始靶材料518上,并且这样做可以允许预脉冲506与放大光束510之间的延迟时间511被减小同时仍然允许经修改的靶552在空间上扩展成盘形状553。在一些实施中,预脉冲506的焦点可以是沿着预脉冲506的传播的方向测得的与初始靶材料518相距(在任一侧上)0.5毫米(mm)至1mm。

[0071] 放大光束510可以被称作主束或主脉冲。放大光束510具有足够用以将靶521中的靶材料转换成发射EUV光的等离子体的能量。预脉冲506和放大光束510在时间上通过延迟时间511分开,其中放大光束510发生在预脉冲506发生的时间 $t=t_1$ 之后的时间 t_2 处。经修改的靶材料552在延迟时间511期间扩展。延迟时间511可以是例如1微秒至3微秒(μs)、1.3 μs 、1 μs 至2.7 μs 或允许经修改的靶552扩展成为盘形状553的任何时间量。

[0072] 因此,在过程500的(420)中,经修改的靶552可以经受二维扩展,因为经修改的靶552在x-y平面中扩展和伸长。在过程500的(430)中,已被允许经受二维扩展的靶(例如,盘形状553)可以凭借与剩余等离子体527的相互作用而在三维中被成形为成形靶521。

[0073] 再次参见图4,经修改的靶552(或者,如果形成的话,是盘形状553)被允许与剩余等离子体527相互作用以在靶区域530形成成形靶521(430)。剩余等离子体527在当经修改的靶552到达靶区域530时在靶区域530中。

[0074] 当盘形状553遭遇剩余等离子体527时,剩余等离子体527的密度使经修改的靶(或盘形状553)弯折或以其他方式在空间上变形以形成成形靶521。剩余等离子体527可以具有密度梯度。例如,剩余等离子体527的密度可以比周围区域高。在图5C中示出的示例中,遭遇等离子体527的冲击使经修改的靶材料552(或盘形状553)的一部分弯折成例如具有对放大光束510开放的凹部528的“V”形状、碗状形状或凹形盘状形状。

[0075] 随着经修改的靶材料552(或盘形状553)进一步漂移到剩余等离子体227a内,剩余等离子体227a可以继续使经修改的靶材料552(或盘形状553)弯折或变形成成形靶521。成形靶521是具有作为在翼或侧边558之间的开放区域的凹部528的三维形状。侧边558由围绕比凹部528距放大光束510更远的顶点559折叠的靶材料552(或盘形状553)形成。因为顶点559距放大光束510更远,所以凹部528对放大光束510开放。侧边558在顶点559处交叉,并且侧边558从顶点559向外延伸。成形靶521可以在包括顶点559的y-z平面中具有近似“V”形的截面。截面可以通过例如具有弯曲的顶点559和/或一个或多个弯曲的侧边558和/或具有从顶点559以相对于传播的方向512的不同角度延伸的侧边558而近似为“V”形状。成形靶521可以具有其他空间形式。例如,成形靶521可以在包括顶点559的y-z平面中被成形为碗(并

因此具有半圆或半椭圆形的截面)。

[0076] 放大光束510被朝向靶区域530导向(440)。使放大光束510朝向靶区域530导向可以在当成形靶521在靶区域230中的时候将辐射的脉冲传递至靶区域230。因此,将放大光束510朝向靶区域230导向可以引起放大光束510与成形靶521之间的相互作用。放大光束510与靶521中的靶材料之间的相互作用产生发射EUV光550的等离子体529。

[0077] 等离子体529通过成形靶521的侧边558的密度被约束至凹部528。约束允许靶521的由等离子体529和/或放大光束510进行的进一步加热,导致附加的等离子体和EUV光生成。与经修改的靶材料552或盘形状553相比,成形靶521使靶材料的较大体积暴露于放大光束510。靶材料的体积上的该增加造成与经修改的靶552或盘形状553可以吸收的那部分相比成形靶521能够吸收辐射的脉冲中的能量的较高部分。因此,成形靶521可以导致转换效率(CE)上的增加和所产生的EUV光的量上的增加。另外,虽然成形靶521使靶材料的较大体积暴露于放大光束510,但成形靶521仍然致密得足以吸收放大光束510中的光而不是简单地分裂开或以其他方式允许放大光束510在实质上没有被吸收的状态下通过。成形靶521还可以具有与经修改的靶材料552相比较大的EUV发射量。

[0078] 放大光束510可以是具有例如130ns、200ns或50ns至200ns的脉冲持续时间的脉冲放大光束。另外,放大光束510可以通过聚焦光学器件(诸如图1的聚焦组件142)被聚焦。放大光束510的焦点可以发生在靶521处或者例如靶521的任一侧上的0.5mm至2mm处(在作为放大光束510的传播方向的方向512上测得)。

[0079] 参见图6,示出了示例性光学成像系统600的方框图。系统600可以被用于执行过程400(图4)。光学成像系统600包括将EUV光提供至光刻工具665的LPP EUV光源602。光源602可以类似于和/或包括图1的光源100的部件中的一些或所有。

[0080] 系统600包括诸如驱动激光器系统605等的光源、光学元件622、预脉冲源643、聚焦组件642和真空室640。驱动激光器系统605产生放大光束610。放大光束610具有足够将靶620中的靶材料转换成发射EUV光的等离子体的能量。以上讨论的靶中的任一个可以被用作靶620。

[0081] 预脉冲源643发射辐射的脉冲617(在图6中,辐射的脉冲617用虚线示出以在视觉上与放大光束610进行区分)。辐射的脉冲可以被用作预脉冲506(图5A至图5C)。预脉冲源643可以是例如以50kHz重复率操作的Q开关的Nd:YAG激光器,并且辐射的脉冲617可以是来自具有1.06 μ m的波长的Nd:YAG激光器的脉冲。预脉冲源643的重复率指示出预脉冲源643多长时间产生一次辐射的脉冲。例如当预脉冲源643具有50kHz或更高重复率时,每20微秒(μ s)发射辐射的脉冲617。

[0082] 其他源可以被用作预脉冲源643。例如,预脉冲源324可以是除Nd:YAG外的任何稀土掺杂固态激光器,诸如掺杂铒的纤维(Er:玻璃)激光器。在另一示例中,预脉冲源可以是产生具有10.6 μ m的波长的脉冲的二氧化碳激光器。预脉冲源643可以是产生具有用于上面所讨论的预脉冲的能量和波长的光脉冲的任何其他辐射或光源。

[0083] 光学元件622将放大光束610和来自预脉冲源643的辐射的脉冲617导向至室640。光学元件622是可以将放大光束610和辐射的脉冲617沿着相似或相同路径导向的任何元件。在图6中示出的示例中,光学元件622是接收放大光束610并将其朝向室640反射的二向色分束器。光学元件622接收辐射的脉冲617并且将脉冲朝向室640传送。二向色分束器具有

