



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111937256 B

(45) 授权公告日 2023.08.18

(21) 申请号 201980023674.4

J·J·索内斯

(22) 申请日 2019.03.01

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

(65) 同一申请的已公布的文献号

11256

申请公布号 CN 111937256 A

专利代理师 董莘

(43) 申请公布日 2020.11.13

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

H01S 3/10 (2006.01)

62/650,896 2018.03.30 US

62/663,308 2018.04.27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.09.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/020415 2019.03.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/190700 EN 2019.10.03

(73) 专利权人 西默有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(56) 对比文件

US 2014319388 A1, 2014.10.30

CN 102334249 A, 2012.01.25

CN 106462081 A, 2017.02.22

CN 107735913 A, 2018.02.23

US 2017187160 A1, 2017.06.29

US 6735225 B2, 2004.05.11

US 2006114956 A1, 2006.06.01

US 7158553 B2, 2007.01.02

US 2002167975 A1, 2002.11.14

审查员 罗文飞

(72) 发明人 K·M·奥布里恩 T·P·达菲

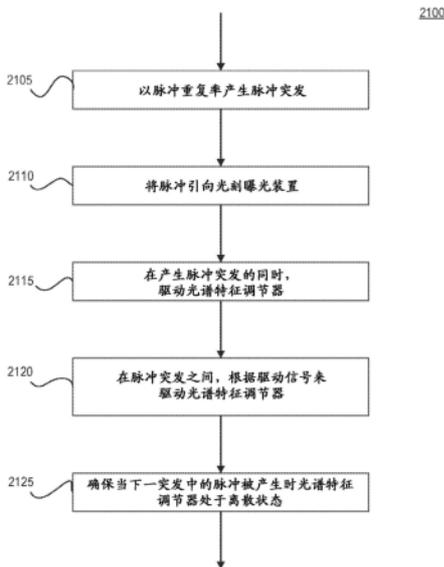
权利要求书5页 说明书31页 附图24页

(54) 发明名称

脉冲光束的光谱特征选择和脉冲时序控制

(57) 摘要

一种方法包括:在以脉冲重复率产生脉冲突发的同时,以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器;以及在脉冲突发的产生之间(在没有脉冲产生的同时)之间,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动光谱特征调节器。每个离散状态对应于光谱特征的离散值。该方法包括当通过调节以下中的一项或多项来产生下一突发中的脉冲时,通过调节以下中的一项或多项来确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给光刻曝光装置的指令、给光谱特征调节器的驱动信号、和/或给光源的指令。



1. 一种方法,包括:

以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发,并且将所述脉冲引向光刻曝光装置;

在产生所述脉冲突发的同时,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器,其中每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应,使得每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中,并且所述放大光束的脉冲具有与该离散状态相对应的光谱特征;

在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器;以及

确保当产生下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器包括:以与所述脉冲重复率相关的频率,驱动所述光谱特征调节器。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中包括:调节突发间时间间隔,使得所述突发间时间间隔是针对所述脉冲重复率的脉冲之间的时间间隔的整数倍。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中包括:

从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示;以及

如果所接收的指示指示所述下一突发中的第一脉冲的产生与所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中的时间之间的时间失配,则基于所接收的指示来修改与驱动所述光谱特征调节器相关联的驱动信号的频率和相位中的一个或多个。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中:

所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光束的波长,以及

以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:

驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变;或者

驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每隔一个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:根据正弦驱动信号来驱动所述光谱特征调节器。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中驱动所述光谱特征调节器的频率为所述脉冲重复率的一半或所述脉冲重复率的四分之一。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中包括:

确保当产生所述下一突发中的初始脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状

态中的一个离散状态中;或者

向所述光刻曝光装置发送信号,所述信号包括如下的信息,该信息与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中:

以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器包括:根据一个或多个固定参数驱动所述光谱特征调节器,以及从所述光刻曝光装置接收产生所述下一突发的请求;以及

确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于离散状态包括:将所述下一突发的产生,相对于从所述光刻曝光装置接收产生所述下一突发的请求,延迟大于零的时间段。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中来自所述光刻曝光装置的所述信息在所述突发结束之前或在所述脉冲突发的产生之间被接收,所述信息与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲突发产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关。

11. 一种装置,包括:

接口,被配置为与光刻曝光装置通信并且从所述光刻曝光装置接收信息;

光谱特征调节器;以及

光学装置,与所述接口和所述光谱特征调节器通信并且被配置为:

以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供所述光刻曝光装置使用以对衬底进行图案化;

在产生所述脉冲突发的同时,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器,每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应,使得每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中,并且所述放大光束脉冲具有与该离散状态相对应的光谱特征;

在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,以与在所述接口处从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器;以及

确保当产生下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

12. 根据权利要求11所述的装置,其中所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光束的波长。

13. 根据权利要求11所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括驱动致动器,所述驱动致动器与所述光学装置通信并且被配置为在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述光学装置包括控制装置,所述控制装置与所述接口和所述驱动致动器通信并且被配置为:

从所述接口接收关于来自所述光刻曝光装置的请求的指示,所述指示包括来自所述光刻曝光装置的所述脉冲重复率;以及

向所述驱动致动器发送驱动信号,其中所述驱动信号基于从所述光刻曝光装置接收的信息。

15. 根据权利要求14所述的装置,其中被发送到所述驱动致动器的所述驱动信号是正弦驱动信号。

16. 根据权利要求11所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且所述光学器件的每个离散状态与所述光谱特征调节器的离散状态相对应。

17. 根据权利要求16所述的装置,其中所述光学器件的离散状态是所述光学器件与所述前导光束相互作用的离散位置。

18. 根据权利要求17所述的装置,其中所述光学器件包括棱镜,所述前导光束穿过所述棱镜。

19. 根据权利要求11所述的装置,其中所述光学装置包括:

第一气体放电级,被配置为生成第一脉冲光束,所述第一气体放电级包括第一气体放电室,所述第一气体放电室容纳能量源并且容纳包含第一增益介质的气体混合物;以及

第二气体放电级,被配置为接收所述第一脉冲光束并且放大所述第一脉冲光束,从而从所述光学装置产生放大光束,所述第二气体放电级包括第二气体放电室,所述第二气体放电室容纳能量源并且容纳包含第二增益介质的气体混合物。

20. 根据权利要求19所述的装置,其中被修改的一个或多个参数包括被提供给所述光谱特征调节器的驱动致动器的驱动信号的频率和/或相位中的一个或多个。

21. 一种方法,包括:

指示光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发;

将所产生的脉冲引向光刻曝光装置;

在产生所述脉冲突发的同时,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器,每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应;

在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动所述光谱特征调节器;以及

通过调节以下中的一项或多项来确保当产生下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给所述光刻曝光装置的指令、给所述光谱特征调节器的所述驱动信号、和/或给所述光源的指令。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中包括:调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号。

23. 根据权利要求22所述的方法,还包括从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示;

其中调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号包括:基于从所述光刻曝光装置接收的所述指示,修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的频率和相位中的一个或多个。

24. 根据权利要求21所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应

的一个离散状态中包括:调节给所述光源的所述指令,包括相对于从所述光刻曝光装置对产生所述下一突发的请求的接收,将所述下一突发的产生延迟大于零的时间段,使得当产生所述下一突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

25.根据权利要求21所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中包括:调节给所述光刻曝光装置的指令,所述指令与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关。

26.根据权利要求25所述的方法,还包括从所述光刻曝光装置接收对于所述下一突发的产生的触发请求,其中所述触发请求基于至所述光刻曝光装置的被调节指令,并且确保所述下一突发中的脉冲的产生时间与所述光谱特征调节器达到所述一组离散状态中的一个离散状态的时刻同步。

27.根据权利要求21所述的方法,其中每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中,并且所述放大光束脉冲具有与该离散状态相对应的光谱特征。

28.根据权利要求21所述的方法,其中以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:

驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变;或者

驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每隔一个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

29.根据权利要求21所述的方法,其中在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:根据正弦驱动信号来驱动所述光谱特征调节器。

30.根据权利要求21所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中包括:确保当产生所述下一突发中的初始脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

31.一种装置,包括:

接口,被配置为与光刻曝光装置通信;

光谱特征调节器;

光源;以及

控制装置,与所述接口、所述光谱特征调节器和所述光源通信,并且被配置为:

指示所述光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供所述光刻曝光装置使用,以对衬底进行图案化;

在所述脉冲突发期间,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器,其中每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应;

在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动所述光谱特征调节器;以及

通过调节以下中的一项或多项来确保当产生下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节

器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给所述光刻曝光装置的指令、给所述光谱特征调节器的所述驱动信号、和/或给所述光源的指令。

32. 根据权利要求31所述的装置,其中所述控制装置被配置为:通过调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号,确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

33. 根据权利要求32所述的装置,其中:

所述控制装置被配置为:通过所述接口,从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示;以及

所述控制装置通过如下的方式来调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号:基于从所述光刻曝光装置接收的指示,修改被发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的频率和相位中的一个或多个。

34. 根据权利要求31所述的装置,其中所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光束的波长。

35. 根据权利要求31所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括驱动致动器,所述驱动致动器与所述控制装置通信并且被配置为在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器。

36. 根据权利要求35所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且所述光学器件的每个离散状态与所述光谱特征调节器的离散状态相对应。

37. 根据权利要求36所述的装置,其中所述光学器件的离散状态是所述光学器件与所述前导光束相互作用的离散位置。

38. 根据权利要求36所述的装置,其中所述光学器件包括棱镜,所述前导光束穿过所述棱镜。

39. 根据权利要求31所述的装置,其中所述光源包括被配置为输出所述放大光束的至少一个放大级。

40. 根据权利要求31所述的装置,其中所述光谱特征调节器是光谱特征选择装置的一部分,所述光谱特征选择装置从所述光源接收前导光束并且包括:

色散光学元件,被布置为与所述前导光束相互作用,以及

多个棱镜,在所述前导光束的路径中布置在所述色散光学元件与所述光源之间。

脉冲光束的光谱特征选择和脉冲时序控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年3月30日提交的题为“Spectral Feature Selection and Pulse Timing Control of a Pulsed Light Beam”的美国申请号62/650,896和于2018年4月27日提交的题为“Spectral Feature Selection and Pulse Timing Control of a Pulsed Light Beam”美国申请号62/663,308的优先权。这两个专利申请均通过引用整体并入本文。

技术领域

[0003] 所公开的主题涉及控制从向光刻曝光装置提供光的光源输出的光束的光谱特征，例如带宽或波长。

背景技术

[0004] 在半导体光刻(或光刻)中,集成电路(IC)的制造需要在半导体(例如,硅)衬底(也称为晶片)上执行的各种物理和化学工艺。光刻曝光装置(也称为扫描仪)是一种将期望图案施加到衬底的目标区域上的机器。晶片固定到载物台,以使得晶片通常沿由扫描仪的正交的 X_L 和 Y_L 方向限定的图像平面延伸。晶片被光束照射,该光束的波长在紫外范围内,在可见光与x射线之间,因此波长在约10纳米(nm)至约400nm之间。因此,该光束可以具有例如在深紫外线(DUV)范围内的波长(可以从约100nm下降到约400nm的波长)、或者在极紫外线(EUV)范围内的波长(在约10nm至约100nm之间的波长)。这些波长范围不精确,并且在将光视为DUV还是EUV之间可能存在重叠。

[0005] 光束沿与扫描仪的 Z_L 方向相对应的轴向方向传播。扫描仪的 Z_L 方向正交于图像平面(X_L - Y_L)。光束穿过光束传输单元,通过掩模板(或掩模)被过滤,然后投射到制备好的晶片上。晶片与光束之间的相对位置在图像平面中移动,并且该过程在晶片的每个目标区域处重复。以这种方式,芯片设计被图案化到光刻胶上,然后光刻胶被蚀刻和清洁,然后该过程重复。

[0006] 对从诸如激光等光源输出的光束的光谱特征或特性(例如,带宽或波长)的准确了解在很多科学和工业应用中都很重要。例如,在深紫外(DUV)光学光刻中,可以使用对光源带宽的准确了解来控制最小特征尺寸或临界尺寸(CD)。临界尺寸是印刷在半导体衬底(也称为晶片)上的特征尺寸,因此CD可能需要精细的尺寸控制。

发明内容

[0007] 在一些总体方面,一种方法包括:以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发,并且将脉冲引向光刻曝光装置。该方法包括:在产生脉冲突发的同时,以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束的光谱特征的离散值相对应,使得每当产生突发中的脉冲时,光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中,并且放大光束的脉冲具有与离散状态相对应的

光谱特征。该方法包括：在脉冲突发的产生之间以及在没有脉冲产生的同时，以与从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器。而且，该方法包括确保：当产生下一突发中的脉冲时，光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0008] 实现可以包括以下特征中的一个或多个。例如，通过以与脉冲重复率相关的频率来驱动光谱特征调节器，可以以与从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器。该方法通过调节突发间时间间隔使得突发间时间间隔是针对脉冲重复率的脉冲之间的时间间隔的整数倍，可以确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中。突发间时间间隔可以是突发中的最后脉冲与下一突发中的第一脉冲之间的时间间隔。

[0009] 该方法可以通过以下方式来确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中：从光刻曝光装置接收关于光刻曝光装置将请求下一突发的产生的时间的指示；以及如果所接收的指示指示下一突发中的第一脉冲的产生与光谱特征调节器处于离散状态中的时间之间的时间失配，则基于所接收的指示来修改与驱动光谱特征调节器相关联的一个或多个参数。通过修改与光谱特征调节器相关联的驱动信号的频率和相位中的一个或多个，可以修改与驱动光谱特征调节器相关联的一个或多个参数。该方法还可以包括：如果驱动光谱特征调节器所凭借的频率由于失配而被修改，则在下一突发开始时改变驱动光谱特征调节器的频率以使其与脉冲重复率相关。

[0010] 放大光束的光谱特征可以是放大光束的波长。放大光束的波长可以在深紫外范围内。通过驱动光谱特征调节器，使得针对放大光束的每个脉冲放大光束的波长在两个不同波长之间改变，可以以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。

[0011] 通过驱动光谱特征调节器，使得针对放大光束的每隔一个脉冲放大光束的波长在两个不同波长之间改变，可以以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。

[0012] 通过根据正弦驱动信号来驱动光谱特征调节器，可以在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。

[0013] 通过在离散位置之间移动与前导光束相互作用的光学器件，可以驱动光谱特征调节器。光学器件的每个离散位置对应于离散状态，并且放大光束是由前导光束形成的。可以通过旋转棱镜来移动与光束相互作用的光学器件，前导光束穿过该棱镜。

[0014] 驱动光谱特征调节器的频率可以是脉冲重复率的一半。驱动光谱特征调节器的频率可以是脉冲重复率的四分之一。

[0015] 该方法可以：通过确保当产生下一突发中的初始脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中，而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。

[0016] 可以通过根据一个或多个固定参数驱动光谱特征调节器，并且从光刻曝光装置接收产生下一脉冲突发的请求，而以与从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器。该方法可以：通过相对于从光刻曝光装置对产生下一脉冲突发的请求的接收来将下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段，而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中。可以通过以下方式来将下一脉冲突发的产生延迟一段时间：延迟下

一脉冲突发,直到当产生下一脉冲突发中的脉冲时光谱特征调节器可以被驱动到一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态。

[0017] 来自光刻曝光装置的如下信息可以在突发结束之前接收,该信息与在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲突发产生的同时驱动光谱特征调节器的方式有关。来自光刻曝光装置的如下信息可以在脉冲突发的产生之间接收:该信息与在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲突发产生的同时驱动光谱特征调节器的方式有关。

[0018] 该方法可以:通过向光刻曝光装置发送信号,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。该信号包括与在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动光谱特征调节器的方式有关的信息。

[0019] 在其他总体方面,一种装置包括:被配置为与光刻曝光装置通信并且从光刻曝光装置接收信息的接口;光谱特征调节器;以及与接口和光谱特征调节器通信的光学装置。光学装置被配置为:以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供光刻曝光装置使用以对衬底进行图案化;在产生脉冲突发的同时,以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器,每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束的光谱特征的离散值相对应,使得每当产生突发中的脉冲时,光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中并且放大光束脉冲具有与离散状态相对应的光谱特征;在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,以与在接口处从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器;以及确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0020] 实现可以包括以下特征中的一个或多个。例如,放大光束的光谱特征可以是放大光束的波长。

[0021] 光谱特征调节器可以包括驱动致动器,驱动致动器与光学装置通信并且被配置为在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。光学装置可以包括与接口和驱动致动器通信的控制装置。控制装置可以被配置为:从接口接收关于来自光刻曝光装置的请求的指示,指示包括来自光刻曝光装置的脉冲重复率;以及向驱动致动器发送驱动信号,其中驱动信号基于从光刻曝光装置接收的信息。发送到驱动致动器的驱动信号可以是正弦驱动信号。

[0022] 光谱特征调节器可以包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且光学器件的每个离散状态可以与光谱特征调节器的离散状态相对应。光学器件的离散状态可以是光学器件与前导光束相互作用的离散位置。光学器件可以包括棱镜,前导光束穿过棱镜。光学器件可以物理耦合到驱动致动器。

[0023] 光学装置可以包括:被配置为生成第一脉冲光束的第一气体放电级;以及第二气体放电级,被配置为接收第一脉冲光束并且放大第一脉冲光束从而从光学装置产生放大光束。

[0024] 第一气体放电级可以包括第一气体放电室,第一气体放电室容纳能量源并且容纳包含第一增益介质的气体混合物;以及第二气体放电级可以包括第二气体放电室,第二气体放电室容纳能量源并且容纳包含第二增益介质的气体混合物。

[0025] 光学装置可以被配置为:通过以与脉冲重复率相关的频率驱动光谱特征调节器,从而以与在接口处从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器。光学装置可以被配置为:通过调节突发间时间间隔使得突发间时间间隔是脉冲重复率的脉冲之间的

时间间隔的整数倍,从而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中,其中突发间时间间隔是最后脉冲与下一突发中的脉冲之间的时间间隔。

[0026] 光学装置可以配置为通过以下方式来确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中:从接口接收关于光刻曝光装置将请求下一突发的产生的时间的指示;以及如果所接收的指示指示下一突发中的第一脉冲的产生与光谱特征调节器处于离散状态中的时间之间的时间失配,则基于所接收的指示来修改与发送到光谱特征调节器的驱动信号相关联的一个或多个参数。被修改的一个或多个参数可以包括:被提供给光谱特征调节器的驱动致动器的驱动信号的频率和/或相位中的一个或多个。光学装置可以被配置为:如果驱动信号的频率由于失配而被修改,则在下一突发开始时改变驱动信号的频率以使其与脉冲重复率相关。

[0027] 光学装置可以被配置为通过以下方式来与在接口处从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器:根据一个或多个固定参数驱动光谱特征调节器并且从光刻曝光装置接收产生下一脉冲突发的请求。光学装置可以被配置为:通过相对于在接口处从光刻曝光装置对产生下一脉冲突发的请求的接收来将下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于离散状态中。

[0028] 光学装置可以被配置为通过以下方式来将下一脉冲突发的产生延迟一段时间:延迟下一脉冲突发的产生,直到当产生下一脉冲突发中的脉冲时光谱特征调节器可以被驱动到一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态。