反射放大光束610的(多个)波长并传送辐射的脉冲617的(多个)波长的涂层。二向色分束器可以由例如金刚石制成。

[0084] 在其他实施中,光学元件622是限定了孔径的反射镜(未示出)。在该实施中,放大光束610被从反射镜表面反射从被朝向室640导向,并且辐射的脉冲穿过孔径并朝向室640传播。

[0085] 在另外的实施中,楔形光学器件(例如,棱镜)可以被用于将主脉冲610和预脉冲617根据它们的波长分成不同的角度。楔形光学器件可以附加于光学元件622被使用,或者它可以被用作光学元件622。楔形光学器件可以被定位在聚焦组件642的正上游(在-z方向上)。

[0086] 另外,脉冲617可以被以其他方式传递至室640。例如,脉冲617可以行进经过将脉冲617传递至室640和/或聚焦组件642的光学纤维而没有使用光学元件622或其他导向元件。在这些实施中,纤维经过形成在室640的壁中的开口将辐射的脉冲617直接带到室640的内部。

[0087] 放大光束610被从光学元件622反射并且经过聚焦组件642传播。聚焦组件642使放大光束610在焦平面646聚焦,焦平面可以与靶区域630一致或者可以不一致。辐射的脉冲617通过光学元件622并且经过聚焦组件642被导向至室340。放大光束610和辐射的脉冲617被导向至室640中的沿着“x”方向的不同位置并且在不同时间到达室640。

[0088] 在图6中示出的示例中,单一个方框代表预脉冲源643。然而,预脉冲源643可以是单一个光源或多个光源。例如,两个单独的源可以被用于生成多个预脉冲。两个单独的源可以是产生具有不同波长和能量的辐射的脉冲的不同类型的源。例如,预脉冲中的一个可以具有 $10.6\mu\text{m}$ 的波长并且由 CO_2 激光器生成,并且另一个预脉冲可以具有 $1.06\mu\text{m}$ 的波长并且由掺杂稀土的固态激光器生成。

[0089] 在一些实施中,预脉冲617和放大光束610可以由相同的源生成。例如,辐射的预脉冲617可以由驱动激光器系统605生成。在该示例中,驱动激光器系统可以包括两个 CO_2 种子激光器子系统和一个放大器。种子激光器子系统中的可以产生具有 $10.26\mu\text{m}$ 的波长的放大光束,并且另一个种子激光器子系统可以产生具有 $10.59\mu\text{m}$ 的波长的放大光束。这两个波长可以来自 CO_2 激光器的不同线。在其他示例中, CO_2 激光器的其他线可以被用于生成两个放大光束。来自两个种子激光器子系统的两个放大光束在相同的功率放大器链中被放大并接着被成角度地分散以达到室640内的不同位置。具有 $10.26\mu\text{m}$ 的波长的放大光束可以被用作预脉冲617,并且具有 $10.59\mu\text{m}$ 的波长的放大光束可以被用作放大光束610。

[0090] 一些实施可以在主脉冲之前采用多个预脉冲。在这些实施中,可以使用三个或更多的种子激光器。例如,在采用两个预脉冲的实施中,一个种子激光器可以被用于生成放大光束610、第一预脉冲和第二、单独的预脉冲中的每一个。在其他示例中,主脉冲和多个预脉冲中的一个或多个可以由相同的源生成。

[0091] 放大光束610和辐射的预脉冲617可以全部在相同的光放大器中被放大。例如,三个或更多的功率放大器可以被用于将放大光束610和预脉冲617放大。

[0092] 参见图7,示出了示例性成形靶720的阴影图。阴影图通过用光照射对象来创建。对象的致密部分反射光,在反映场景的相机(诸如电荷耦合器件(CCD))上投下阴影。靶720是使用由在前的激光-靶材料相互作用生成的剩余等离子体727而形成的。在所示示例中,激

光-靶材料相互作用以60kHz的频率(60kHz的重复率)发生。因此,每16.67 μ s生成类似于靶720的附加的成形靶。

[0093] 靶720通过用在方向712上传播的放大光束(诸如放大光束110、210或510)辐照靶720而被转换成发射EUV光的等离子体。靶720包括放大光束与靶720之间的相互作用期间所生成的等离子体被约束的凹部728,由此增加了由相互作用产生的EUV光的量。凹部728对即将来到的放大光束开放。

[0094] 参见图8,在一些实施中,极紫外光系统100是包括诸如真空室800、一个或多个控制器880、一个或多个致动系统881和引导激光器882等的其他部件的系统的一部分。

[0095] 真空室800可以是单一个整体结构或者它可以用容纳特定部件的单独的子室建立。真空室800是至少部分刚性的外壳,空气和其他气体通过真空泵被从该外壳去除,造成室800内的低压环境。室800的壁可以由适合真空使用(可以承受较低压力)的任何合适的金属或合金制成。

[0096] 靶材料传递系统115将靶材料120传递至靶区域130。在靶区域处的靶材料120可以呈液体微滴、液体流、固体颗粒或簇、包含在液体微滴内的固体颗粒或者包含在液体流内的固体颗粒的形式。靶材料120可以包括例如水、锡、锂、氘或当被转换成等离子体状态时具有在EUV范围内的发射线的任何材料。例如,元素锡可以作为纯锡(Sn)、作为锡化合物、例如SnBr₄、SnBr₂、SnH₄、作为锡合金、例如锡-镓合金、锡-铟合金、锡-铟-镓合金或这些合金的任何组合使用。靶材料120可以包括涂覆有以上元素中的一个、诸如锡的导线。如果靶材料120是固态,则它可以具有诸如环、球或立方体等的任何合适的形状。靶材料120可以通过靶材料传递系统115被传递到室800的内部并且到靶区域130。靶区域130也被称作辐照部位,是靶材料120与放大光束110光学地相互作用以产生等离子体的地方。如上面所讨论的,剩余等离子体形成在辐照部位处或其附近。因此,剩余等离子体和成形靶221b、221c和521可以在真空室800中生成。以该方式,成形靶221b、221c和521在EUV光系统100中生成。