[0029] 该光学装置可以包括具有被配置为输出放大光束的至少一个放大级的光源。光谱特征调节器可以是光谱特征选择装置的一部分,光谱特征选择装置从光源接收前导光束。光谱特征选择装置包括:被布置为与前导光束相互作用的色散光学元件;以及在前导光束的路径中布置在色散光学元件与光源之间的多个棱镜。光谱特征调节器可以是多个棱镜中的一个棱镜,并且光谱特征调节器的一组离散状态是前导光束与棱镜相互作用的棱镜的一组离散位置。通过围绕棱镜轴线旋转到一组离散角度,可以在一组离散位置之间驱动棱镜。

[0030] 在一些总体方面,一种方法包括:指示光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发,以及将所产生的脉冲引向光刻曝光装置。该方法包括:在产生脉冲突发的同时,以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器,每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束的光谱特征的离散值相对应。该方法包括:在脉冲突发的产生之间以及在在没有脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动光谱特征调节器。该方法还包括:通过调节以下中的一项或多项来确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给光刻曝光装置的指令、给光谱特征调节器的驱动信号、和/或给光源的指令。

[0031] 实现可以包括以下特征中的一个或多个。例如,该方法可以:通过调节给光谱特征调节器的驱动信号,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。该方法可以包括从光刻曝光装置接收关于光刻曝光装置将请求下一突发的产生的时间的指示。可以通过基于从光刻曝光装置接收的指示来修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的一个或多个参数,而调节给光谱特征调节器的驱动信号。可以通过修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的频率和相位中的一个或多个,而修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的一个或多个参数。从

光刻曝光装置接收的产生下一突发的请求可以从光刻曝光装置接收的指示延迟足够的时间,以便能够修改一个或多个参数,从而使得当产生下一突发中的脉冲时,光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。延迟约为25-35毫秒(ms)。

[0032] 该方法可以:通过调节给光源的指令,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。给光源的指令可以通过以下方式来调节:相对于从光刻曝光装置对产生下一脉冲突发的请求的接收,将下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段,使得当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。下一脉冲突发的产生可以通过以下方式来延迟:延迟下一脉冲突发,直到当产生下一脉冲突发中的脉冲时光谱特征调节器可以被驱动到一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态。该方法包括在调节给光源的指令的同时,根据由该组参数限定的驱动信号,继续驱动光谱特征调节器。

[0033] 该方法可以:通过调节给光刻曝光装置的指令,而确保当产生下一突发中的脉冲时,光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。可以通过向光刻曝光装置发送信号来调节给光刻曝光装置的指令,该信号包括与在脉冲突发的产生之间以及在没有脉冲产生的同时驱动光谱特征调节器的方式有关的信息。该方法可以包括从光刻曝光装置接收对于下一突发的产生的触发请求。触发请求基于至光刻曝光装置的被调节指令,并且确保下一突发中的脉冲的产生时间与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态的时刻同步。可以调节触发请求,从而延迟给光源的指令中的电脉冲。

[0034] 放大光束的光谱特征可以是放大光束的波长。

[0035] 每当产生突发中的脉冲时,光谱特征调节器可以处于一组离散状态中的一个离散状态中并且放大光束脉冲可以具有与离散状态相对应的光谱特征。

[0036] 可以通过驱动光谱特征调节器使得针对放大光束的每个脉冲放大光束的波长在两个不同波长之间改变,而以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。可以通过驱动光谱特征调节器使得针对放大光束的每隔一个脉冲放大光束的波长在两个不同波长之间改变,而以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。

[0037] 可以通过根据正弦驱动信号来驱动光谱特征调节器,而在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。

[0038] 可以通过在离散位置之间移动与前导光束相互作用的光学器件,而驱动光谱特征调节器,光学器件的每个离散位置对应于离散状态,并且放大光束由前导光束形成。

[0039] 该方法可以:通过确保当产生下一突发中的初始脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。

[0040] 在其他总体方面,一种装置包括:被配置为与光刻曝光装置通信的接口;光谱特征调节器;光源;以及与接口、光谱特征调节器和光源通信的控制装置。控制装置被配置为:指示光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供光刻曝光装置使用以对衬底进行图案化;在产生脉冲突发的同时,以与脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特

征调节器,其中每个离散状态与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束的光谱特征的离散值相对应;在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动光谱特征调节器;以及通过调节以下中的一项或多项来确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给光刻曝光装置的指令、给光谱特征调节器的驱动信号、和/或给光源的指令。

[0041] 实现可以包括以下特征中的一个或多个。例如,控制装置可以被配置为:通过调节给光谱特征调节器的驱动信号,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。控制装置可以被配置为:通过接口,从光刻曝光装置接收关于光刻曝光装置将请求下一突发的产生的时间的指示。控制装置可以:基于从光刻曝光装置接收的指示修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的一个或多个参数,而调节给光谱特征调节器的驱动信号。控制装置可以被配置为:通过修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的频率和相位中的一个或多个,而修改发送到光谱特征调节器的驱动信号的一个或多个参数。

[0042] 控制装置可以被配置为:通过调节给光源的指令,而确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。控制装置可以通过以下方式来调节给光源的指令:相对于从光刻曝光装置对产生下一脉冲突发的请求的接收,将下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段,使得当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。控制装置可以通过以下方式来将下一脉冲突发的产生的时间延迟一段时间:延迟下一脉冲突发,直到当产生下一脉冲突发中的脉冲时光谱特征调节器可以被驱动到一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态。控制装置可以根据由该组参数限定的驱动信号继续驱动光谱特征调节器。

[0043] 控制装置可以被配置为:通过调节给光刻曝光装置的指令,而确保当产生下一突发中的脉冲时,光谱特征调节器处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。控制装置可以通过向光刻曝光装置发送信号来调节给光刻曝光装置的指令,该信号包括与在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动光谱特征调节器的方式有关的信息。控制装置可以被配置为:从光刻曝光装置接收对于下一突发的产生的触发请求,触发请求基于对光刻曝光装置的被调节指令,并且确保下一突发中的脉冲的产生时间与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态的时刻同步。

[0044] 放大光束的光谱特征可以是放大光束的波长。

[0045] 光谱特征调节器可以包括驱动致动器,驱动致动器与控制装置通信并且被配置为在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器。光谱特征调节器可以包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且光学器件的每个离散状态可以对应于光谱特征调节器的离散状态。光学器件的离散状态可以是光学器件与前导光束相互作用的离散位置。光学器件可以包括棱镜,前导光束穿过该棱镜。

[0046] 光学器件可以物理耦合到驱动致动器。

[0047] 光源可以包括:被配置为生成第一脉冲光束的第一气体放电级;以及第二气体放电级,被配置为接收第一脉冲光束并且放大第一脉冲光束从而从光学装置产生放大光束。

[0048] 光源可以包括被配置为输出放大光束的至少一个放大级。

[0049] 光谱特征调节器可以是光谱特征选择装置的一部分,光谱特征选择装置从光源接收前导光束。光谱特征选择装置可以包括:被布置为与前导光束相互作用的色散光学元件;以及在前导光束的路径中布置在色散光学元件与光源之间的多个棱镜。光谱特征调节器可以是多个棱镜中的一个棱镜,光谱特征调节器的一组离散状态是前导光束与棱镜相互作用的棱镜的一组离散位置。通过围绕棱镜轴线旋转到一组离散角度,可以在一组离散位置之间驱动棱镜。

附图说明

[0050] 图1是包括用于将放大脉冲光束提供给光刻曝光装置的光学装置和调节该放大光束的光谱特征的光谱特征调节器的装置的框图;

[0051] 图2A是通过放大光束的两个脉冲突发和一个突发间间隙示出图1的光学装置和光谱特征调节器的操作的时序图;

[0052] 图2B是图2A的时序图的特写图;

[0053] 图3是放大光束的光谱图;

[0054] 图4是图1的光刻曝光装置的实现的框图;

[0055] 图5是图1的装置的实现的框图;

[0056] 图6A是包括至少一个光学器件的光谱特征调节器的实现的示意图;

[0057] 图6B是示出图6A的棱镜中的一个棱镜的操作的实现的示意图;

[0058] 图7A是示出处于与放大光束的第一光谱特征相对应的第一状态或位置的图6A的棱镜的示意图;

[0059] 图7B是示出处于与放大光束的第二光谱特征相对应的第二状态或位置的图7A的棱镜的示意图;

[0060] 图8是图1的光学装置的光源的实现的框图;

[0061] 图9是在脉冲突发的产生期间操作的图1的装置的实现的时序图,并且结合该时序图的讨论示出了该装置的框图;

[0062] 图10是在脉冲突发的产生之间操作的图1的装置的实现的时序图,并且结合该时序图的讨论示出了该装置的框图;

[0063] 图11是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:在脉冲突发的产生之间以与脉冲重复率相关的频率驱动光谱特征调节器,并且图11也是与该时序图有关的装置的对应框图;

[0064] 图12是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:移除在突发间时间间隔之后的下一脉冲突发中的脉冲与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态的时刻之间的时间失配,并且图12也是与时序图相对应的装置的对应框图;

[0065] 图13是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:移除在突发间时间间隔之后的下一脉冲突发中的脉冲与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态的时刻之间的时间失配,并且图13也是与时序图相对应的装置的对应框图;

[0066] 图14是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:移除在突发间时间间隔之后的下一脉冲突发中的脉冲与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态时刻

之间的时间失配,并且图14也是与时序图相对应的装置的对应框图;

[0067] 图15是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:移除在突发间时间间隔之后的下一脉冲突发中的脉冲与光谱特征调节器达到一组离散状态中的一个离散状态时刻之间的时间失配,并且图15也是与时序图相对应的装置的对应框图;

[0068] 图16是以如下方式操作的图1的装置的实现的时序图:提供给光谱特征调节器的正弦驱动信号的频率为脉冲重复率的四分之一;

[0069] 图17A-17D是该装置可以提供给光谱特征调节器的驱动信号的其他实现的图;

[0070] 图18是由图1的装置执行的用于确保被引向光刻曝光装置并且在突发间间隙之后产生的每个脉冲具有一组离散和期望光谱特征之中的期望光谱特征(波长)的过程;

[0071] 图19A至19D是示出在六个脉冲突发中装置的四种不同操作模式的仿真的曲线图,其中来自装置的脉冲的产生被叠加在光谱特征调节器的波形上;

[0072] 图20A至20D是在第二脉冲突发中图19A至19D的相应曲线图的特写图;以及

[0073] 图21是由图1的装置执行的用于确保被引向光刻曝光装置并且在突发间间隙之后产生的每个脉冲具有一组离散和期望光谱特征之中的期望光谱特征(波长)的过程。

具体实施方式

[0074] 参考图1,装置100被设计成确保:当在没有脉冲产生的突发间间隙125之后产生放大光束110的脉冲突发120中的脉冲115时,光谱特征调节器105处于离散状态中。光谱特征调节器105是调节放大光束110的至少一个光谱特征(例如,波长或带宽)的器件或装置。光谱特征调节器105可以是配置为控制或调节放大光束110的一个或多个光谱特征的任何装置。光谱特征调节器105的离散状态对应于放大光束110的光谱特征的离散值。放大光束110由光学装置130产生,并且放大光束110被提供给光刻曝光装置135,光刻曝光装置135使用放大光束110来对衬底140进行图案化。光谱特征的离散值是光刻曝光装置135所期望的光谱特征的一组离散值中的一个离散值。光谱特征调节器105的离散状态的窄范围可以对应于或产生放大光束110的光谱特征的特定值。因此,术语“光谱特征调节器的离散状态”包括与放大光束110的光谱特征的特定期望值相对应的光谱特征调节器105的离散状态的窄范围。

[0075] 光刻曝光装置135设置对放大光束110的一个或多个光谱特征的值的的要求,以便在衬底140上产生期望的图案化或光刻结果。取决于衬底140的图案,光刻曝光装置135需要放大光束110的特定的光谱特征或光谱特征的集合。

[0076] 在一个示例中,光刻曝光装置135要求放大光束110的每个脉冲在用于对衬底140进行图案化时具有从多个离散光谱特征中选择的光谱特征。期望放大光束110的波长在逐脉冲的基础上在一组离散且不同的值之间变化。这可以表示,对于每一相邻脉冲和连续脉冲,波长都会发生变化。替代地,波长对于每隔一个脉冲变化一次(因此,波长对于两个连续脉冲保持在一个离散值,对于两个连续脉冲保持在另一离散值,以此类推)。

[0077] 例如,从光刻曝光装置135的角度来看,改变波长可以产生有价值的结果。特别地,当放大光束110横穿光刻曝光装置135时该放大光束上的色差会导致放大光束110的波长与放大光束110在衬底140处的脉冲的焦平面的位置(沿轴向方向,轴向方向正交于衬底140的图像平面 X_L-Y_L)之间的关联。因此,当放大光束110与衬底140相互作用或入射在衬底140上

时,可能需要改变放大光束110的焦平面。因此,通过改变放大光束110的波长,可以调节放大光束110的焦平面。在该示例中,光刻曝光装置135指示光学装置130以对衬底140进行这种图案化所需要的方式来调节波长。

[0078] 另外,在衬底140上图案化的微电子特征的尺寸取决于放大光束110的波长,其中较低的波长导致较小的最小特征尺寸或临界尺寸。当放大光束110的波长是248nm或193nm时,微电子特征的最小尺寸可以是例如50nm或更小。因为通常期望在衬底140上图案化越来越小的特征,所以放大光束110的脉冲的波长以深紫外(DUV)范围内的波长为中心,例如,波长可以从约10纳米(nm)下降到约400nm。如下所述,放大光束110的波长根据产生放大光束110的光学装置130内的增益介质的组成来确定。

[0079] 装置100包括接口145,该接口145实现光刻曝光装置135与光学装置130之间的通信通道131(可以是有线的或无线的)。例如,信息通过接口145从光刻曝光装置135传送到光学装置130。光学装置130从光刻曝光装置135接收的信息可以包括从光刻曝光装置135到光学装置130的改变放大光束110的一个或多个特性的请求。接口145可以另外从光学装置130向光刻曝光装置135提供信息。光学装置130还包括产生放大光束110的光源150,以及与接口145、光源150和光谱特征调节器105通信的控制装置180。光学装置130可以包括图1中未示出的其他组件。

[0080] 为了观察装置100的操作,参考图2A中的时序图200的示例以及图2B中示出的图200的特写视图2B。时序图200仅示出了放大光束110的脉冲115的两个突发120、以及一个突发间间隙125。在该示例中,光刻曝光装置135将触发信号206发送到接口145,该触发信号206被传送到光学装置130,并且作为响应,光学装置130将驱动信号217发送到光谱特征调节器105。光谱特征调节器105的实际状态(基于驱动信号217而改变)由波形218表示。光谱特征调节器105从图200上的等于0时的静止状态被驱动到图200上的等于 $t(ss)$ 时的稳态。

[0081] 在该示例中,时序图200的区域A对应于第一突发120A,第一突发120A在时间0开始并且在突发间间隙125(未示出)之后发生,随后是在区域B中发生的突发间间隙125B,随后是在时序图200的区域C中发生的第二突发120C。图2A和2B的示例是意在示出基本原理的示意图,并且可能未按比例绘制。例如,在图2A和2B中,每个突发120包括12个脉冲115。然而,脉冲115的突发120可以包括几十到几百或数千个脉冲,并且突发间间隙125B可以长于或短于由时序图200表示的长度。时序图200仅作为示例提供以基本原理。

[0082] 触发信号206可以采用电脉冲207序列的形式,相邻脉冲207在时间上分开一定间隔(对于某些时间范围,其可以是恒定的间隔)。触发信号206序列中的每个电脉冲207指示光学装置130产生放大光束110的脉冲115,以提供给光刻曝光装置135。时序图200示出了触发信号206、放大光束110的脉冲115的序列211、光学装置130提供给光谱特征调节器105的驱动信号217、以及光谱特征调节器105的实际状态的波形218之间的关系的一个示例。控制装置180与接口145以及与光谱特征调节器105相关联的驱动致动器(例如,图5所示的驱动致动器570)通信。控制装置180被配置为从接口145接收关于来自光刻曝光装置135的请求的指示,这种请求包括与脉冲重复率有关的信息。发送到驱动致动器570的驱动信号217基于从光刻曝光装置135接收的该信息。

[0083] 在该示例中示出的驱动信号217具有三角形、连续和周期性的形式。然而,驱动信号217不限于三角形。如稍后将详细讨论的,其他形状也是可能的,例如正弦驱动信号或方

形驱动信号。驱动信号217是任何信号形状,其通过各种位置或状态的连续方式驱动或修改光谱特征调节器105,以引起光谱特征调节器105在各种时刻以多个目标离散状态(例如,在第一状态218a处和第二状态218b处)中的一个状态存在。尽管在图2A中仅示出了两个目标离散状态218a和218b,但是可以存在两个以上的目标或期望离散状态。例如,中间状态(例如,状态218a和218b之间的状态)可以成为目标状态或期望状态。

[0084] 虽然在图2A和2B中未示出,但是当适当地操作时,例如,在稳定状态期间,并且当信号(诸如脉冲序列211、驱动信号217和波形218)被正确对准时,多个中的每个目标离散状态218a和218b对应于放大光束110的光谱特征的离散和目标值。此外,驱动信号217还在目标离散状态218a和218b之间沿波形218上的所有状态驱动光谱特征调节器105。因此,如果在光谱特征调节器105处于中间状态时(例如,在区域A中的时刻218c)产生脉冲115,则该脉冲115将具有不是作为通过光刻曝光装置135而规定的目标或期望的光谱特征之一的的光谱特征。下面参考区域C对此进行更详细的讨论。

[0085] 光谱特征调节器105的实际状态由波形218表示。光谱特征调节器105的状态可以是光谱特征调节器105的位置。此外,因为光谱特征调节器105的每个位置对应于光谱特征的特定值,当产生脉冲115时在波形218处的值提供了脉冲115的实际光谱特征。

[0086] 与处于第一状态218a中的光谱特征调节器105同时产生的放大光束110的脉冲115具有第一目标光谱特征(例如,第一波长)。与处于第二状态218b中的光谱特征调节器105同时产生的放大光束110的脉冲115具有第二目标光谱特征(例如,第二波长)。第一和第二光谱特征是目标或期望的光谱特征以供光刻曝光装置135使用。光刻曝光装置135要求当产生每个脉冲115时光谱特征调节器105处于与放大光束110的光谱特征的离散值和目标值相对应的离散状态(218a或218b)中的一个离散状态中。

[0087] 如区域A所示,在突发120A的开始时,在光学装置130处(通过接口145)接收第一触发脉冲207_1A。然而,光学装置130在时间延迟 t_1 (相对于第一触发脉冲207_1A测量)之后产生放大光束110的第一脉冲115_1A。该时间延迟 t_1 是光学装置130的设计所固有的,因为光学装置130需要一些时间来对第一触发脉冲207_1A做出反应。例如,光学装置130处理(接收和分析)第一触发脉冲207_1A,然后向光源150提供信号以产生第一脉冲115_1A。从接收第一触发脉冲207_1A到产生放大光束110的第一脉冲115_1A之间所花费的时间对应于该时间延迟 t_1 。此外,该时间延迟 t_1 被传递到该突发120A中的脉冲115的序列211中的每个脉冲115。这表示,序列211中的每个脉冲115相对于电触发脉冲207被延迟,该电触发脉冲207指示光学装置130产生该特定脉冲。此外,通常,对于序列211中的每个脉冲115,该时间延迟 t_1 是相同的,因为从接收电触发脉冲207到产生对应脉冲115所花费的时间通常不改变。

[0088] 在区域A中(以及在区域B和C中),放大光束110的脉冲重复率 R_p 保持恒定。放大光束110的脉冲重复率 R_p 是通过光学装置130产生放大光束110的脉冲115的速率。放大光束110的脉冲重复率 R_p 是 $1/\tau$,其中 τ 是相邻脉冲115的产生之间的时间。此外,相邻脉冲115的产生之间的时间 τ 也是相邻电触发脉冲207的产生之间的时间。在一些实现中,脉冲重复率 R_p 在千赫兹(kHz)的量级(例如,6kHz),并且在该示例中,相邻脉冲115的产生之间的时间 τ 为167微秒(μs)。放大光束110的脉冲重复率 R_p 由光刻曝光装置135设置。因此,脉冲重复率 R_p 是从光刻曝光装置135传送到接口145的信息的一部分。通常,光刻曝光装置135要求对于放大光束110的脉冲115的特定突发120而言重复率 R_p 保持恒定(或在特定范围内)。

[0089] 此外,每个脉冲115的持续时间(在图2A和2B中未传送)远小于相邻脉冲之间的时间。脉冲115的持续时间可以是其中脉冲115的强度超过最小强度的时间。在一些实现中,脉冲115的持续时间至少为小于时间 τ 的数量级。例如,脉冲115的持续时间可以为数十或数百(例如,100)纳秒(ns)的量级,并且相邻脉冲115之间的时间 τ 可以为约167 μ s。

[0090] 虽然在图2A和2B中未示出,但是光刻曝光装置135可以替代地请求光学装置130改变放大光束110的脉冲重复率 R_p 。这种改变可以在产生突发120的时间之外(即,之前)被传送到光学装置130。或者,这种改变可以通过接收触发信号206中的电触发脉冲207的速率的变化来传送。在一些实现中,光刻曝光装置135在下一突发开始之前传送预期的、目标的或计划的重复率,以作为帮助光学装置130准备光谱特征调节器105的方式。但是这个传送单独不会影响重复率的变化,因为实际变化将通过触发信号206的变化来传送。脉冲重复率 R_p 的变化在时序图200中示出为相邻触发脉冲206之间的时间变化(其这导致 τ (即相邻脉冲115的产生之间的时间)的改变)。

[0091] 驱动信号217具有由控制驱动信号217的形状的一组参数限定的形式或形状。一个参数是频率 ω 或每单位时间的驱动信号217的周期的出现次数。频率 ω 与其完成一个周期所需要的时间 κ 成反比(例如,从值217a变为值217b再回到值217a(一个周期)所需要的时间)。驱动信号217的另一参数是相位,其对应于在特定时间的形状的位置。在一些实现中,驱动信号217的频率 ω 等于或是放大光束110的脉冲重复率 R_p 或为该脉冲重复率 R_p 的整数倍,以确保每个脉冲的产生与光谱特征调节器105处于离散状态218a或218b中的一个离散状态中相一致,例如,如果脉冲重复率 R_p 为6000Hz,则频率 ω 可以为6000Hz或12,000Hz。在其他实现中,驱动信号217的频率 ω 是放大光束110的脉冲重复率 R_p 的分数(例如,一半或四分之一)。例如,如果脉冲重复率 R_p 为6000Hz,则频率 ω 可以是3000Hz或1500Hz。

[0092] 光谱特征调节器105的波形218由驱动信号217确定。因此,在时间0的驱动信号217的开头开始光谱特征调节器105的操作。在该示例中,在时序图200的区域A中,光谱特征调节器105在时刻0从静止状态被驱动。也就是说,在时刻0之前,装置100的状态可以是使得没有脉冲115产生。例如,装置100可以在图200中的时间0之前在没有脉冲产生的突发间间隙125中操作,。从脉冲产生的观点来看,没有必要在突发间间隙125期间继续驱动光谱特征调节器105,因为在这个时候不需要产生脉冲115。因此,在时序图200的该特定示例中,驱动信号217在时间0之前被中断,并且因此,光谱特征调节器105实际上在时间0之前被中断。例如,在时间0之前(时序图200的开始)和在突发间间隙125期间,光谱特征调节器105中与放大光束相互作用(形成放大光束110)的光学元件的选择或平移将被中断。在这种情况下,发送到光谱特征调节器105的驱动信号217在时间0处重新启动(一旦它接收到触发信号206的第一脉冲207)。突发120A中的驱动信号217的重新启动引起光谱特征调节器105被再次驱动。例如,驱动信号217开始光谱特征调节器105中光学元件的旋转或平移。但是,从时序图200可以明显看出,在时间0处从中断起的这种重新启动会引起一些问题,这些问题可能导致脉冲115的时序与光谱特征调节器105处于两种状态218a和218b中的一个状态中时的时刻之间的失配。

[0093] 首先,光谱特征调节器105是经受动态位置瞬变的物理设备,并且其对这种重新启动的相位响应(即,从中断状态或静止状态转变至时间 $t(ss)$ 处的稳态需要多长时间)随其对这些瞬变的响应而变化。瞬变是由于系统中的电压或负载的突然变化而在系统中(特别

是在光谱特征调节器105的操作中)发生的暂态振荡或变化(例如,振铃、方向的过早反转、较高的频率周期)。这是因为,光谱特征调节器105是动态系统的一部分,并且包括如下的组件组件(例如,图5所示的驱动执行器570、和模拟电路系统):该组件的相位响应随其被驱动所凭借的频率而变化。特别地,光谱特征调节器105经历定位瞬变,该定位瞬变以如何驱动光谱特征调节器105的方式且以复杂的方式调制或影响正确时序。这些瞬变在波形218的形状中是明显的,该波形是不规则的,并且不能将状态218a和218b与每个脉冲115的产生正确地对准。光谱特征调节器105不具有对其输入信号(驱动信号217)的瞬时响应。从波形218的形状可以明显看出,光谱特征调节器105在瞬变状态或中间状态下被驱动了相当长的一段时间,然后它在时间 $t(ss)$ 附近稳定为稳态操作。

[0094] 此外,光谱特征调节器105进入其稳态操作的时间 $t(ss)$ 可以或可以不出现在当前突发120A中或甚至下一突发间间隙125B中。光谱特征调节器105开始稳态操作的时刻由特定突发120A中的脉冲数以及突发间间隙125B中的时间量决定,甚至光谱特征调节器105在进入稳态操作之前可能需要几个脉冲周期。

[0095] 第二,光学装置130不知道何时光刻曝光装置135将请求脉冲115的另一突发120。因此,不可能预测光谱特征调节器105何时应当达到稳定状态,因此,还不可能预测光谱特征调节器105何时应当处于两个状态218a或218b中的一个状态中。

[0096] 在突发120A的末尾(在时序图200中的区域A的末尾),光刻曝光装置135中断触发信号206的产生,这导致来自放大光束110的脉冲115的序列211的停止。在没有脉冲产生的此时间(此时间与时序图200的区域B相对应,并且示意性地与突发间间隙125B相对应),光刻曝光装置135通常采取衬底140的直接图案化以外的其他动作。例如,光刻曝光装置135可以利用该时间将衬底140移动到新位置,以对衬底140的不同区域进行图案化,如下文更详细地讨论。

[0097] 一旦光刻曝光装置135准备好在衬底140上恢复图案化,例如,一旦光刻曝光装置135完成所有其他动作,光刻曝光装置135将另一触发脉冲207_1C发送到接口145从而要求光学装置130开始产生放大光束110的脉冲115的下一突发120C。区域A中的最后触发脉冲207_12A与区域C中的第一触发脉冲206_1C之间的时间是触发突发间时间间隔 T_L 。光学装置130不能预测光刻曝光装置135何时将准备好恢复图案化并且请求脉冲115的下一突发120C。因此,光学装置130事先不知道触发突发间时间间隔 T_L 。

[0098] 在触发突发间时间间隔 T_L 期间,产生突发120A的最后脉冲115_12A,然后在突发120A的最后脉冲115_12A与突发120C的第一脉冲115_1C之间产生突发间时间间隔 T 。脉冲产生的突发间时间间隔 T 在时间上从触发突发间时间间隔 T_L 偏移了时间 t_1 。此外,突发间时间间隔 T 等于触发突发间时间间隔 T_L 。

[0099] 如上所述,从突发间时间间隔 T 期间的脉冲产生的观点来看,在突发间时间间隔 T 期间没有必要继续驱动光谱特征调节器105,因为此时没有脉冲115产生。然而,如上所述,光谱特征调节器105需要大量时间从静止状态进入稳态(例如,在时间 $t(ss)$ 处),并且在该中间状态期间,光谱特征调节器105不是规则形状并且很难预测光谱特征调节器105何时处于离散状态218a或218b中的一个状态中。

[0100] 解决这些问题的第一步是在突发间时间间隔 T 期间,即在脉冲115的突发120A的产生与脉冲115的突发120C的产生之间,继续用驱动信号217驱动光谱特征调节器105。换言之

之,在突发间时间间隔T期间,驱动信号217没有停止。因此,光谱特征调节器105没有进入静止状态,也不需要从静止状态转变为稳定操作状态,因此避免了中间状态(例如,在时间0和 $t(ss)$ 之间),如图2A所示。

[0101] 在突发间时间间隔T期间,以与光学装置130已经从光刻曝光装置135接收的信息有关的方式,驱动光谱特征调节器105。从光刻曝光装置135接收的这种信息可以在脉冲115的突发120A的末尾之前接收。或者,从光刻曝光装置135接收的信息可以在突发间时间间隔T内接收。

[0102] 然而,即使光谱特征调节器105在没有任何其他改变的情况下在突发间时间间隔T期间继续被驱动,仍然不可能预测光刻曝光装置135何时将请求脉冲115的下一突发120C。脉冲的下一突发120C中的第一脉冲115_{1C}将相对于在触发突发间时间间隔 T_L 之后的第一触发脉冲207_{1C}延迟时间 t_1 。这样的时间 t_1 通常是已知的。然而,在第一脉冲115_{1C}的产生与光谱特征调节器105处于第一状态218a中的时刻之间存在时序失配 err_k 。

[0103] 装置100被设计和操作以确保:当突发120C中的脉冲115_{iC}(可以是或可以不是第一或初始脉冲115_{1C})被生产时,光谱特征调节器105处于状态218a或218b中的一个状态中。在讨论装置100的设计和操作之前,提供了装置100的结构和操作的一般描述,上述设计和操作涉及确保:当在没有产生脉冲的突发间间隔125之后产生放大光束110的脉冲突发120中的脉冲115时,光谱特征调节器105处于离散状态218a或218b中。

[0104] 参考图3,放大光束110的光谱特征是放大光束110的光谱300的任何方面或表示。光谱300可以称为发射光谱。光谱300包含关于光能、光谱强度或功率如何分布在不同波长上的信息。以图表或曲线图的形式描绘了放大光束110的光谱300,在该图表或曲线图中,根据波长(或光频率,与波长成反比)302,绘制光谱强度301(不一定经过绝对校准)。

[0105] 光谱特征的一个示例是带宽,带宽是光谱300的宽度303的度量。该宽度可以根据激光的波长或频率来给出。与光谱300的细节有关的任何合适的数学构造(即,度量)可以用于估计表征放大光束110的带宽的值。例如,在光谱300的最大峰值强度的分数(X)处的光谱的整个宽度(称为FWXM)可以用于表征放大光束110的带宽。作为另一示例,包含积分光谱强度(称为EY)的分数(Y)的光谱300的宽度可以用于表征放大光束110的带宽。

[0106] 光谱特征的另一示例是波长,该波长可以是在特定(例如,最大)光谱强度下的光谱300的波长值304。

[0107] 参考图4,放大光束110的脉冲115的突发120可以对应于在光刻曝光装置135中图案化的衬底140上的曝光场400。曝光场400是在曝光窗口405的一次扫描中曝光的衬底140的区域,曝光窗口405是在一个照射剂量中曝光的衬底140的照射区域。在光刻期间,放大光束110的多个脉冲115照射衬底140的相同区域以形成照射剂量。照射曝光窗口405的放大光束110的脉冲115的数目N和曝光窗口405的大小可以通过在光刻曝光装置135内放置在掩模415之前的曝光狭缝410来控制。在一些实现中,N的值以十为单位,例如10-100个脉冲。在其他实现中,N的值大于100个脉冲,例如,从100-1000个脉冲。突发120中的脉冲数目可以等于形成照射剂量的脉冲115的数目N。

[0108] 除了其他特征,光刻曝光装置135还包括一个或多个聚光透镜、和物镜装置430。掩模415可以沿一个或多个方向移动,例如沿 Z_L 方向(通常对应于光束110的轴向方向)或在垂直于 Z_L 方向的 X_L - Y_L 平面内。物镜装置430包括投影透镜,并且使得图像转印能够从掩模415

进行到衬底140上的光致抗蚀剂。光刻曝光装置135还可以包括光束均化器(未示出),该光束均化器被配置为使光束110在掩模415上的强度分布均质化(均匀化)。光刻曝光装置135可以包括光刻控制器、空调装置、和用于各种电子组件的电源。光刻控制器控制如何在衬底140上印刷层,并且还通过接口145通信。

[0109] 在一些实现中,可以提供浸没介质以覆盖衬底140。浸没介质可以是用于液体浸没光刻的液体(例如,水)。在其中光刻是干燥系统的其他实现中,浸没介质可以是诸如干燥氮气、干燥空气或清洁空气等气体。在其他实现中,衬底140可以暴露在压力受控的环境(例如,真空或部分真空)中。

[0110] 还参考图5,示出了光学装置130的实现。在该实现中,光谱特征调节器105包括至少一个光学器件551,该光学器件551与来自光源150的前导光束595以光学方式相互作用。前导光束595可以是最终形成放大光束110的光束。例如,前导光束595可以是尚未放大的光束。

[0111] 光谱特征调节器105包括具有被物理地耦合到光学器件551的机械或电磁特征的驱动致动器570。驱动致动器570通过通信通道571与控制装置180通信,该通信通道571可以是有线或无线的。例如,驱动信号通过通信通道571从光学装置130(经由控制装置180)提供给驱动致动器570。驱动致动器570引起光学器件551被驱动,即,被修改、移动或改变,使得光学器件551在一组离散状态之间改变。例如,光学器件551可以被驱动以沿路径连续移动,并且在沿该路径移动的同时,光学器件551可以停在一组离散位置或部位处或经过一组离散位置或部位。每个离散位置对应于光谱特征调节器105的离散状态。在每个离散位置,光学器件551与前导光束595相互作用,使得光学器件551选择在每个离散位置处的前导光束595的特定的预设、目标或期望的光谱特征。

[0112] 控制装置180通过通信信道582与光源150通信,该通信信道582可以是有线或无线的。可以沿通信信道582从控制装置180向光源150提供控制信号,以控制由光源150产生的放大光束110的脉冲的产生。

[0113] 参考图6A,示出了包括至少一个光学器件的光谱特征调节器605的实现。在该实现中,光谱特征调节器605包括一组折射光学元件或棱镜650、651、652、653、和衍射光学元件或光栅655。棱镜和光栅中的任何一个或多个可以用于调节前导光束595的波长,并且棱镜和光栅中的任何一个或多个可以用于调节前导光束595的带宽。棱镜和光栅可以被配置为针对一个或多个光谱特征进行粗略控制,这表示光谱特征的变化具有相对较大的步长,并且发生在相对较慢的时间范围内。棱镜和光栅可以被配置为针对一个或多个光谱特征提供精细控制,这表示对光谱特征的改变具有相对较小的步长并且在相对较快的时间范围内发生。

[0114] 每个棱镜是透射式棱镜,该透射式棱镜用于在前导光束595穿过棱镜主体时分散和重定前导光束595。每个棱镜可以由允许具有前导光束595的波长的光透射的材料(例如,氟化钙)制成。此外,尽管示出了四个棱镜,但是要在光谱特征调节器605中使用的数目少于四个或大于四个。

[0115] 光栅655可以是反射式光栅,该反射式光栅被设计为分散并且反射前导光束595;因此,光栅655由适于与具有在DUV范围内的波长的前导光束595相互作用的材料制成。光栅655可以是高闪耀角阶梯光栅(Echelle grating),并且以满足光栅方程的任何入射角入射

在光栅655上的前导光束595将被反射(衍射)。光栅方程提供了光栅655的光谱阶数、衍射光束的波长、前导光束到光栅655上的入射角、从光栅655衍射的前导光束的出射角、入射到光栅655上的前导光束的垂直发散度、以及光栅655的衍射表面的凹槽间距之间的关系。此外,如果使用光栅655使得前导光束595到光栅655上的入射角等于前导光束595从光栅655的出射角度,则光栅655和一组棱镜650、651、652、653布置成利特罗结构并且来自光栅655的前导光束595的波长是利特罗波长。

[0116] 可以通过改变前导光束595入射到光栅655的衍射表面656上的入射角来调节前导光束595的波长。前导光束595的带宽可以通过改变前导光束595的光学放大倍率来调节。棱镜650、651、652、653中的任何一个的旋转都会影响该入射角和光学放大率中的一个或多个。特别地,参考图6B,特定棱镜P(可以是650、651、652、653中的任何一个)的旋转改变了前导光束595入射到该旋转棱镜P的入射表面H(P)上的入射角。此外,该旋转棱镜P局部的两个光学品质是前导光束595入射在该旋转棱镜P的入射表面上的入射角的函数。这两个局部光学品质是局部光学放大率 $OM(P)$ 和局部光束折射角 $\delta(P)$ 。穿过棱镜P的前导光束595的光学放大率 $OM(P)$ 是离开该棱镜P的前导光束595的横向宽度 $W_o(P)$ 与进入该棱镜P的前导光束595的横向宽度 $W_i(P)$ 之比。前导光束595在一个或多个棱镜650、651、652、653处的局部光学放大率 $OM(P)$ 的变化引起前导光束595的光学放大倍率的整体变化,这导致了前导光束595的带宽的变化。并且,穿过一个或多个棱镜650、651、652、653的局部光束折射角 $\delta(P)$ 的变化引起前导光束595在光栅655的表面656上的入射角的整体变化。

[0117] 因为特定棱镜P的旋转引起该棱镜P处的局部光束折射角 $\delta(P)$ 和局部光学放大率 $OM(P)$ 两者的变化,所以波长的控制和带宽的控制在该设计中是关联的。然而,与另一棱镜的旋转相比,特定棱镜的旋转可能对特定光谱特征的控制有较大的影响。

[0118] 例如,在一种实现中,棱镜651绕其棱镜轴(与Z轴平行)旋转以改变前导光束595的波长。在该实现中,棱镜651可以被视为与前导光束595相互作用的光学器件551。驱动致动器670物理耦合到棱镜651,并且还与光学装置130内的控制装置180通信。