[0097] 驱动激光器系统105可以包括用于提供一个或多个主脉冲并且在一些情况中提供一个或多个预脉冲的一个或多个光放大器、激光器和/或灯。各光放大器包括能够以高增益将期望的波长光学地放大的增益介质、激励源和内部光学器件。光放大器可以具有或者可以不具有激光反射镜或者形成激光腔的其他反馈器件。因此,即使如果没有激光腔,驱动激光器系统105也归因于激光放大器的增益介质中的粒子数反转而产生放大光束110。此外,如果存在有用以提供足够的反馈至驱动激光器系统105的激光腔,则驱动激光器系统105可以产生作为相干激光束的放大光束110。术语“放大光束”涵盖仅仅被放大但不一定是相干激光振荡的来自驱动激光器系统105的光和被放大并且也是相干激光振荡的来自驱动激光器系统105的光中的一个或多个。

[0098] 驱动激光器系统105中的光放大器可以包括包含CO₂的填充气体作为增益介质,并且可以以大于或等于1000的增益将处于大约9100nm与大约11000nm之间的并且特别是处于大约10600nm的波长的光进行放大。用于在驱动激光器系统105中使用的合适的放大器和激光器可以包括脉冲激光器装置,例如,例如用DC或RF激励产生处于大约9300nm或大约10600nm的辐射、以相对高的功率、例如10kW或更高和高脉冲重复率、例如50kHz或更大进行操作的脉冲气体放电CO₂激光器装置。驱动激光器系统105中的光放大器也可以包括可以在以较高功率操作驱动激光器系统105时使用的诸如水等的冷却系统。

[0099] 光收集器155可以是具有孔径840以允许放大光束110通过并到达聚焦区域145的收集器反射镜855。收集器反射镜855可以是例如具有在靶区域130或聚焦区域145处的第一焦点和在EUV光160可以被从极紫外光系统中输出并可以被输入光学设备165所在的中间位置861(也称为中间焦点)处的第二焦点的椭圆反射镜。

[0100] 一个或多个控制器880被连接至诸如例如微滴位置检测反馈系统、激光器控制系统和光束控制系统等的一个或多个致动系统或诊断系统,和一个或多个靶或微滴成像器。靶成像器提供指示出微滴的例如相对于靶区域130的位置的输出并将该输出提供至微滴位置检测反馈系统,其可以例如计算出微滴位置和轨迹,从中可以或者在逐滴的基础上或者平均地计算出微滴位置误差。微滴位置检测反馈系统由此将微滴位置误差作为输入提供至控制器880。控制器880可以因此将激光器位置、方向和定时校正信号提供至例如可以被用于控制激光器定时电路的激光器控制系统和/或至光束控制系统以控制放大光束位置和光束输送系统的成形以改变束焦斑在室800内的位置和/或焦度。

[0101] 靶材料传递系统115包括靶材料传递控制系统,其可响应于来自控制器880的信号操作例如以修改微滴的当由内部传递机构释放时的释放点以校正到达期望靶区域130的微滴的误差。

[0102] 另外,极紫外光系统可以包括光源检测器,其测量一个或多个EUV光参数,包括但不限于脉冲能量、作为波长的函数的能量分布、特定波长频带内的能量、特定波长频带外的能量和EUV强度和/或平均功率的角分布。光源检测器生成用于由控制器880使用的反馈信号。反馈信号可以例如指示出在诸如激光脉冲的定时和焦点等的参数的误差,以在用于有效且高效地产生EUV光的正确的地方和时间恰当地拦截微滴。

[0103] 在一些实施中,驱动激光器系统105具有主振荡器/功率放大器(MOPA)配置,其有着多级放大并且具有由以低能量和高重复率、例如能够100kHz操作的Q开关主控振荡器(MO)引发的种子脉冲。从MO,激光脉冲可以例如用RF泵浦快速轴流CO₂放大器被放大以产生沿着束路径行进的放大光束110。

[0104] 虽然可以使用三个光放大器,但少到一个放大器是可以的并且可以在该实施中使用超过三个的放大器。在一些实施中,CO₂放大器中的每一个可以是具有通过内部反射镜被折叠的10米放大器长度的RF泵浦轴流CO₂激光器立方体。

[0105] 可替代地,驱动激光器系统105可以被配置为其中靶材料120用作光学腔中的一个反射镜的所谓“自瞄准”激光器系统。在一些“自瞄准”布置中,可以不要求主振荡器。驱动激光器系统105包括沿着束路径串联布置的放大器室的链,各室具有它自己的增益介质和激励源、例如泵浦电极。各放大器室可以是具有用于使例如10600nm的波长 λ 的光放大的例如1,000至10,000的组的单级增益的RF泵浦快速轴流CO₂放大器室。放大器室中的每一个可以被设计成没有激光腔(谐振器)反射镜使得当单独设立时它们不包括使放大光束通过增益介质超过一次所需的光学部件。尽管如此,如上面所提到的,激光腔可以如下地形成。

[0106] 在该实施中,激光腔可以通过将后面部分反射光学器件添加至驱动激光器系统并且将靶材料120放置在靶区域130处而形成。光学器件可以是例如平面反射镜、弯曲反射镜、相位-共轭反射镜、光栅或者具有对于大约10600nm的波长(如果使用CO₂放大器室的话是放大光束110的波长)的大约95%的反射率的隅角反射器。靶材料120和后面部分反射光学器件起作用以将放大光束110中的一些反射回到驱动激光器系统105内以形成激光腔。因此,

靶区域130处的靶材料120的存在提供了足够的反馈以引起驱动激光器系统105产生相干激光振荡,并且在该情况中,放大光束110可以被视为激光束。当在靶区域130处不存在靶材料120时,驱动激光器系统105仍然可以被泵浦以产生放大光束110,但是它不会产生相干激光振荡,除非一些其他部件提供足够的反馈。该布置可以是其中靶材料120用作光学腔中的一个反射镜(所谓的等离子体反射镜或机械q开关)的所谓“自校准”激光器系统。

[0107] 取决于应用,其他类型的放大器或激光器也可以是合适的,例如,以高功率和高脉冲重复率操作的准分子或分子氟激光器。示例包括例如具有纤维或盘形增益介质的固态激光器、如例如在美国专利号6,625,191、6,549,551和6,567,450中示出的MOPA配置的准分子激光器系统;具有一个或多个室例如振荡器室和一个或多个放大室(具有并联或串联的放大室)的准分子激光器;主振荡器/功率振荡器(MOP0)布置、功率振荡器/功率放大器(POPA)布置;或者播种一个或多个准分子或分子氟放大器或振荡器室的固态激光器,可以是合适的。其他设计是可能的。

[0108] 在辐照部位,由聚焦组件142适当地聚焦的放大光束110可以被用于创建具有取决于靶材料120的组成的某些特性的等离子体。这些特性可以包括由等离子体产生的EUV光160的波长和从等离子体释放碎屑的类型和量。放大光束110使靶材料120蒸发,并且将蒸发的靶材料加热至散发电子(等离子体状态)时的临界温度,留下了离子,其被进一步加热直到它们开始发射具有在极紫外范围内的波长的光子。