[0119] 驱动致动器670是用于移动(例如,平移或旋转)并且控制棱镜651的位置和/或取向的机械装置。驱动致动器670从控制装置180接收能量并且将该能量转换成赋予至棱镜651的某种运动。例如,驱动致动器670可以是力装置或旋转台。驱动致动器670可以包括例如诸如步长马达等马达、阀、压力控制装置、压电装置、线性马达、液压致动器或音圈。

[0120] 参考图7A和7B的示例,通过绕其棱镜轴线PA(沿图6A、6B、7A和7B中的Z方向)旋转到一组离散角度,棱镜651通过驱动致动器670在一组离散位置之间被驱动。在该特定示例中,在图7A中,棱镜651位于第一局部光束折射角 $\delta(1)$ 。在第一局部光束折射角 $\delta(1)$ 处,前导光束595以第一入射角 $\theta(1)$ 入射在光栅655的表面656上。在图7A中,为清楚起见,仅示出了前导光束595的中心线。在该第一入射角 $\theta(1)$ 处,光栅655衍射并且反射前导光束595的第一波长。在图7B中,棱镜651已经围绕棱镜轴PA旋转到第二局部光束折射角 $\delta(2)$ 。在第二局部光束折射角 $\delta(2)$ 处,前导光束595以第二入射角 $\theta(2)$ 入射在光栅655的表面656上。在图7B中,为清楚起见,仅示出了前导光束595的中心线。在该第二入射角 $\theta(2)$ 处,光栅655衍射并且反射前导光束595的第二波长。如上所述,棱镜651的旋转也可以影响前导光束595的带宽。如果发生这种情况,则可能是带宽受到了微不足道的影响,或者另一棱镜(例如,棱镜650、652、653)旋转以抵消带宽的变化。

[0121] 参考图8,在一些实现中,光源150是脉冲激光光源850,该脉冲激光光源850产生脉冲激光束作为放大光束110。光源850是两级系统,该两级系统包括:第一气体放电级和第二气体放电级。第一放电级包括第一气体放电室,该第一气体放电室容纳能量源并且容纳包含第一增益介质的气体混合物。第二气体放电级包括第二气体放电室,该第二气体放电室容纳能量源并且容纳包含第二增益介质的气体混合物。

[0122] 第一气体放电级包括主振荡器(MO) 800,第二气体放电级包括功率放大器(PA) 810。MO 800向PA 810提供种子光束895。主振荡器800通常包括增益介质(其中发生放大)和光反馈机制(诸如光谐振器)。功率放大器810通常包括增益介质,当用来自主振荡器800的种子激光束进行散布时,在该增益介质中发生放大。如果功率放大器810被设计为再生环形谐振器,则其被描述为功率环形放大器(PRA),并且在这种情况下,环形设计可以提供足够的光反馈。光谱特征调节器105从主振荡器800接收前导光束595,以在相对较低的输出脉冲能量下对光谱参数(诸如光束895的中心波长和带宽)实现精细调整。功率放大器810从主振荡器800接收光束895,并且放大该输出以实现必要输出功率,以供光刻曝光装置135进行光刻。

[0123] 主振荡器800包括具有两个细长电极的放电室、用作增益介质的激光气体、以及使气体在电极之间循环的风扇。激光谐振器形成在放电室一侧的光谱特征调节器105与放电室的第二侧的输出耦合器815之间,以将种子光束895输出到功率放大器810。

[0124] 光源850还可以包括:接收来自输出耦合器815的输出的线中心分析模块(LAM) 820、以及根据需要修改光束的大小和/或形状的一个或多个光束修改光学系统825。线中心分析模块820是可以用于测量种子光束895的波长(例如,中心波长)的一种类型的测量系统的示例。可以被包括在光源850中的另一种测量系统是带宽分析模块(图8中未示出),该带宽分析模块被配置为测量或估计放大光束110的带宽。

[0125] 功率放大器810包括功率放大器放电室,并且如果是再生环形放大器,则功率放大器还包括光束反射器或光束转向装置830,其将光束反射回放电室以形成循环路径。功率放大器放电室包括一对细长电极、用作增益介质的激光气体、以及用于使气体在电极之间循环的风扇。种子光束895通过反复穿过功率放大器810而被放大。光束修改光学系统825提供了内耦合种子光束895并且外耦合来自功率放大器的被放大辐射一部分以形成放大光束110的方式(例如,部分反射镜)。

[0126] 在主振荡器800和功率放大器810的放电室中使用的激光气体可以是用于产生在期望波长和带宽附近的激光束的任何合适的气体。例如,激光气体可以是发出波长约193nm的光的氟化氩(ArF)、或发出波长约248nm的光的氟化氪(KrF)。

[0127] 线中心分析模块820监测主振荡器800的输出(种子光束895)的波长。线中心分析模块820可以放置在光源850内的其他位置,也可以放置在光源850的输出端处。

[0128] 通常,控制装置180包括数字电子电路系统、计算机硬件、固件和软件中的一个或多个。控制装置180包括存储器,存储器可以是只读存储器和/或随机存取存储器。适用于有形地体现计算机程序指令和数据的存储设备包括所有形式的非易失性存储器,包括(举例来说):半导体存储设备,例如EPROM、EEPROM和闪存设备;磁盘,例如内部硬盘和可移动磁盘;磁光盘;以及CD-ROM磁盘。控制装置180还可以包括一个或多个输入设备(例如,键盘、触摸屏、麦克风、鼠标、手持式输入设备等)和一个或多个输出设备(例如,扬声器或监测器)。

[0129] 控制装置180包括一个或多个可编程处理器、以及有形地体现在机器可读存储设备中以由一个或多个可编程处理器执行的一个或多个计算机程序产品。一个或多个可编程处理器可以各自执行指令程序,以通过对输入数据进行操作并且生成适当的输出来执行期望功能。通常,处理器从存储器接收指令和数据。前述内容中的任何一项都可以由专门设计的ASIC(专用集成电路)补充或并入其中。

[0130] 控制装置180包括一组模块,每个模块包括由一个或多个处理器(例如,处理器)执行的一组计算机程序产品。而且,该组模块中的任何模块可以访问存储在存储器中的数据。每个模块可以与装置100的专用其他组件(例如,光源150、接口145、光谱特征调节器105或光刻曝光装置135)通信。每个模块可以从其他组件接收数据,然后根据需要分析这样的数据。每个模块可以与一个或多个其他模块通信。

[0131] 尽管控制装置180被表示为框(其所有组件可以在其中放置),但是控制装置180可以由物理上彼此远离的组件组成。例如,特定模块可以与光源150在物理上共处一处,或者特定模块可以与光谱特征调节器105在物理上共处一处。

[0132] 通常,控制装置180可以执行本文中未讨论的功能。例如,控制装置180可以从光学装置130中的测量系统(未示出)接收关于放大光束110的至少一些信息,并且内部光谱特征分析模块对该信息进行分析,以确定如何调节提供给光刻曝光装置135的放大光束110的一个或多个光谱特征(例如,带宽)。基于此确定,控制装置180向光谱特征调节器105和/或光源150发送信号,以控制光源150的操作。

[0133] 参考图9,时序图900A示出了在脉冲115的突发120的产生期间装置100如何操作的一种实现,并且结合时序图900A的讨论示出了装置100的框图。时序图900A仅示出了放大光束110的16个脉冲915。然而,突发120可以包括少于或大于16个脉冲,并且图9所示的信号可以在超过图9所示的内容的时间中延伸。在该实现中,从光刻曝光装置135提供给接口145(并且被传送到控制装置180)的信息H包括触发信号906。触发信号906呈电脉冲907序列的形式,相邻电脉冲907以大体上恒定的间隔按时间 t_p 分开,该恒定的间隔与放大光束110的期望脉冲重复率 R_p 成反比。每个电脉冲907指示光学装置130(通过控制装置180)产生放大光束110的一个脉冲915,并且脉冲序列911中的相邻脉冲915之间的时间间隔为 τ (其与间隔时间 t_p 相关或相等)。以这种方式,以由 $1/\tau$ 限定的脉冲重复 R_p 产生放大光束110。

[0134] 在图9的实现中,驱动信号917通过通信信道971从光学装置130(经由控制装置180)被提供给光谱特征调节器105。光谱特征调节器105的实际状态(其基于驱动信号917而改变)由波形918表示。驱动信号917的形状由一组参数限定。在该实现中,驱动信号917具有连续的正弦(并且因此是周期性的)形状,该形状在其两个离散状态918a和918b之间驱动光谱特征调节器105,这两个状态918a和918b是光刻曝光装置135的目标或所期望的。另外,在该实现中,每当产生突发中的脉冲915时,光谱特征调节器105处于其离散状态918a或918b中的一个离散状态中。在图9中,假定光谱特征调节器105已经达到稳定状态,并且光谱特征调节器105与脉冲915的产生之间的时序被同步。因此,在离散状态918a,光谱特征调节器105选择此时产生的脉冲915的光谱特征(例如,波长 λ_a)的离散值。并且,在离散状态918b,光谱特征调节器105选择此时产生的脉冲915的光谱特征(例如,波长 λ_b)的离散值。例如,如果光谱特征调节器105被设计为如图6A-7B所示,则光谱特征调节器605包括棱镜651,该棱镜651可以围绕其棱镜轴PA在两个不同的并且在该示例中为极端的状态之间旋转。并且,当

处于第一状态(例如,如图7A所示)中时,棱镜651位于第一局部光束折射角 $\delta(1)$,而在处于第二状态(例如,如图7B所示)中时,棱镜651位于第二局部光束折射角 $\delta(2)$ 。

[0135] 参考图10,时序图900B示出了装置100如何在产生脉冲115的突发120之间操作的一种实现。另外,结合对时序图900B的讨论示出了装置100的框图。时序图900B仅示出了在区域B(突发间间隔)的任一侧的放大光束110的两个脉冲915。突发间间隔的持续时间可以长于或短于图10所示的时间,并且所示出的信号可以在超出图10所示的时间中延伸。在这种实现中,在突发间间隔期间,中断由光刻曝光装置135提供给接口145的触发信号906的电脉冲907,以中断从光学装置130产生脉冲115。

[0136] 尽管如此,即使没有电脉冲907被提供给接口145,光学装置130(通过控制装置180)仍然继续根据驱动信号917驱动光谱特征调节器105,该驱动信号917由该组参数限定。通过在突发间间隔期间驱动光谱特征调节器105,光谱特征调节器105继续以稳态模式被驱动。不存在光谱特征调节器105必须从静止模式(光谱特征调节器105例如在图2A中的时间0处处于静止或固定状态)转变到稳态模式(例如,在图2A中的 $t(ss)$ 处)的时间。如以上关于图2A讨论的,从静止模式到稳态模式的转变导致包括光谱特征调节器105和控制装置180的整个系统上的电压或负载的突然变化,并且这导致发生不必要的瞬变。

[0137] 通过在突发间间隔期间驱动光谱特征调节器105,不存在光谱特征调节器105必须从静止模式(其中光谱特征调节器105静止或固定)转变到稳定模式状态模式的时间,从而避免了这些不希望的瞬变。实际上,光谱特征调节器105总是在稳态下被控制或操作。

[0138] 虽然本文中并没有详细讨论,但是每当光刻曝光装置135请求改变脉冲重复率 R_p 时,瞬态仍然可能发生,因为在这种情况下,给光谱特征调节器105的驱动信号917的频率可能需要改变。

[0139] 在一些实现中,在突发间间隔期间,光学装置130(经由控制装置180)以与从光刻曝光装置135接收的信息H有关的方式继续驱动光谱特征调节器105。

[0140] 此外,与图2A所示的情况不同,图10的实现确保:当产生下一突发中的脉冲915时,光谱特征调节器105处于离散状态918a或918b中的、与放大光束110的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。换言之,装置100确保:在突发间间隔之后发射的脉冲915具有光刻曝光装置135所需要的光谱特征(例如,波长)。有很多不同方式可以用于装置100确保:在突发间间隔之后发射的脉冲915具有光刻曝光装置135所需要的光谱特征(例如,波长)。接下来将讨论这些不同的方式。装置100可以在任何时刻或在突发间间隔内实现这些方式中的两种或更多种方式,以确保在突发间间隔之后发射的脉冲915具有光刻曝光装置135所需要的光谱特征(例如,波长)。因此,下面讨论的方式之一可能不足以确保这种情况的发生,但是这些方式中的两种方式的组合就足够了。

[0141] 参考图11,在一种实现中,在突发间间隔期间(在脉冲915的突发的产生之间),以与由光刻曝光装置135期望并且由光刻曝光装置135设定的脉冲重复率 R_p 相关的频率 ω 来驱动光谱特征调节器105。图11示出了时序图1100B,时序图1100B表示在脉冲115的突发120的产生之间装置100如何操作的实现、以及与时序图1100B有关的装置100的对应框图。脉冲重复率 R_p 是提供给接口145的信息H的一部分,并且等于 $1/\tau$ (这是脉冲915之间的时间)。因此,正弦驱动信号1117的频率 ω 使得在频率 ω 与脉冲重复率 R_p 之间具有相关性: $\text{corr}(\omega, R_p)$ 。例如,如图11所示,正弦驱动信号1117的频率 ω 是脉冲重复率 R_p 的一半。频率 ω 是 $1/\kappa$,

其中 κ 是正弦驱动信号1117的周期。在该示例中,正弦驱动信号1117的周期 κ 是脉冲915之间的时间 τ 的两倍。

[0142] 即使以与脉冲重复率 R_p 相关的频率 ω 驱动光谱特征调节器105,在突发间时间间隔 T 之后的下一脉冲突发中的脉冲915的产生与光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻之间,仍然可能存在时间失配。该失配在图11中示出。该失配仍然可能的原因是,光学装置130可能无法预测或不知道光刻曝光装置135何时将在触发信号906中的另一电脉冲907发送至接口145。换言之,光学装置130不知道触发突发间时间间隔 T_L 的持续时间。因此,光学装置130将不能适当地使光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻与下一突发中的脉冲915的产生时刻同步。

[0143] 参考图12,示出了时序图1200B的实现、以及与时序图1200B相对应的装置100的框图。在该实现中,移除了在突发间时间间隔 T 之后的下一脉冲突发中的脉冲915与光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻之间的时间失配。在该实现中,调节触发突发间时间间隔 T_L ,并且因此调节突发间时间间隔 T ,使得突发间时间间隔 T 是当前脉冲重复率 R_p 下脉冲915之间的时间间隔 τ 的整数倍。也就是说, $T = \tau \times i$,其中 i 是整数。

[0144] 在图11的实现中,需要改变控制装置180的操作,以便改变在突发间间隔期间驱动光谱特征调节器105的方式。相比之下,在图12的实现中,需要改变光刻曝光装置135的操作,以改变触发突发间时间间隔 T_L 。

[0145] 虽然图12将突发间时间间隔 T 示出为与最后突发中的最后脉冲的产生与下一突发中的第一脉冲的产生之间的时间间隔相对应,但是可能存在突发间时间间隔与基于相应的最后突发和下一突发中的其他脉冲的时间间隔相对应。例如,突发间时间间隔 T 可以与激光脉冲(例如,图2A中的突发120A的脉冲115_12A)的产生与下一突发的第一脉冲之后的脉冲(例如,图2A中的突发120C的脉冲115_1C之后的脉冲)的产生之间的时间间隔相对应。

[0146] 参考图13,示出了时序图1300B的实现、以及与时序图1300B相对应的装置100的框图。移除在突发间间隔时间 T 之后的下一脉冲突发中的脉冲915与光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻之间的时间失配。

[0147] 在该实现中,来自光刻曝光装置135的信息 H 包括关于光刻曝光装置135向接口145发送下一脉冲突发的第一电触发脉冲907_1C的时间的指示1309。指示1309由控制装置180在第一电脉冲907_1C之前接收。利用该附加信息(指示1309),并且假定指示1309与第一电触发脉冲907_1C之间有足够的時間,则在提供给光谱特征调节器105的驱动信号1317未修改的情况下,控制装置180可以确定:在下一脉冲突发中的脉冲915_1C的产生与光谱特征调节器105处于离散状态918a或918b中的一个离散状态中的时间之间,是否将存在时间失配。如果控制装置180(基于指示1309的接收)确定在下一脉冲突发中的脉冲915_1C的产生与光谱特征调节器105处于离散状态918a或918b中的一个离散状态中的时间之间存在时间失配,则控制装置180可以调节给光谱特征调节器105的驱动信号1317。例如,控制装置180可以通过修改与驱动信号1317相关联的一个或多个参数 P 来调节驱动信号1317,并且这样的修改可以考虑由光刻曝光装置135提供的信息。例如,如果驱动信号1317是正弦波形 D ,则其通常由一组参数(例如,驱动信号1317的相位(ϕ)和频率 ω)如下控制:

[0148] $D = A \sin(2\pi \omega t + \phi)$,其中 t 是时间。

[0149] 驱动信号1317的相位 Φ 是初始相位,在上式中以弧度给出并且与波形D在初始时间点的位置相对应。可以将其称为相位偏移、相移或相位因数。波形D的瞬时相位由 $\omega t + \phi$ 给出。

[0150] 因此,控制装置180可以修改驱动信号1317的频率 ω 、驱动信号1317的相位 ϕ 或驱动信号1317的频率 ω 和相位 μ 两者。在图13所示的实现中,在区域dR中修改驱动信号1317的参数(诸如频率 ω)。另外,如果在区域dR中频率 ω 被修改,则有必要在下一突发的开始时将频率 ω 改变回与脉冲重复率 R_p 相关,从而驱动信号1317可以保持与脉冲915的产生同步。驱动信号1317的修改通过改变波形918的频率和/或相位而改变了光谱特征调节器105的驱动方式,如图所示。

[0151] 在指示1309的接收与电触发脉冲907_1C的接收之间的时间延迟1329足够大,以使得控制装置180具有足够的时间来修改驱动信号1317的一个或多个参数,从而当产生突发中的脉冲915时,光谱特征调节器105处于一组离散状态中的一个离散状态中。例如,时间延迟1329可以是约25-35毫秒(ms)。

[0152] 参考图14,示出了时序图1400B的另一种实现、以及与时序图1400B相对应的装置100的框图。通过调节被提供给光源150的控制信号1481的各方面以控制脉冲序列1411中的脉冲1415的产生,可以移除在突发间间隔T之后的下一脉冲突发中的脉冲1415与光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻之间的时间失配。在该实现中,控制装置180根据一个或多个固定参数P驱动光谱特征调节器105,并且这些固定参数P在该实现中无需修改。

[0153] 控制装置180(通过接收信息H的接口145)接收来自光刻曝光装置135的产生下一脉冲突发1415的请求。该请求采用在触发突发间时间间隔 T_t 之后的第一触发脉冲1407_1的形式。如上所述,在正常操作中,光学装置130在接收到触发脉冲1407_1之后的时间延迟 t_1 之后产生脉冲1415_1。该时间延迟 t_1 是光学装置130的设计所固有的,因为光学装置130需要一些时间来对触发脉冲1407_1做出反应。例如,控制装置180处理(接收和分析)触发脉冲1407_1,然后将信号提供给光源150以产生脉冲1415_1。触发脉冲1407_1的接收与放大光束110的脉冲1415_1的产生之间所花费的时间与该时间延迟 t_1 相对应。

[0154] 然而,在该实现中,控制装置180在控制信号1481中提供指令以将下一脉冲突发1415中的脉冲1415_1的产生相对于从光刻曝光装置135对请求(触发脉冲1407_1)的接收延迟大于零的时间段 $\delta\tau$,而不是一旦控制装置180接收到触发脉冲1407_1则在控制信号1481中向光源150提供指令以产生下一脉冲突发中的脉冲1415_1(通常这样做)。控制装置180确定延迟 $\delta\tau$ 的值,该值将确保当产生下一脉冲突发中的脉冲1415时光谱特征调节器105可以被驱动到离散状态918a或918b中的一个离散状态。因此,触发脉冲1407_1的接收与脉冲1415_1的产生之间的总时间为 $t_1 + \delta\tau$ 。

[0155] 参考图15,示出了时序图1500B的实现、以及与时序图1500B相对应的装置100的框图。移除在突发间间隔时间T之后的下一脉冲突发中的脉冲915与光谱特征调节器105到达离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻之间的时间失配。在该实现中,光学装置130经由控制装置180和接口145向光刻曝光装置135发送信号1508。发送到光刻曝光装置135的信号1508包括与光谱特征调节器105在突发间时间间隔期间的驱动方式相关的信息。以这种方式,光刻曝光装置135可以以如下的方式调节触发信号1506:确保在突发间时间间隔之

后产生下一脉冲突发中的脉冲915的时间与光谱特征调节器105达到离散状态918a或918b中的一个离散状态的时刻同步。例如,如图所示,调节触发信号1506以将触发突发间时间间隔 T_L 之后的下一突发中的第一电脉冲延迟量 dt ,并且该延迟 dt 传播到下一脉冲突发中的第一脉冲的产生时间。因此,突发间时间间隔 T 增加了 dt 。

[0156] 如上面参考图9讨论的,正弦驱动信号917的频率 ω 是脉冲重复率 R_p 的一半,如时序图900A所示。参考图16,在其他实现中,正弦驱动信号1617的频率 ω 是脉冲重复率 R_p 的四分之一,如时序图1600A所示。频率 ω 为 $1/\kappa$,其中 κ 是正弦驱动信号1617的周期,因此,正弦驱动信号1617的周期 κ 是脉冲915之间的时间 τ 的四倍。光谱特征调节器105当在两个极端状态之间移动时穿过两个中间但又不同的期望状态1618a和1618b。这些中间状态1618a、1618b中的每个对应于相应的不同的波长 λ_a' 和 λ_b' 。在该实现中,相邻和连续的脉冲915具有波长 λ_a' ,并且接下来的两个相邻和连续的脉冲915具有波长 λ_b' ,并且该模式重复直到下一突发间时间间隔或者直到控制装置180改变驱动信号1617。

[0157] 如上所述,驱动信号217、917的波形可以不同于三角形或正弦形状,并且其他波形也是可能的。驱动信号217、917的波形的形状影响光谱特征调节器105的波形(例如,218或918)的形状。例如,提供给光谱特征调节器105的驱动信号的波形1717A、1717B、1717C和1717D的其他可能的实现分别在图17A、17B、17C和17D中示出。

[0158] 参考图18,过程1800由装置100执行以用于确保被引向光刻曝光装置135并且在突发间间隙125之后产生的每个脉冲115具有一组离散和期望光谱特征之中的期望光谱特征(波长)。在讨论过程1800的步骤时,还参考图1至16。

[0159] 过程1800包括以脉冲重复率 R_p 产生放大光束的脉冲突发(1805)并且将脉冲引向光刻曝光装置(1810)。例如,如图1所示,产生突发120的脉冲115并且将其引向光刻曝光装置135。

[0160] 在产生脉冲突发120的同时,以与脉冲重复率 R_p 相关的频率,在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器105(1815)。例如,控制装置180向光谱特征调节器105发送驱动信号217,以在离散状态218a和218b之间驱动光谱特征,如图2A和2B所示,并且驱动信号217的频率 ω 与脉冲序列211的脉冲重复率 R_p 相关。每个离散状态(例如,离散状态218a和218b)与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束110的光谱特征(例如,波长)的离散值相对应。以这种方式,每当产生突发120中的脉冲115时,光谱特征调节器105以一组离散状态中的一个离散状态存在,并且放大光束脉冲115具有与该离散状态相对应的光谱特征。例如,如图9所示,当光谱特征调节器105处于状态918a中时,脉冲915的波长是 λ_a ,而当光谱特征调节器105处于状态918b中时,脉冲915的波长是 λ_b 。

[0161] 在脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生时,以与从光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动光谱特征调节器105(1820)。例如,如图2A和2B所示,即使在突发间时间间隔 T 期间,即在突发120A的产生与突发120C的产生之间,控制装置180也继续利用驱动信号217来驱动光谱特征调节器105。驱动信号217具有基于从光刻曝光装置135接收的信息 H 而确定的属性。

[0162] 过程1800确保:当产生下一突发(在该突发间时间间隔 T 之后)中的脉冲时,光谱特征调节器105处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(1825)中。例如,装置100确保:当产生下一突发120C中的脉冲115_{iC}中的一个脉冲时,

光谱特征调节器105处于状态218a或218b中的一个状态中。如上所述,并且参考图9-16,存在不同的实现以确保:当产生下一突发120(在该突发间时间间隔T之后)中的脉冲115时,光谱特征调节器105处于一组离散状态中的、与放大光束110的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(1825)中。可以利用这些实现中的任何一个或多个。

[0163] 参考图19A-19D,示出了用于模拟装置100的操作和过程1800的一组相应曲线图。图19A-19D分别示出了六个脉冲突发(和五个突发间间隔)上的光谱特征调节器105的操作(以任意单位)相对于时间的曲线图。此外,曲线图在光谱特征调节器105处于静止状态时开始。因此,光谱特征调节器105在其遭受瞬变的过渡或中间操作中开始每个模拟。

[0164] 每个图形中的灰色波形代表光谱特征调节器105的实际位置或状态,并且以实际光谱特征表示(因为每个状态与光束的特定光谱特征相对应,该光谱特征调节器105在处于该状态时与该光束相互作用)。因此,灰色波形对应于波形218或918。光谱特征调节器105的每个目标离散状态由状态1918a和1918b表示。每个曲线图上的点表示产生脉冲115并且将其引导到光刻曝光装置135的实例。这些仿真是针对图9-12中描述的实现执行的,并且其中正弦驱动信号917的频率 ω 是脉冲重复率 R_p 的一半。在突发间时间间隔T之后的突发的开始处以及在执行过程1800开始时进行仿真。

[0165] 点沿垂直轴(光谱特征轴)的位置指示当时脉冲(沿水平或时间轴)对光谱特征进行采样的位置。该位置对应于被发送到光刻曝光装置135的所产生的脉冲的光谱特征的值。

[0166] 在图19A中,仅在执行过程1800的步骤1805-1815之后但不执行步骤1820和1825的情况下模拟装置100的操作。显然,脉冲115很少与期望的光谱特征1918a和1918b重合,因此,被引导到光刻曝光装置135的脉冲115将不具有用于对衬底进行图案化的期望光谱特征。

[0167] 在图19B中,模拟当装置100如图11所示操作时装置100的操作。在这种情况下,提供给光谱特征调节器105的驱动信号1117具有与脉冲重复率 R_p 相关的频率 ω 。可以看出,结果有所改善,但是不如图19D那样好。

[0168] 在图19C中,模拟当装置100如图12所示操作而非如图11所示操作时装置100的操作。在这种情况下,提供给光谱特征调节器105的驱动信号1117具有不必与脉冲重复率 R_p 相关的频率 ω 。但是,突发间时间间隔T被设定为脉冲915之间的时间间隔 τ 的整数倍。可以看出,结果有所改善,但是不如图19D那样好。

[0169] 在图19D中,在执行图18的所有步骤之后模拟装置100的操作。在这种情况下,确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器105处于离散状态1918a或1918b中的一个离散状态中。装置100如图9和10所示操作,并且还使用图11和12中描述的两种技术来操作。

[0170] 图20A至20D示出了图19A-19D的曲线图的相应部分20A、20B、20C和20D。波形的细节在图20A-20D中更明显。

[0171] 在图21中,在另一实现中,由装置100执行过程2100(例如,在控制装置180的控制下)以确保:被引向光刻曝光装置135并且在突发间间隔125之后产生的每个脉冲115具有一组离散和期望光谱特征之中的期望光谱特征(波长)。在讨论过程2100的步骤时,还参考图1-16。

[0172] 过程2100包括控制装置180指示光源150以脉冲重复率 R_p 产生放大光束110的脉冲突发(2105)。这些脉冲被引向光刻曝光装置(2110)。例如,如图1所示,产生脉冲序列120的

脉冲115并且将其引向光刻曝光装置135。

[0173] 在产生脉冲突发120的同时,以与脉冲重复率 R_p 相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器105(2115)。例如,控制装置180向光谱特征调节器105发送驱动信号217,以在离散状态218a和218b之间驱动光谱特征,如图2A和2B所示,并且驱动信号217的频率 ω 与脉冲序列211的脉冲重复率 R_p 相关。每个离散状态(例如,离散状态218a和218b)与光谱特征的多个预设离散值之中的放大光束110的光谱特征(例如,波长)的离散值相对应。以这种方式,每当在突发120中产生脉冲115时,光谱特征调节器105以一组离散状态中的一个离散状态存在,并且放大光束脉冲115具有与该离散状态相对应的光谱特征。例如,如图9所示,当光谱特征调节器105处于状态918a时,脉冲915的波长是 λ_a ,而当光谱特征调节器105处于状态918b时,脉冲915的波长是 λ_b 。

[0174] 在脉冲突发的产生之间以及在没有脉冲产生时,根据驱动信号217的参数来驱动光谱特征调节器105(2120)。例如,如图2A和2B所示,即使在突发间时间间隔T期间,即在突发120A的产生与突发120C的产生之间,控制装置180也继续利用驱动信号217来驱动光谱特征调节器105。驱动信号217的参数可以基于从光刻曝光装置135接收的信息H来确定。

[0175] 过程2100确保:当产生下一突发(在该突发间时间间隔T之后)中的脉冲时,光谱特征调节器105处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(2125)。例如,装置100确保:当产生下一突发120C中的脉冲115_{iC}中的一个脉冲时,光谱特征调节器105处于状态218a或218b中的一个状态中。控制装置180可以调节给光刻曝光装置135的指令(诸如参考图15所述)以确保:当产生下一突发(在该突发间时间间隔T之后)中的脉冲时,光谱特征调节器105处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(2125)。控制装置180可以调节给光谱特征调节器105的驱动信号(例如,参考图13所示)以确保当产生下一突发(在该突发间时间间隔T之后)中的脉冲时光谱特征调节器105处于离散状态中与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(2125)。控制装置180可以调节给光源150的指令(诸如参考图14所述)以确保当产生下一突发(在该突发间时间间隔T之后)中的脉冲时光谱特征调节器105处于一组离散状态中的、与放大光束的光谱特征的离散值相对应的一个离散状态(2125)中。

[0176] 可以使用以下条款进一步描述实施例:

[0177] A1.一种方法,包括:

[0178] 以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发,并且将所述脉冲引向光刻曝光装置;

[0179] 在产生所述脉冲突发的同时,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器,每个离散状态与所述光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应,使得每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中并且所述放大光束脉冲具有与该离散状态相对应的光谱特征;

[0180] 在所述脉冲突发的产生之间以及在没有脉冲产生的同时,以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器;以及

[0181] 确保当产生下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0182] A2.根据条款A1所述的方法,其中以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方

式驱动所述光谱特征调节器包括：以与所述脉冲重复率相关的频率，驱动所述光谱特征调节器。

[0183] A3. 根据条款A2所述的方法，其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中包括：调节突发间时间间隔，使得所述突发间时间间隔是针对所述脉冲重复率的脉冲之间的时间间隔的整数倍。

[0184] A4. 根据条款A3所述的方法，其中所述突发间时间间隔是突发中的最后脉冲与下一突发中的第一脉冲之间的时间间隔。

[0185] A5. 根据条款A2所述的方法，其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中包括：

[0186] 从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示；以及

[0187] 如果所接收的指示指示所述下一突发中的第一脉冲的产生与所述光谱特征调节器处于所述一个离散状态中的时间之间的时间失配，则基于所接收的指示来修改与驱动所述光谱特征调节器相关联的一个或多个参数。

[0188] A6. 根据条款A5所述的方法，其中修改与驱动所述光谱特征调节器相关联的一个或多个参数包括：修改与所述光谱特征调节器相关联的驱动信号的频率和相位中的一个或多个。

[0189] A7. 根据条款A6所述的方法，还包括：如果驱动所述光谱特征调节器所凭借的频率由于失配而被修改，则在下一突发开始时改变驱动所述光谱特征调节器的频率以使其与所述脉冲重复率相关。

[0190] A8. 根据条款A1所述的方法，其中所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光束的波长。

[0191] A9. 根据条款A8所述的方法，其中所述放大光束的波长在深紫外范围内。

[0192] A10. 根据条款A8所述的方法，其中以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括：驱动所述光谱特征调节器，使得针对所述放大光束的每个脉冲，所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

[0193] A11. 根据条款A8所述的方法，其中以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括：驱动所述光谱特征调节器，使得针对所述放大光束的每隔一个脉冲，所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

[0194] A12. 根据条款A1所述的方法，其中所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括：根据正弦驱动信号来驱动所述光谱特征调节器。

[0195] A13. 根据条款A1所述的方法，其中驱动所述光谱特征调节器包括：在离散位置之间移动与前导光束相互作用的光学器件，所述光学器件的每个离散位置对应于离散状态，并且所述放大光束是由前导光束形成的。

[0196] A14. 根据条款A13所述的方法，其中移动与光束相互作用的光学器件包括旋转棱镜，前导光束穿过所述棱镜。

[0197] A15. 根据条款A1所述的方法，其中驱动所述光谱特征调节器的频率是所述脉冲重复率的一半。

[0198] A16. 根据条款A1所述的方法，其中驱动所述光谱特征调节器的频率是脉冲重复率

的四分之一。

[0199] A17. 根据条款A1所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中包括:确保当产生所述下一突发中的初始脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

[0200] A18. 根据条款A1所述的方法,其中:

[0201] 以与从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器包括:根据一个或多个固定参数驱动所述光谱特征调节器,并且从所述光刻曝光装置接收产生下一脉冲突发的请求;以及

[0202] 确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于离散状态中包括:相对于从所述光刻曝光装置对产生所述下一脉冲突发的请求的接收来将所述下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段。

[0203] A19. 根据条款A18所述的方法,其中将所述下一脉冲突发的产生延迟所述时间段包括:延迟下一脉冲突发,直到当产生下一脉冲突发中的脉冲时所述光谱特征调节器可以被驱动到所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0204] A20. 根据条款A1所述的方法,其中来自所述光刻曝光装置的与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲突发产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关的所述信息在所述突发结束之前接收。

[0205] A21. 根据条款A1所述的方法,其中来自所述光刻曝光装置的与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲突发产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关的所述信息在所述脉冲突发的产生之间接收。

[0206] A22. 根据条款A1所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中包括:向所述光刻曝光装置发送信号,所述信号包括与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关的信息。

[0207] A23. 一种装置,包括:

[0208] 接口,被配置为与光刻曝光装置通信并且从所述光刻曝光装置接收信息;

[0209] 光谱特征调节器;以及

[0210] 光学装置,与所述接口和所述光谱特征调节器通信,并且被配置为:

[0211] 以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供所述光刻曝光装置使用以对衬底进行图案化;

[0212] 在产生所述脉冲突发的同时,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器,每个离散状态与所述光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应,使得每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中并且所述放大光束脉冲具有与该离散状态相对应的光谱特征;

[0213] 在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,以与在所述接口处从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器;以及

[0214] 确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状

态的中与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0215] A24. 根据条款A23所述的装置,其中所述放大光束的光谱特征是所述放大光束的波长。

[0216] A25. 根据条款A23所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括驱动致动器,所述驱动致动器与所述光学装置通信并且被配置为在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器。

[0217] A26. 根据条款A25所述的装置,其中所述光学装置包括与所述接口和所述驱动致动器通信的控制装置,所述控制装置被配置为:

[0218] 从所述接口接收关于来自所述光刻曝光装置的请求的指示,所述指示包括来自所述光刻曝光装置的所述脉冲重复率;以及

[0219] 向所述驱动致动器发送驱动信号,其中所述驱动信号基于从所述光刻曝光装置接收的信息。

[0220] A27. 根据条款A26所述的装置,其中发送到所述驱动致动器的所述驱动信号是正弦驱动信号。

[0221] A28. 根据条款A23所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且所述光学器件的每个离散状态与所述光谱特征调节器的离散状态相对应。

[0222] A29. 根据条款A28所述的装置,其中所述光学器件的离散状态是所述光学器件与所述前导光束相互作用的离散位置。

[0223] A30. 根据条款A29所述的装置,其中所述光学器件包括棱镜,所述前导光束穿过所述棱镜。

[0224] A31. 根据条款A28所述的装置,其中所述光学器件物理耦合到所述驱动致动器。

[0225] A32. 根据条款A23所述的装置,其中所述光学器件包括:

[0226] 第一气体放电级,被配置为生成第一脉冲光束;以及

[0227] 第二气体放电级,被配置为接收所述第一脉冲光束并且放大所述第一脉冲光束从而从所述光学装置产生所述放大光束。

[0228] A33. 根据条款A32所述的装置,其中:

[0229] 所述第一气体放电级包括第一气体放电室,所述第一气体放电室容纳能量源并且容纳包含第一增益介质的气体混合物;以及

[0230] 所述第二气体放电级包括第二气体放电室,所述第二气体放电室容纳能量源并且容纳包含第二增益介质的气体混合物。

[0231] A34. 根据条款A23所述的装置,其中光学器件被配置为:通过以与所述脉冲重复率相关的频率驱动所述光谱特征调节器,从而以与在所述接口处从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式所述驱动光谱特征调节器。

[0232] A35. 根据条款A34所述的装置,其中光学器件被配置为:通过调节突发间时间间隔使得所述突发间时间间隔是所述脉冲重复率的脉冲之间的时间间隔的整数倍,从而确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述离散状态中,其中所述突发间时间间隔是最后脉冲与所述下一突发中的脉冲之间的时间间隔。

[0233] A36. 根据条款A34所述的装置,其中光学器件配置为通过以下方式来确保当产生

所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述离散状态中：

[0234] 从所述接口接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示；以及

[0235] 如果所接收的指示指示所述下一突发中的第一脉冲的产生与所述光谱特征调节器处于所述离散状态中的时间之间的时间失配，则基于所接收的指示来修改与发送到所述光谱特征调节器的驱动信号相关联的一个或多个参数。

[0236] A37. 根据条款A36所述的装置，其中被修改的所述一个或多个参数包括：被提供给所述光谱特征调节器的驱动致动器的驱动信号的频率和/或相位中的一个或多个。