[0109] 其他实施在下面的权利要求的范围内。

[0110] 例如,虽然区域226和剩余等离子体227a被示出为在靶区域230内,但这并不一定是该情况。在其他示例中,区域226a和/或剩余等离子体227a可以延伸超过靶区域230。另外,剩余等离子体227a和/或区域226a可以具有任何空间形式。

[0111] 在图2C和图2D的示例中,区域226a和226b及相应的剩余等离子体227a和227b在不同时间在靶区域230中,没有时间上的重叠。然而,在其他实施中,剩余等离子体227a和227b可以在相同时间在靶区域230中。例如,由靶材料与放大光束210的脉冲之间的相互作用生成的剩余等离子体可以通过超过一个循环的放大光束210继续存在或存在于靶区域230中。在一些实施中,剩余等离子体可以连续地存在于靶区域230中。

[0112] 图2C和图2D的示例示出了EUV光的连续发射,其中EUV光被以通过系统重复率确定的周期性间隔发射并且EUV光发射之间的间隔为使得EUV光的发射基本上是连续的。然而,EUV光源可以取决于接收所生成的EUV光的光刻工具的需要而以其他模式操作。例如,EUV光源也可以被操作成或设定为以通过大于系统重复率的量或以非规则间隔分开的突发发射EUV光。