[0237] A38. 根据条款A37所述的装置，其中所述光学器件被配置为：如果所述驱动信号的频率由于失配而被修改，则在所述下一突发开始时改变所述驱动信号的频率以使其与所述脉冲重复率相关。

[0238] A39. 根据条款A23所述的装置，其中：

[0239] 所述光学器件被配置为通过以下方式来与在所述接口处从所述光刻曝光装置接收的信息有关的方式驱动所述光谱特征调节器：根据一个或多个固定参数驱动所述光谱特征调节器并且从所述光刻曝光装置接收产生所述下一脉冲突发的请求；以及

[0240] 所述光学器件被配置为：通过相对于在所述接口处从所述光刻曝光装置对产生所述下一脉冲突发的请求的接收，而将所述下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段，而确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于离散状态中。

[0241] A40. 根据条款A39所述的装置，其中所述光学器件被配置为通过以下方式来将所述下一脉冲突发的产生延迟一段时间：延迟所述下一脉冲突发的产生，直到当产生所述下一脉冲突发中的脉冲时所述光谱特征调节器可以被驱动到所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0242] A41. 根据条款A23所述的装置，其中所述光学装置包括具有被配置为输出所述放大光束的至少一个放大级的光源。

[0243] A42. 根据条款A41所述的装置，其中所述光谱特征调节器是光谱特征选择装置的一部分，所述光谱特征选择装置从所述光源接收前导光束，并且包括：

[0244] 色散光学元件，被布置为与所述前导光束相互作用，以及

[0245] 多个棱镜，在所述前导光束的路径中布置在所述色散光学元件与所述光源之间。

[0246] A43. 根据条款A42所述的装置，其中所述光谱特征调节器是所述多个棱镜中的一个棱镜，并且所述光谱特征调节器的一组离散状态是所述前导光束与所述棱镜相互作用的所述棱镜的一组离散位置。

[0247] A44. 根据条款A43所述的装置，其中通过围绕棱镜轴线旋转到一组离散角度，在一组离散位置之间驱动所述棱镜。

[0248] B1. 一种方法，包括：

[0249] 指示光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发；

[0250] 将所产生的脉冲引向光刻曝光装置；

[0251] 在产生所述脉冲突发的同时，以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动光谱特征调节器，每个离散状态与所述光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应；

[0252] 在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动所述光谱特征调节器;

[0253] 通过调节以下中的一项或多项来确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给所述光刻曝光装置的指令、给所述光谱特征调节器的所述驱动信号、和/或给所述光源的指令。

[0254] B2. 根据条款B1所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中包括:调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号。

[0255] B3. 根据条款B2所述的方法,还包括:从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示;以及

[0256] 其中调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号包括:基于从所述光刻曝光装置接收的所述指示,修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的一个或多个参数。

[0257] B4. 根据条款B3所述的方法,其中修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的一个或多个参数包括:修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的频率和相位中的一个或多个。

[0258] B5. 根据条款B3所述的方法,其中将从所述光刻曝光装置接收的产生所述下一突发的请求从所述光刻曝光装置接收的所述指示延迟足够的时间,以便能够修改所述一个或多个参数使得当产生所述下一突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于一组离散状态中的一个离散状态中。

[0259] B6. 根据条款B5所述的方法,其中所述延迟约为25-35毫秒(ms)。

[0260] B7. 根据条款B1所述的方法,其中确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中包括:调节给所述光源的所述指令。

[0261] B8. 根据条款B7所述的方法,其中调节给所述光源的指令包括:相对于从所述光刻曝光装置对产生所述下一脉冲突发的请求的接收,将所述下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段,使得当产生所述下一突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

[0262] B9. 根据条款B8所述的方法,其中将所述下一脉冲突发的产生延迟一时间段包括:延迟所述下一脉冲突发,直到当产生所述下一脉冲突发中的脉冲时所述光谱特征调节器可以被驱动到所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0263] B10. 根据条款B7所述的方法,其中根据由所述一组参数限定的驱动信号,继续驱动所述光谱特征调节器。

[0264] B11. 根据条款B1所述的方法,其中确保当产生下一突发中的脉冲时光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中包括:调节给光刻曝光装置的指令。

[0265] B12. 根据条款B11所述的方法,其中调节给所述光刻曝光装置的指令包括向所述光刻曝光装置发送信号,所述信号包括与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生

的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关的信息。

[0266] B13. 根据条款B11所述的方法,还包括从所述光刻曝光装置接收对于所述下一突发的产生的触发请求,其中所述触发请求基于对所述光刻曝光装置的被调节指令,并且确保所述下一突发中的脉冲的产生时间与所述光谱特征调节器达到所述一组离散状态中的一个离散状态的时刻同步。

[0267] B14. 根据条款B13所述的方法,其中调节所述触发请求以由此延迟给所述光源的指令中的电脉冲。

[0268] B15. 根据条款B1所述的方法,其中所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光束的波长。

[0269] B16. 根据条款B1所述的方法,其中每当产生所述突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中并且所述放大光束脉冲具有与所述离散状态相对应的光谱特征。

[0270] B17. 根据条款B1所述的方法,其中以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

[0271] B18. 根据条款B1所述的方法,其中以与所述脉冲重复率相关的频率在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:驱动所述光谱特征调节器,使得针对所述放大光束的每隔一个脉冲,所述放大光束的波长在两个不同波长之间改变。

[0272] B19. 根据条款B1所述的方法,其中在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器包括:根据正弦驱动信号来驱动所述光谱特征调节器。

[0273] B20. 根据条款B1所述的方法,其中驱动所述光谱特征调节器包括在离散位置之间移动与前导光束相互作用的光学器件,所述光学器件的每个离散位置对应于离散状态,并且所述放大光束由所述前导光束形成。

[0274] B21. 根据条款B1所述的方法,其中保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中包括:确保当产生所述下一突发中的初始脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

[0275] B22. 一种装置,包括:

[0276] 接口,被配置为与光刻曝光装置通信;

[0277] 光谱特征调节器;

[0278] 光源;以及

[0279] 控制装置,与所述接口、所述光谱特征调节器和所述光源通信,并且被配置为:

[0280] 指示所述光源以脉冲重复率产生放大光束的脉冲突发以供所述光刻曝光装置使用以对衬底进行图案化;

[0281] 在所述脉冲突发期间,以与所述脉冲重复率相关的频率在一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器,其中每个离散状态与所述光谱特征的多个预设离散值之中的所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应;

[0282] 在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时,根据由一组参数限定的驱动信号来驱动所述光谱特征调节器;以及

[0283] 通过调节以下中的一项或多项来确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱

特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中:给所述光刻曝光装置的指令、给所述光谱特征调节器的所述驱动信号、和/或给所述光源的指令。

[0284] B23. 根据条款B22所述的装置,其中所述控制装置被配置为:通过调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号,而确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0285] B24. 根据条款B23所述的装置,其中:

[0286] 所述控制装置被配置为:通过所述接口,从所述光刻曝光装置接收关于所述光刻曝光装置将请求所述下一突发的产生的时间的指示;以及

[0287] 所述控制装置:基于从所述光刻曝光装置接收的指示修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的一个或多个参数,调节给所述光谱特征调节器的所述驱动信号。

[0288] B25. 根据条款B24所述的装置,其中所述控制装置被配置为:通过修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的频率和相位中的一个或多个,而修改发送到所述光谱特征调节器的所述驱动信号的一个或多个参数。

[0289] B26. 根据条款B22所述的装置,其中所述控制装置被配置为:通过调节给所述光源的所述指令,而确保当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0290] B27. 根据条款B26所述的装置,其中所述控制装置通过以下方式来调节给所述光源的指令:相对于从所述光刻曝光装置对产生所述下一脉冲突发的请求的接收,将所述下一脉冲突发的产生延迟大于零的时间段,使得当产生所述下一突发中的脉冲时所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的一个离散状态中。

[0291] B28. 根据条款B27所述的装置,其中所述控制装置通过以下方式来将所述下一脉冲突发的产生的时间延迟一段时间:延迟所述下一脉冲突发,直到当产生所述下一脉冲突发中的脉冲时所述光谱特征调节器可以被驱动到所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态。

[0292] B29. 根据条款B27所述的装置,其中所述控制装置根据由所述一组参数限定的驱动信号继续驱动所述光谱特征调节器。

[0293] B30. 根据条款B22所述的装置,其中所述控制装置被配置为:通过调节给所述光刻曝光装置的指令,而确保当产生所述下一突发中的脉冲时,所述光谱特征调节器处于所述一组离散状态中的、与所述放大光束的所述光谱特征的离散值相对应的一个离散状态中。

[0294] B31. 根据条款B30所述的装置,其中所述控制装置通过向所述光刻曝光装置发送信号来调节给所述光刻曝光装置的指令,所述信号包括与在所述脉冲突发的产生之间以及在无脉冲产生的同时驱动所述光谱特征调节器的方式有关的信息。

[0295] B32. 根据条款B30所述的装置,其中所述控制装置被配置为:从所述光刻曝光装置接收对于所述下一突发的产生的触发请求,所述触发请求基于对所述光刻曝光装置的被调节指令,并且确保所述下一突发中的脉冲的产生时间与所述光谱特征调节器达到所述一组离散状态中的一个离散状态的时刻同步。

[0296] B33. 根据条款B22所述的装置,其中所述放大光束的所述光谱特征是所述放大光

束的波长。

[0297] B34. 根据条款B22所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括驱动致动器,所述驱动致动器与所述控制装置通信并且被配置为在所述一组离散状态之间驱动所述光谱特征调节器。

[0298] B35. 根据条款B34所述的装置,其中所述光谱特征调节器包括与前导光束以光学方式相互作用的光学器件,并且所述光学器件的每个离散状态对应于所述光谱特征调节器的离散状态。

[0299] B36. 根据条款B35所述的装置,其中所述光学器件的离散状态是所述光学器件与所述前导光束相互作用的离散位置。

[0300] B37. 根据条款B35所述的装置,其中所述光学器件包括棱镜,所述前导光束穿过所述棱镜。

[0301] B38. 根据条款B35所述的装置,其中所述光学器件物理耦合到所述驱动致动器。

[0302] B39. 根据条款B35所述的装置,其中所述光源包括:

[0303] 第一气体放电级,被配置为生成第一脉冲光束;以及

[0304] 第二气体放电级,被配置为接收所述第一脉冲光束并且放大所述第一脉冲光束从而从所述光源产生所述放大光束。

[0305] B40. 根据条款B22所述的装置,其中所述光源包括被配置为输出所述放大光束的至少一个放大级。

[0306] B41. 根据条款B22所述的装置,其中所述光谱特征调节器是光谱特征选择装置的一部分,所述光谱特征选择装置从所述光源接收前导光束,并且包括:

[0307] 色散光学元件,被布置为与所述前导光束相互作用,以及

[0308] 多个棱镜,在所述前导光束的路径中布置在所述色散光学元件与所述光源之间。

[0309] B42. 根据条款B41所述的装置,其中所述光谱特征调节器是所述多个棱镜中的一个棱镜,并且所述光谱特征调节器的所述一组离散状态是所述前导光束与所述棱镜相互作用的所述棱镜的一组离散位置。