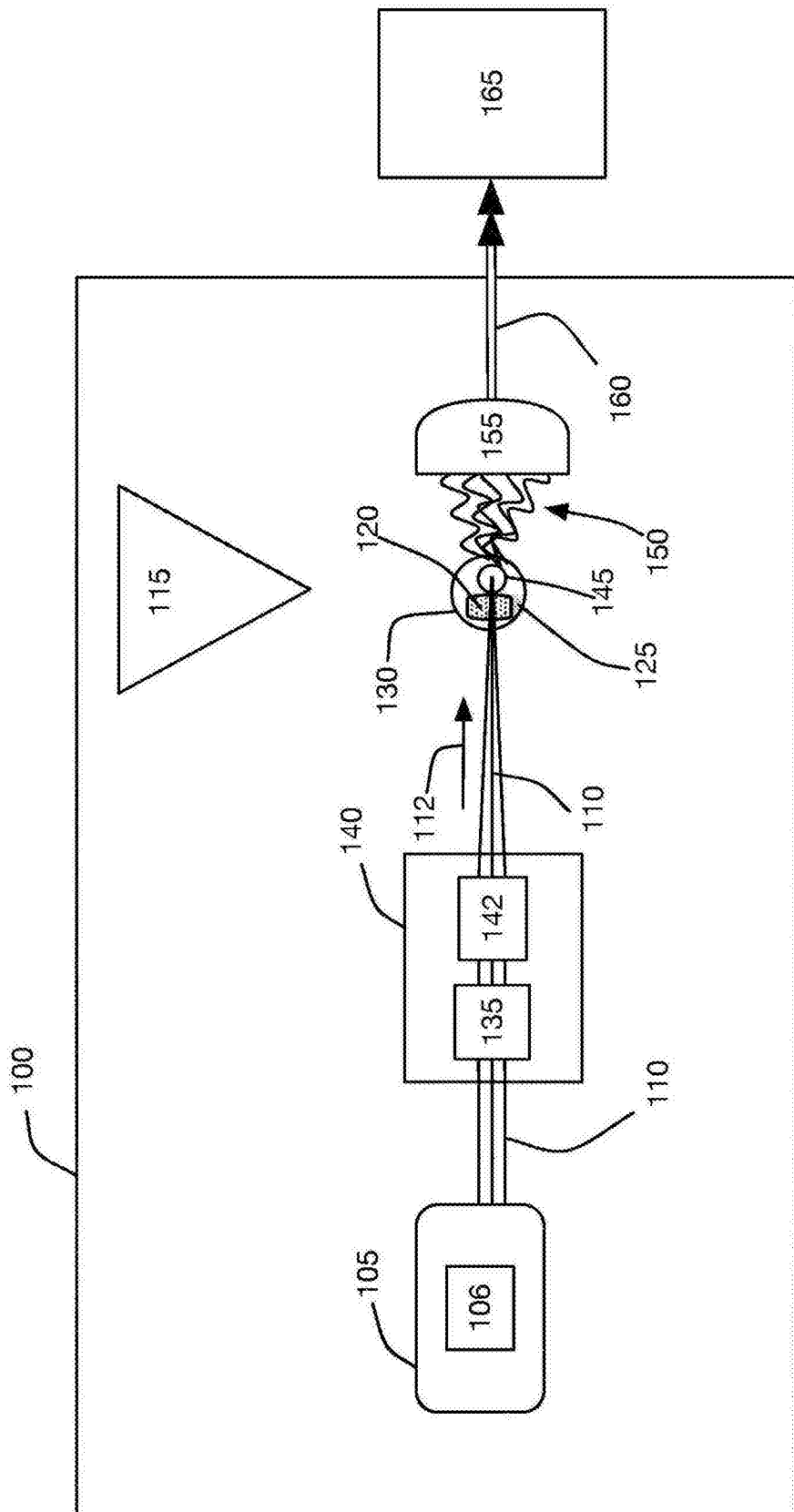


图1

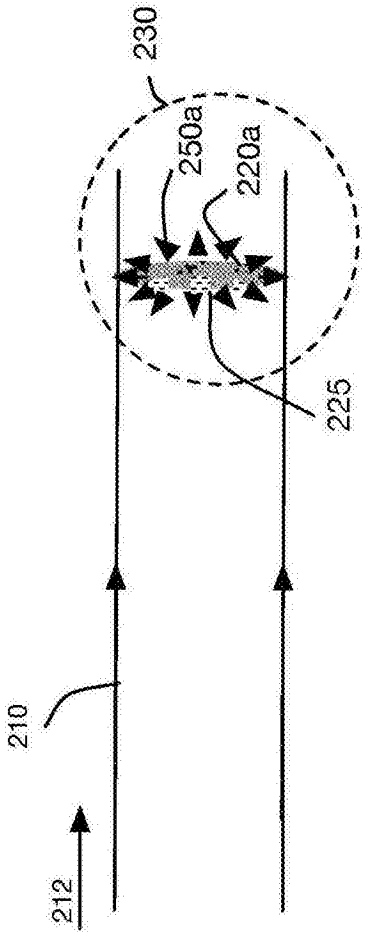


图2A

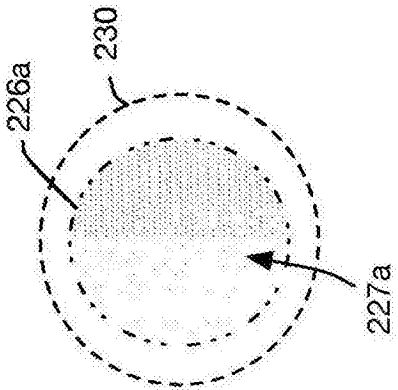


图2B

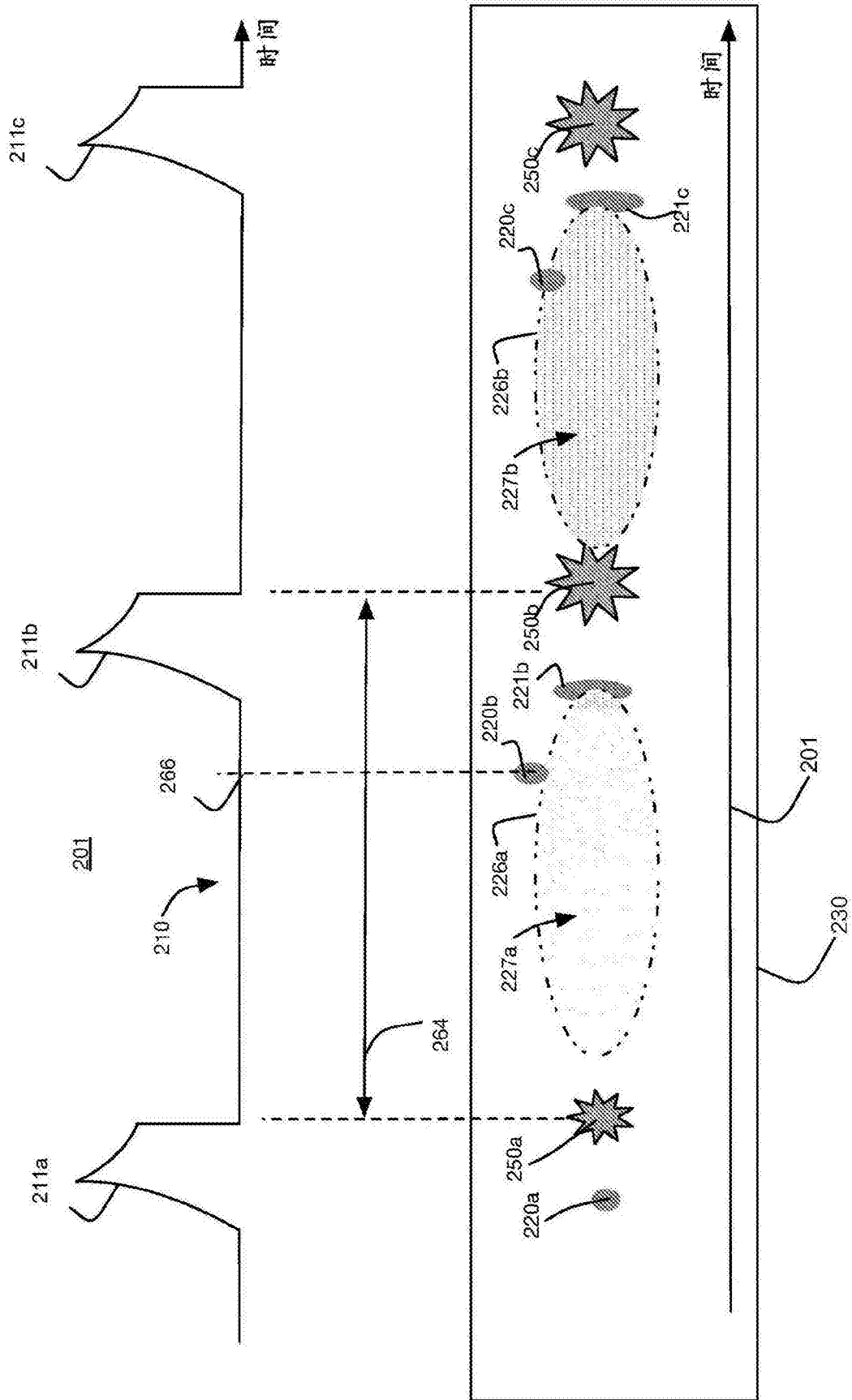


图2C

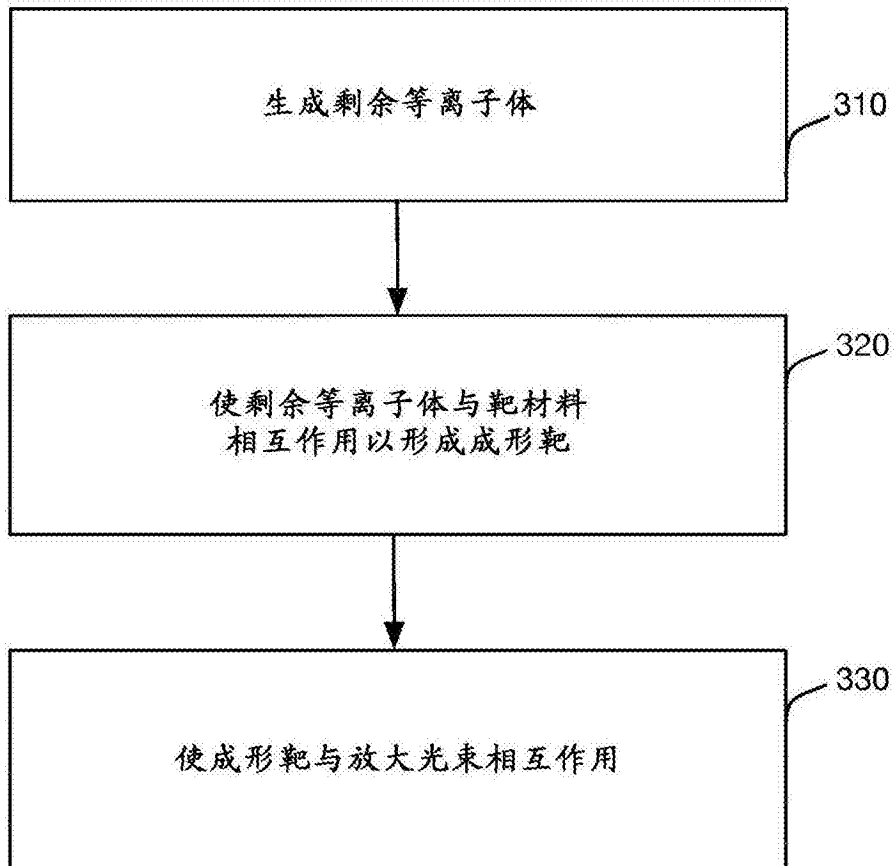
300

图3

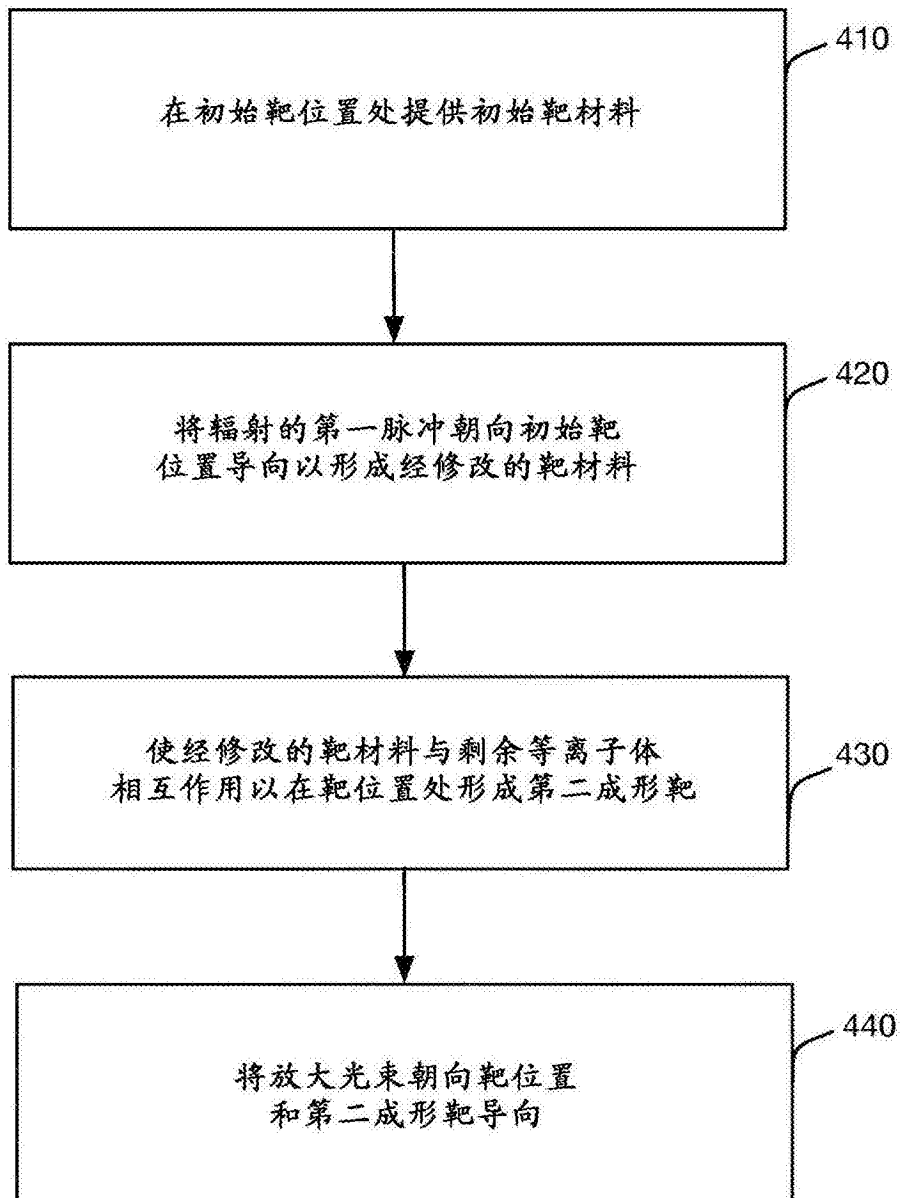
400