[0310] B43. 根据条款B42所述的装置,其中所述棱镜通过围绕棱镜轴线旋转到一组离散角度而在所述一组离散位置之间被驱动。

[0311] 其他实现在所附权利要求的范围内。

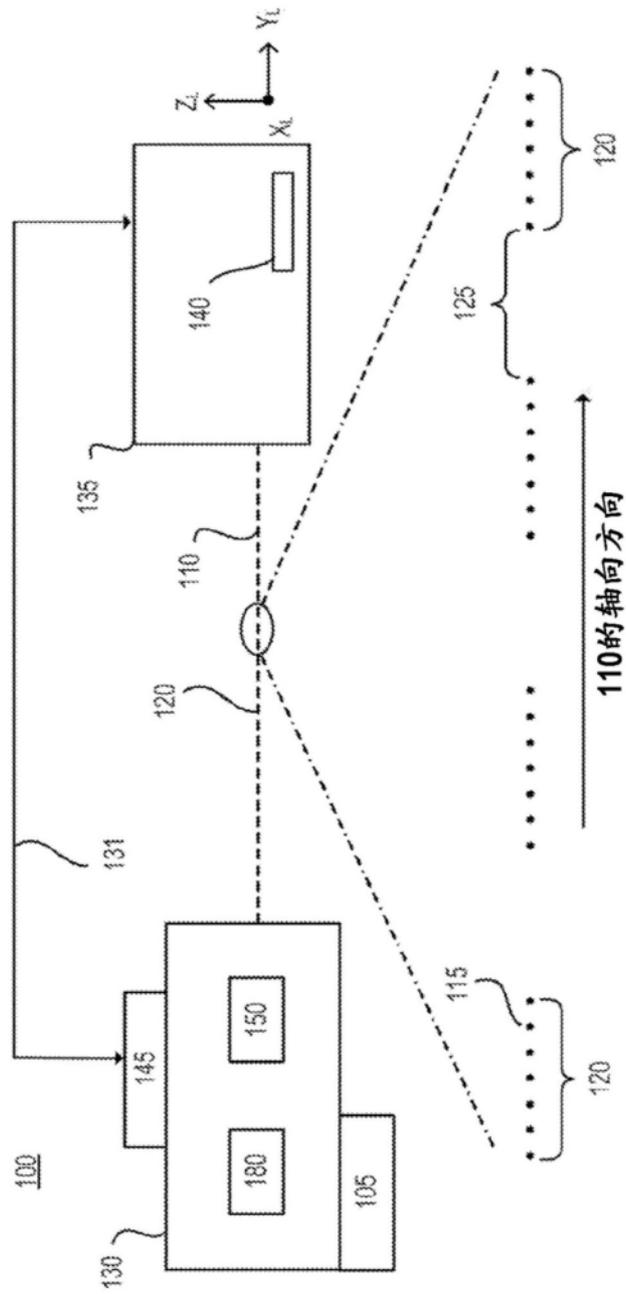


图1

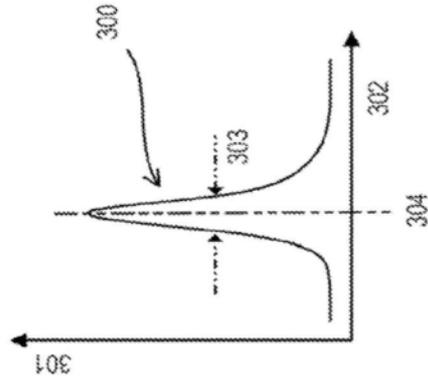


图3

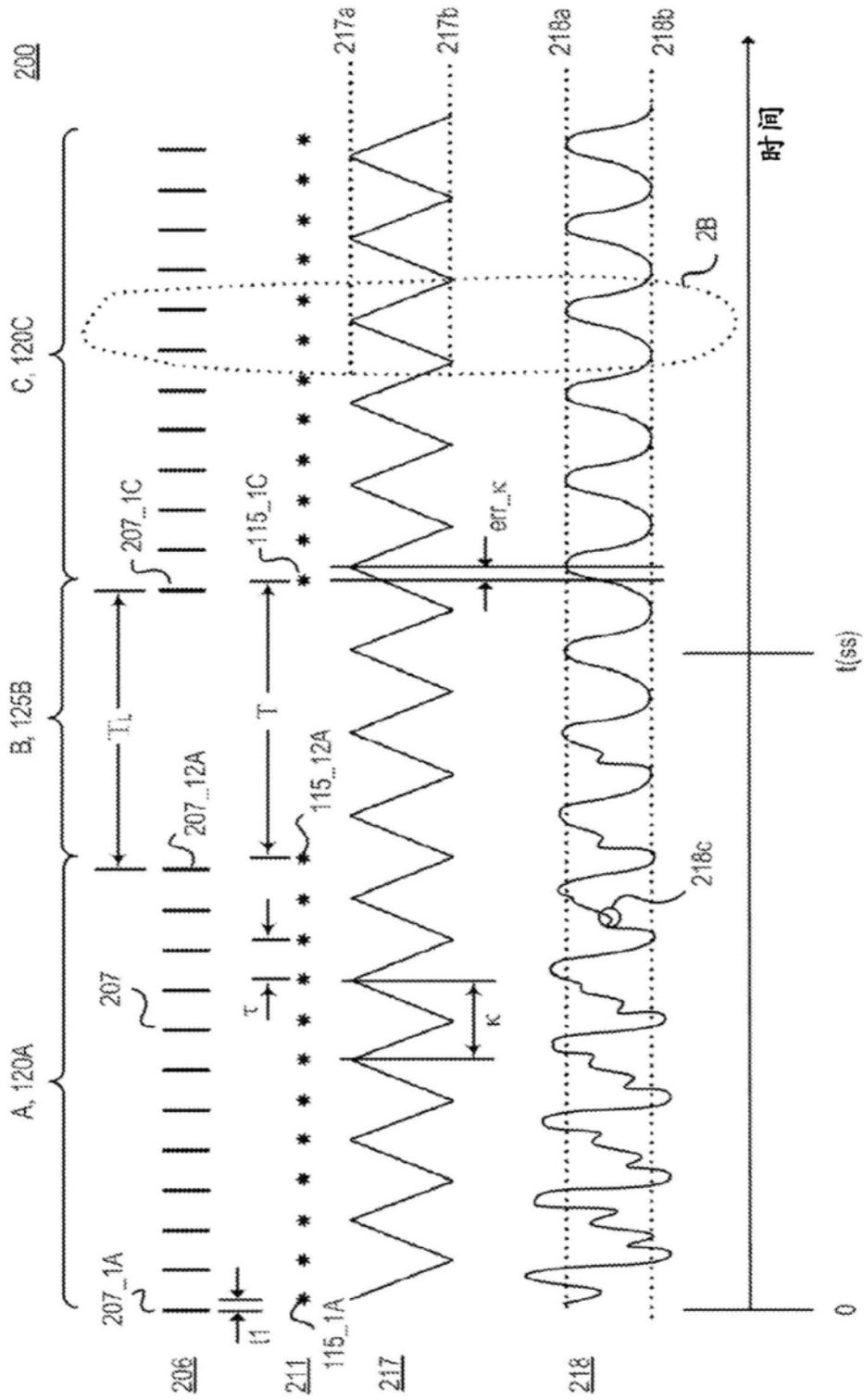


图2A

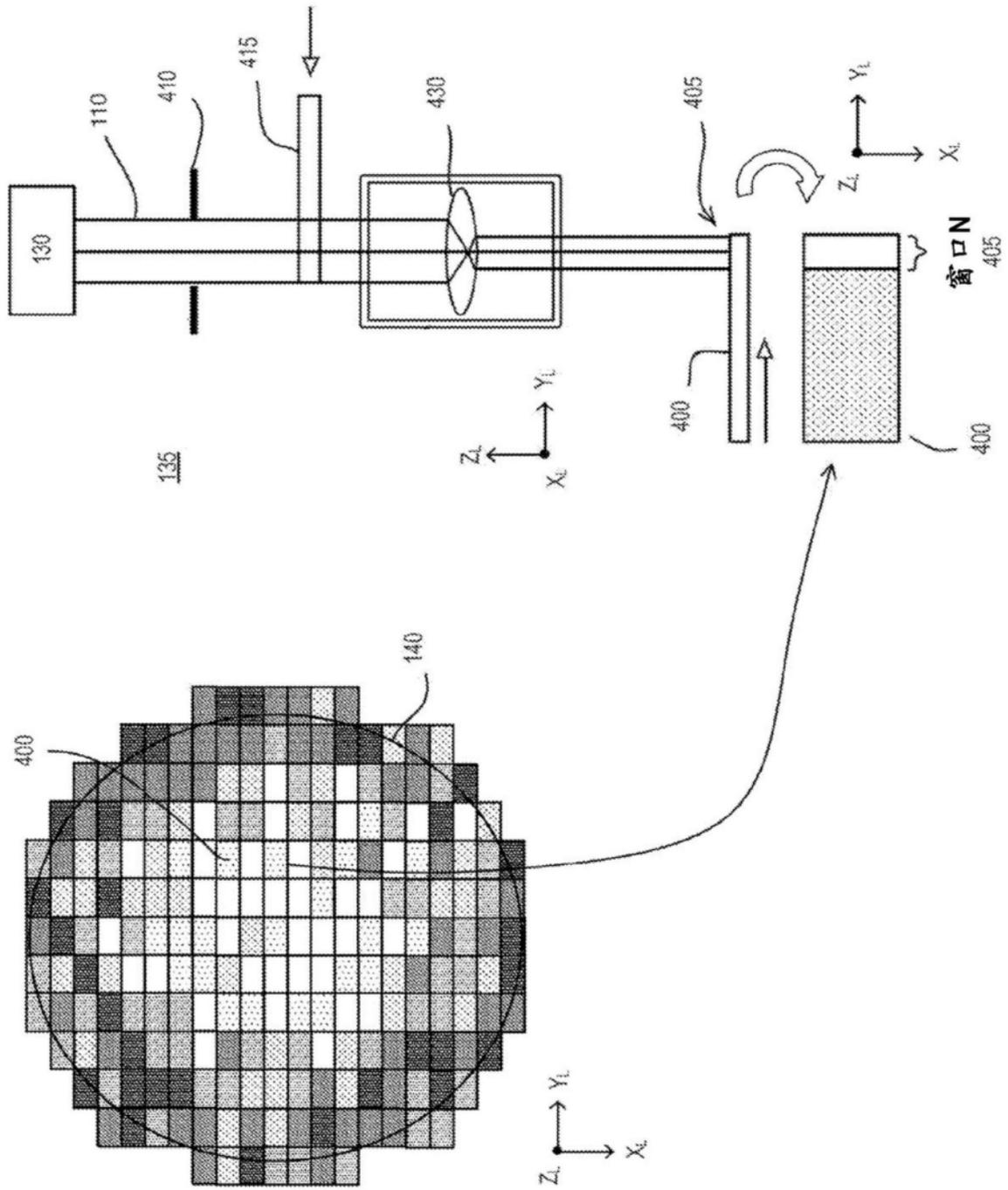


图4

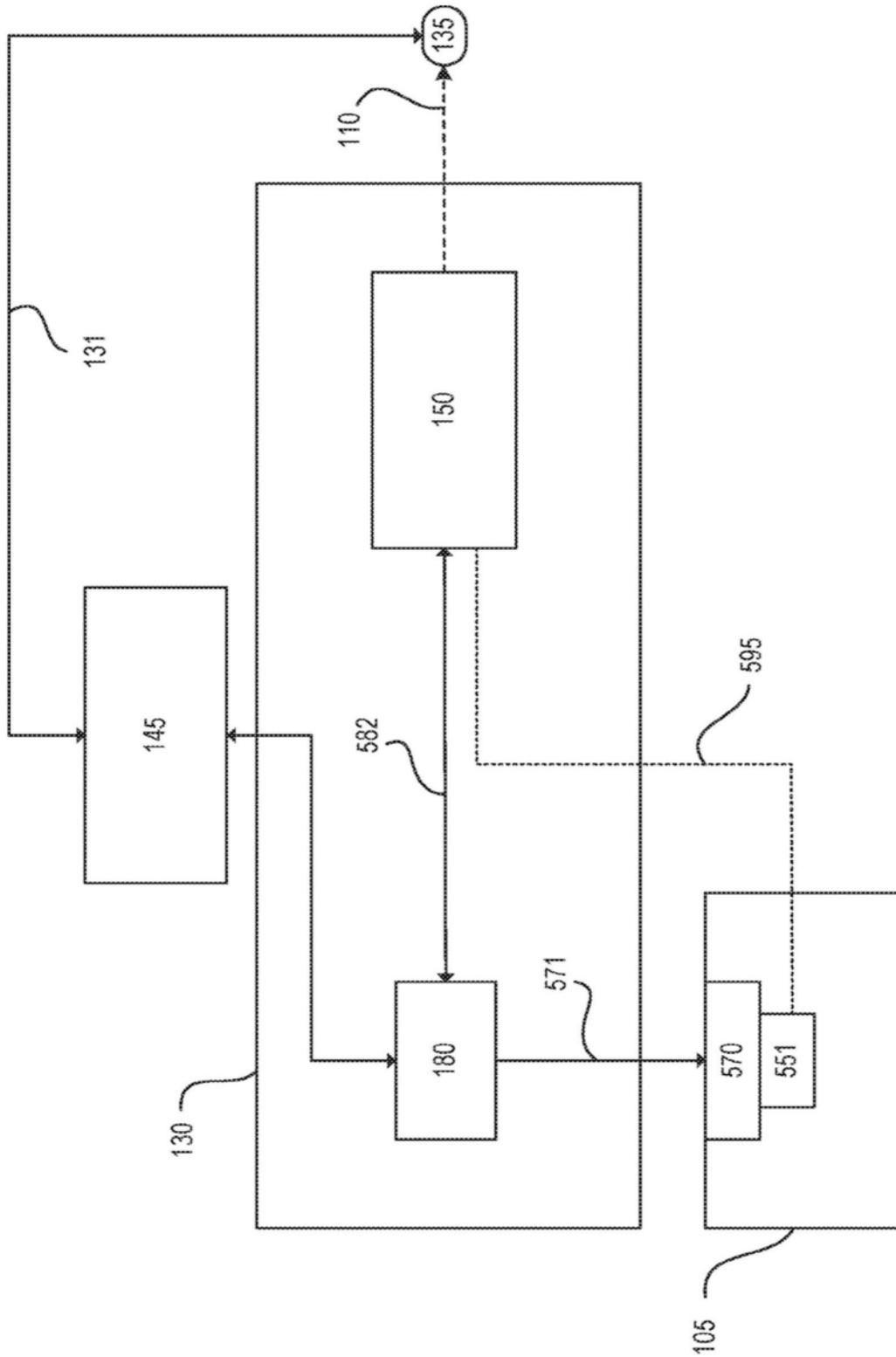


图5

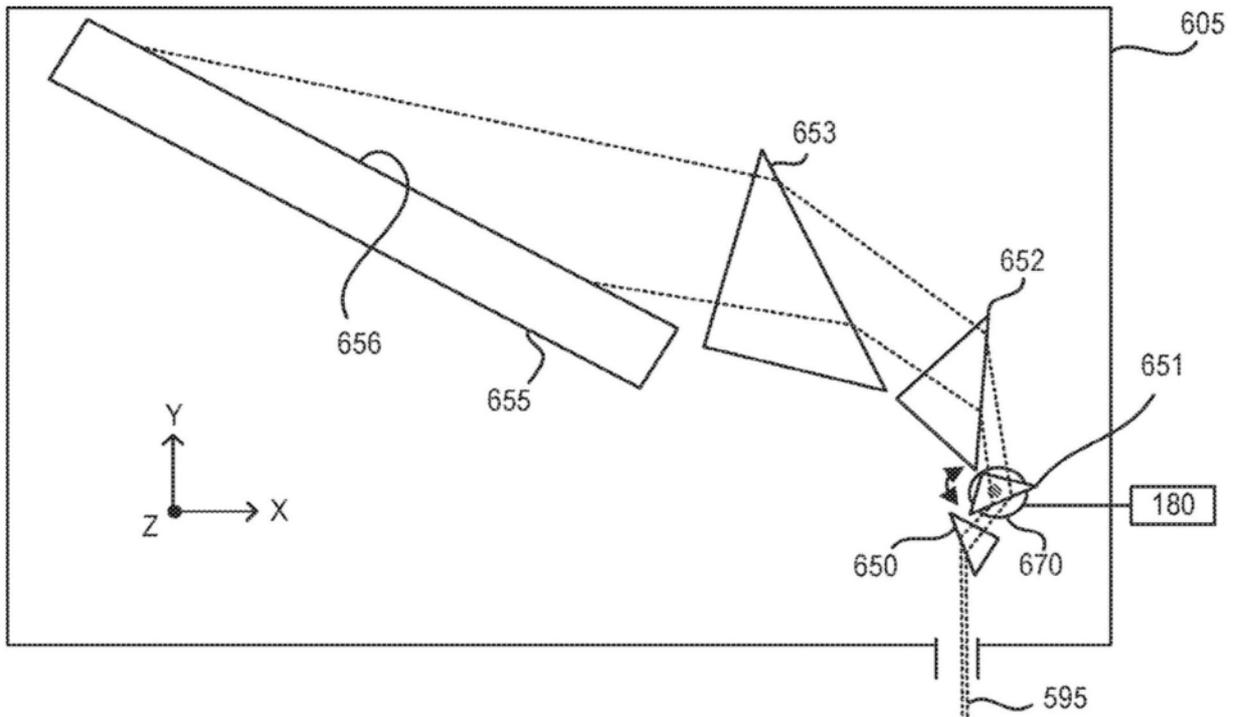


图6A

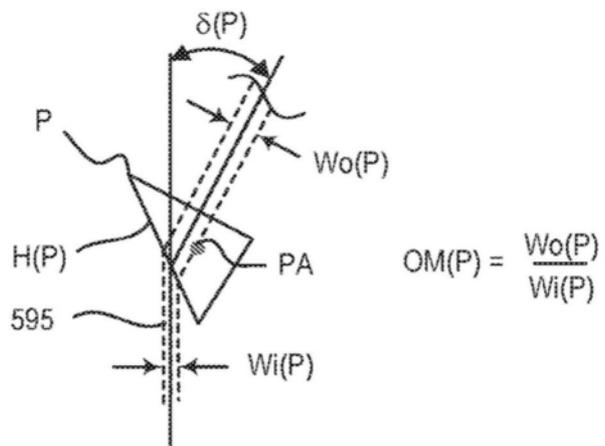


图6B

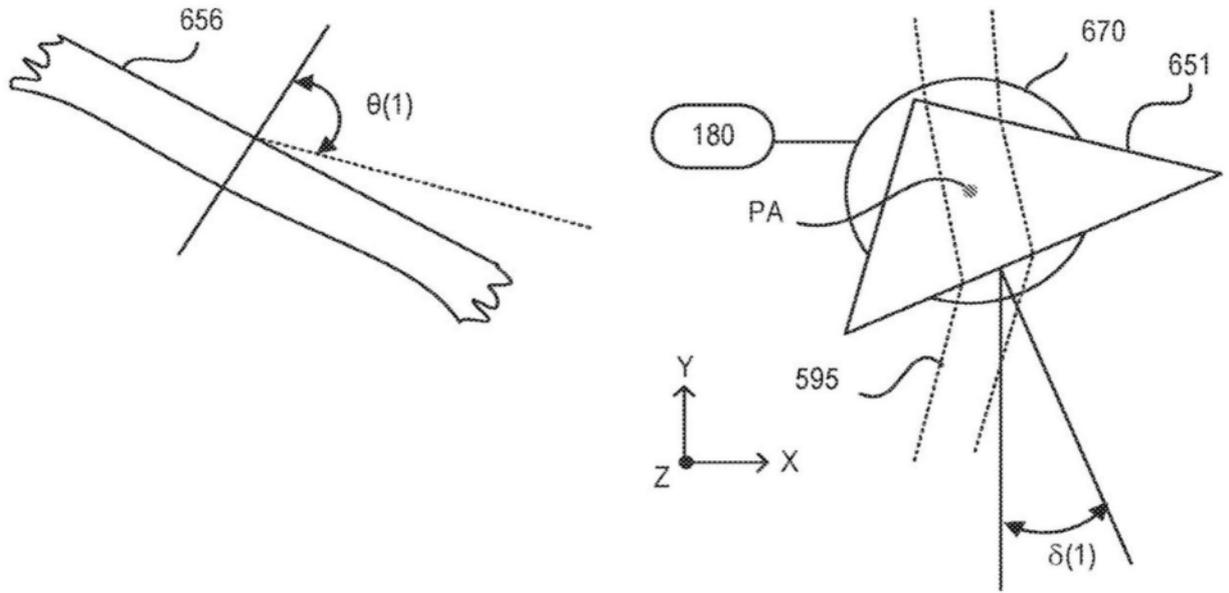


图7A

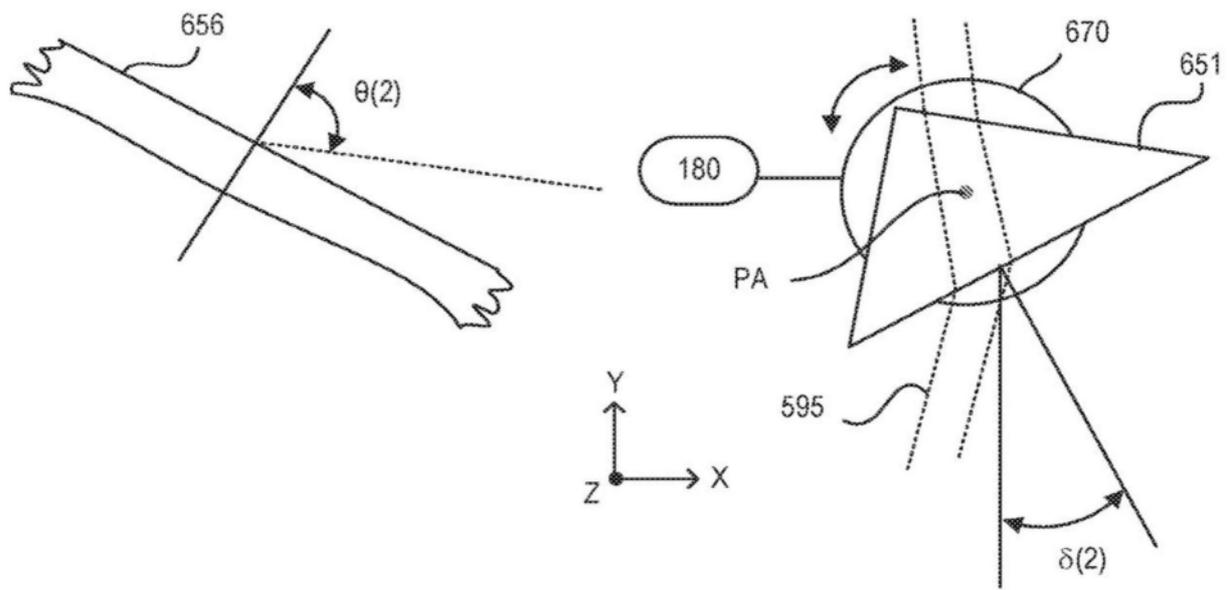


图7B

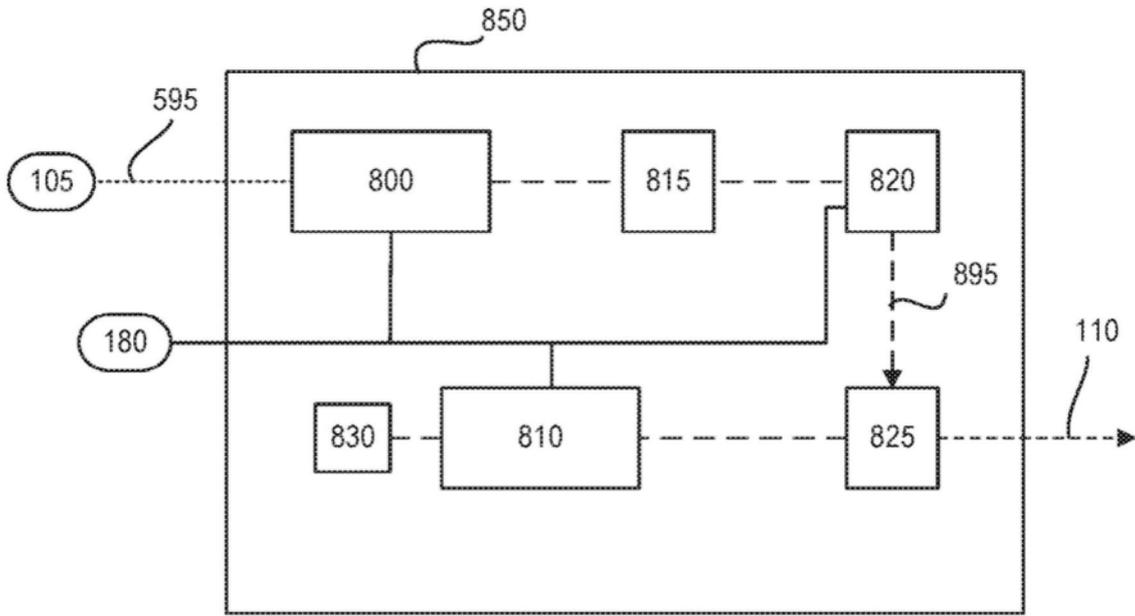


图8

900A

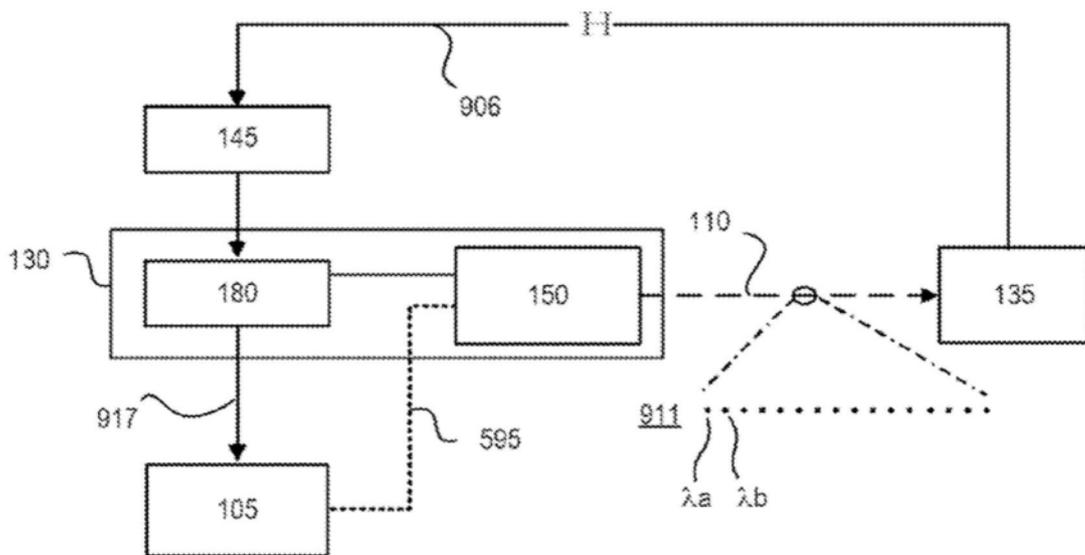
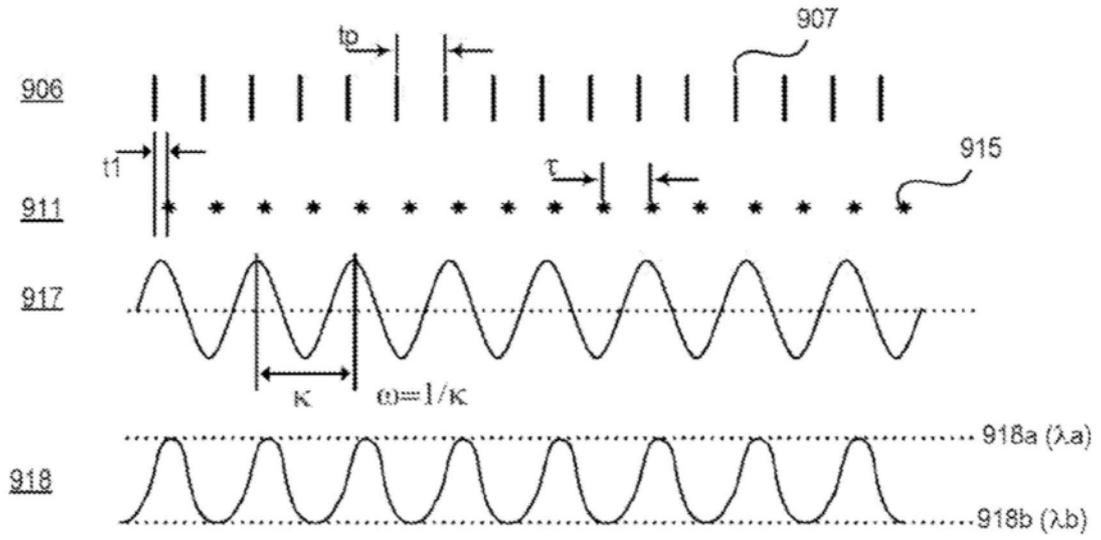