图4

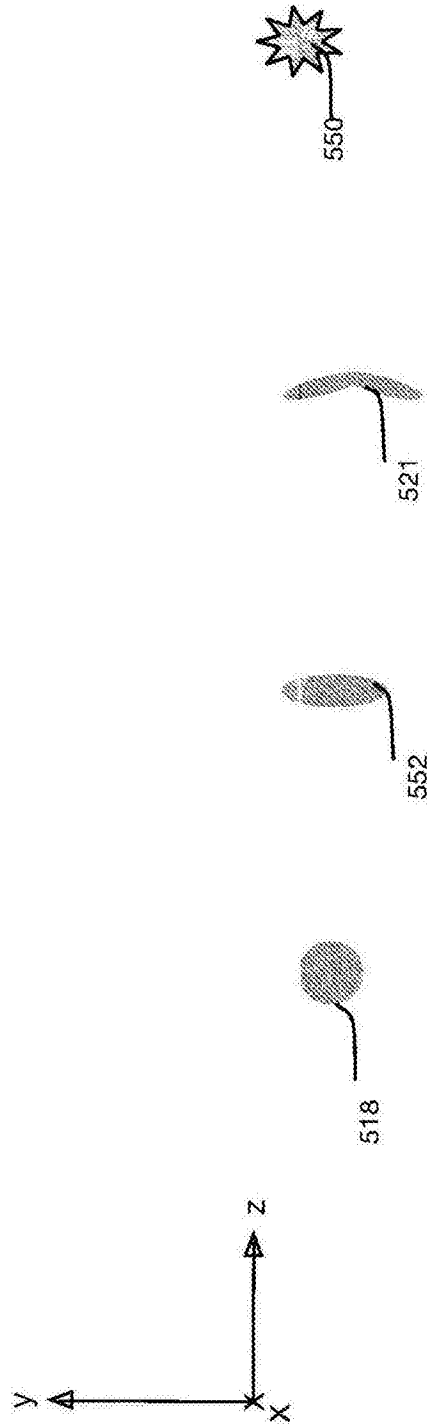


图5A

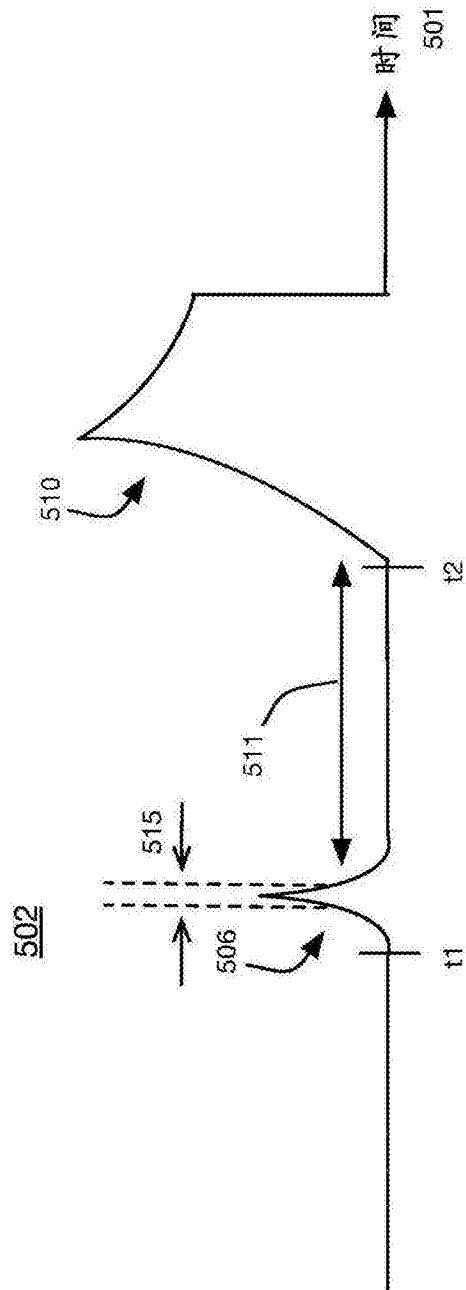


图5B

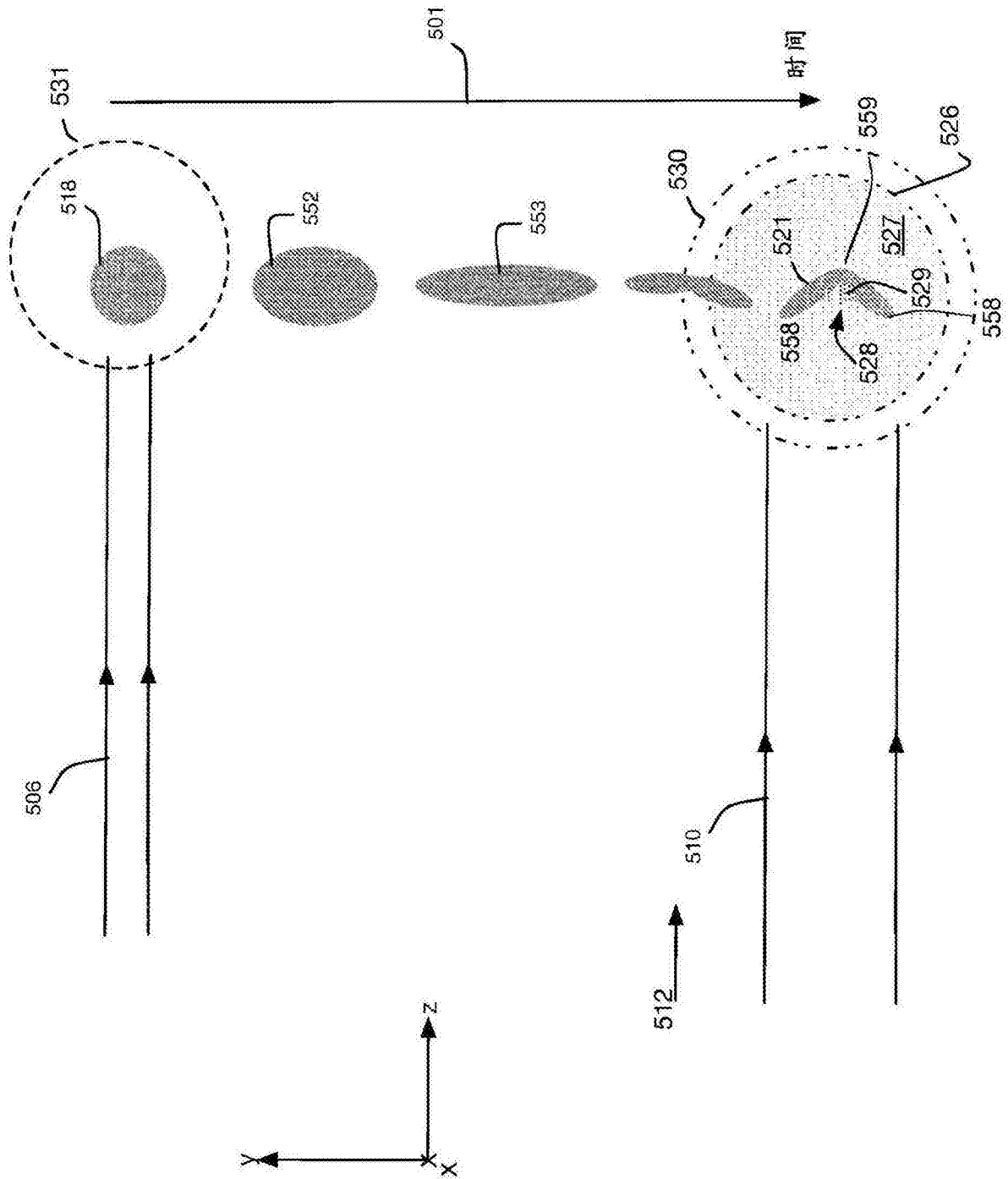


图5C

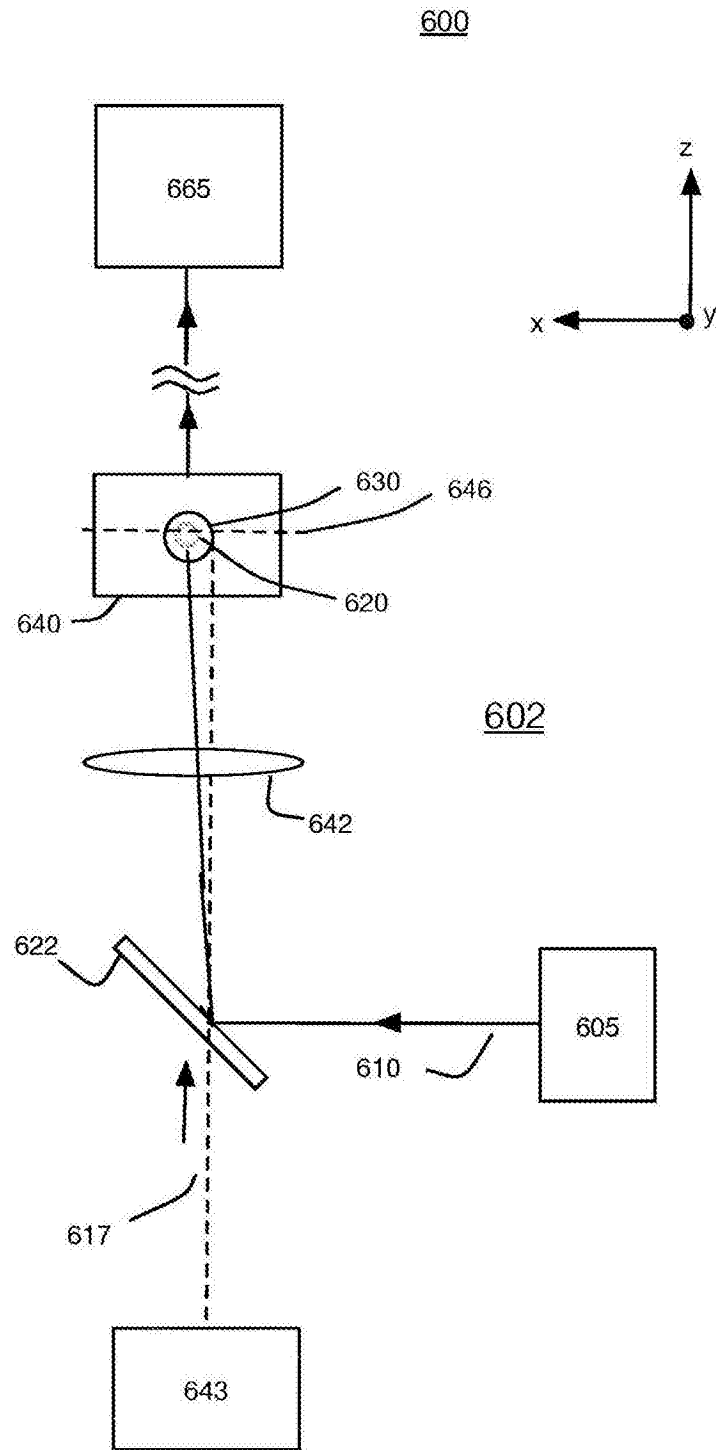


图6

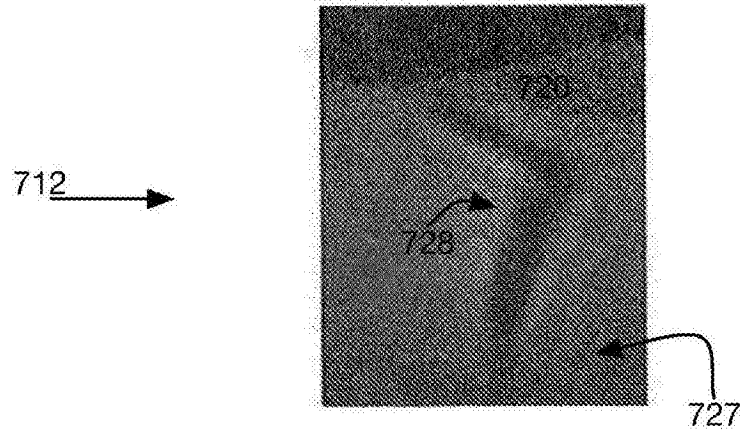


图7

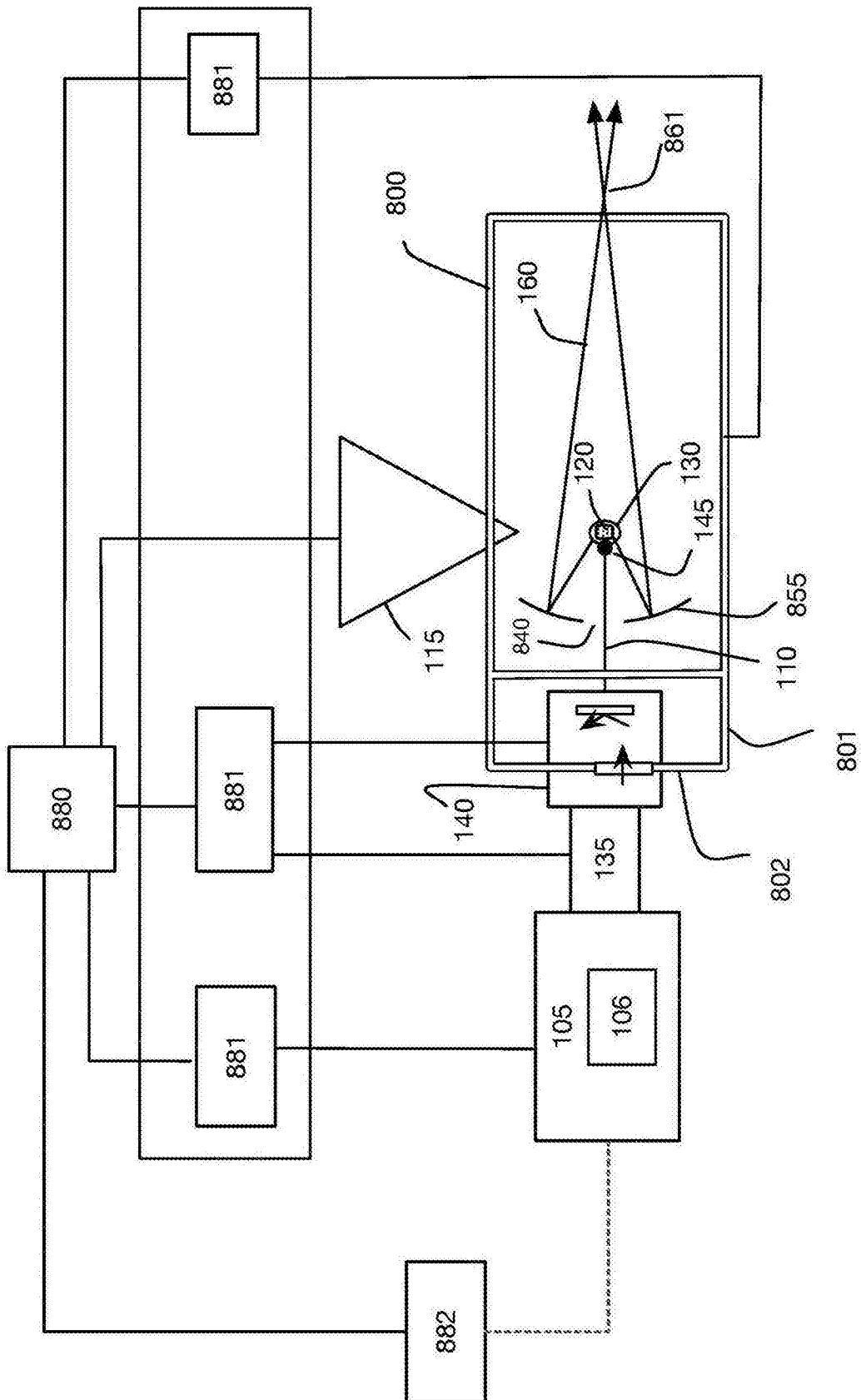


图8