图9

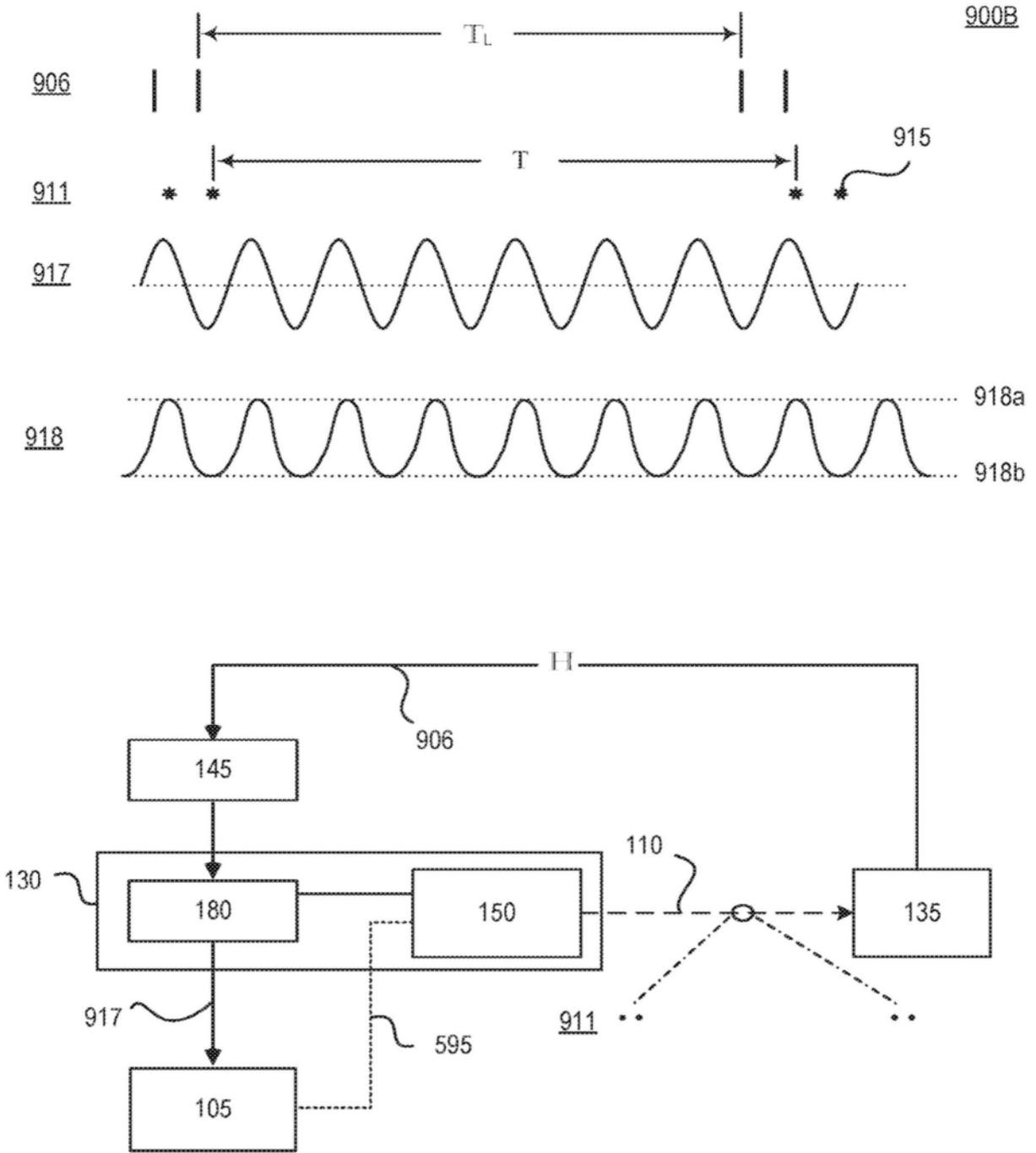


图10

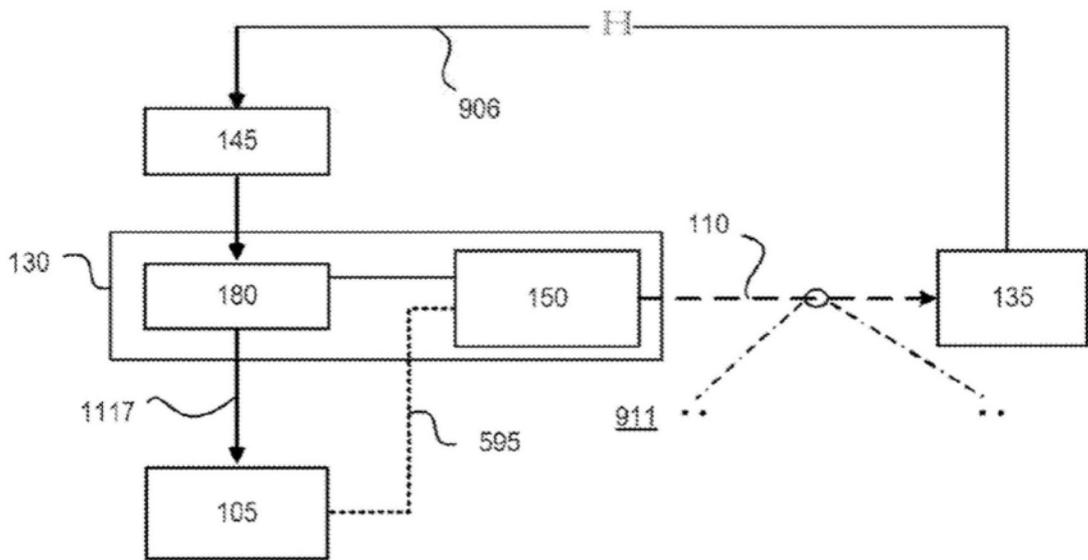
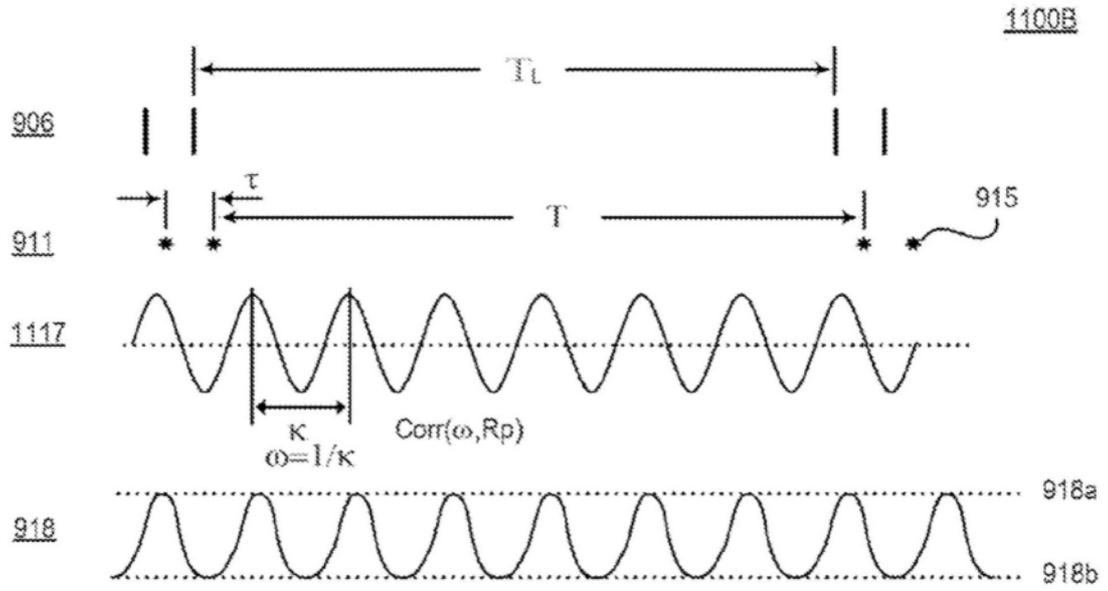


图11

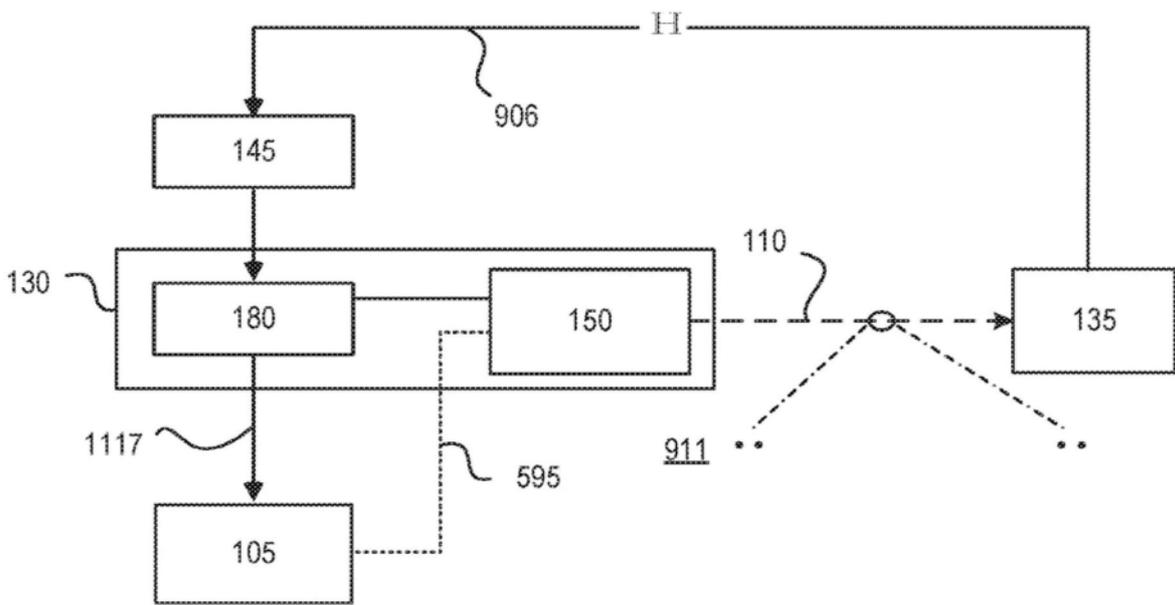
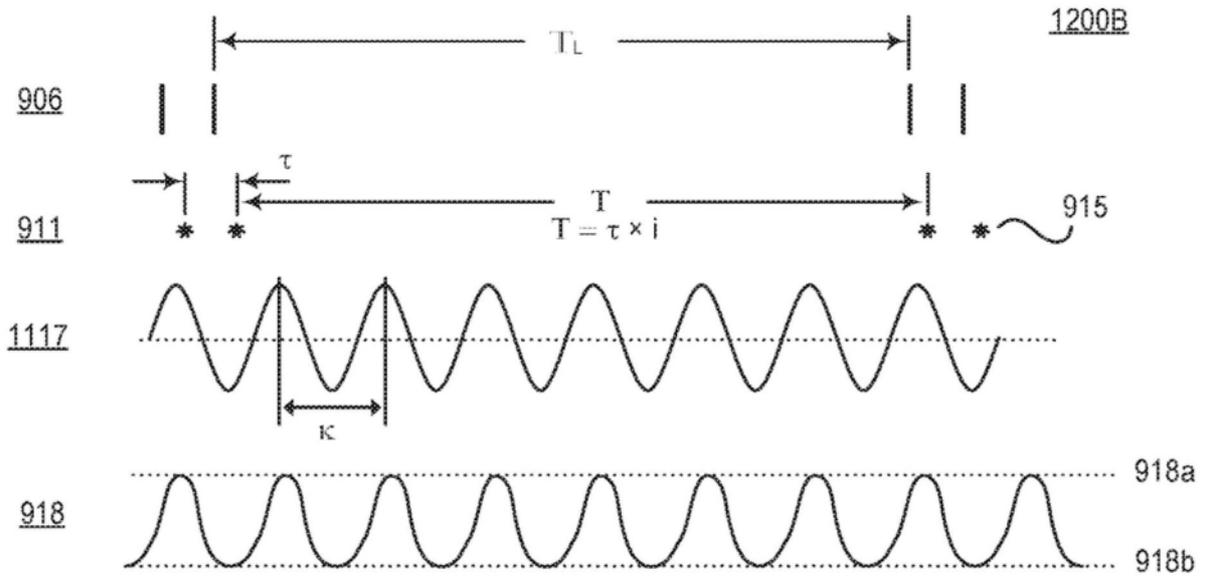


图12

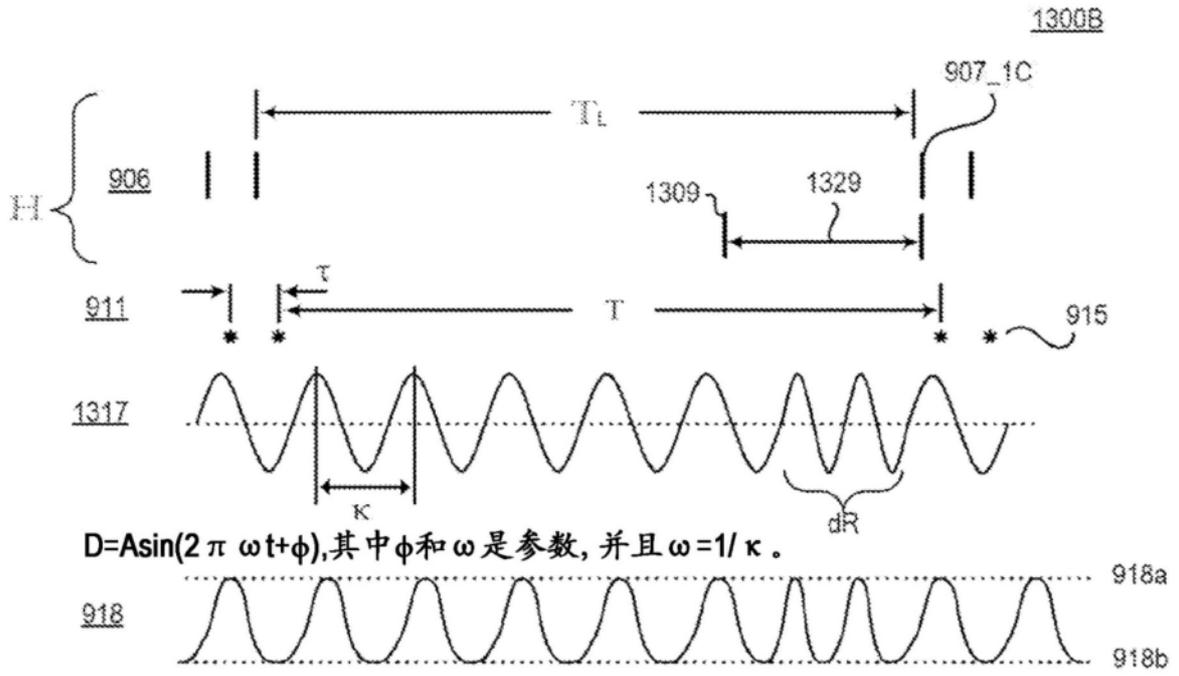


图13

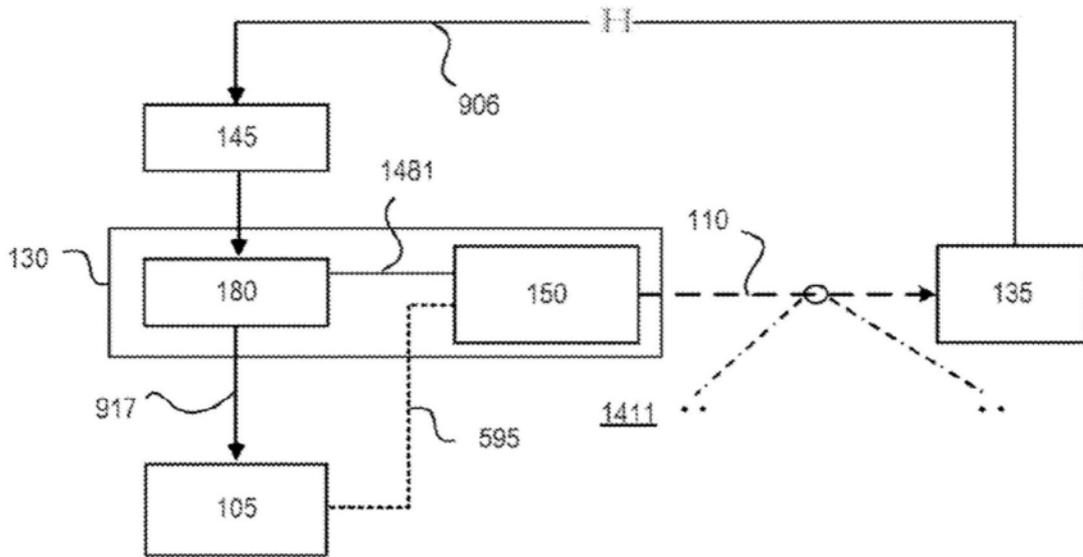
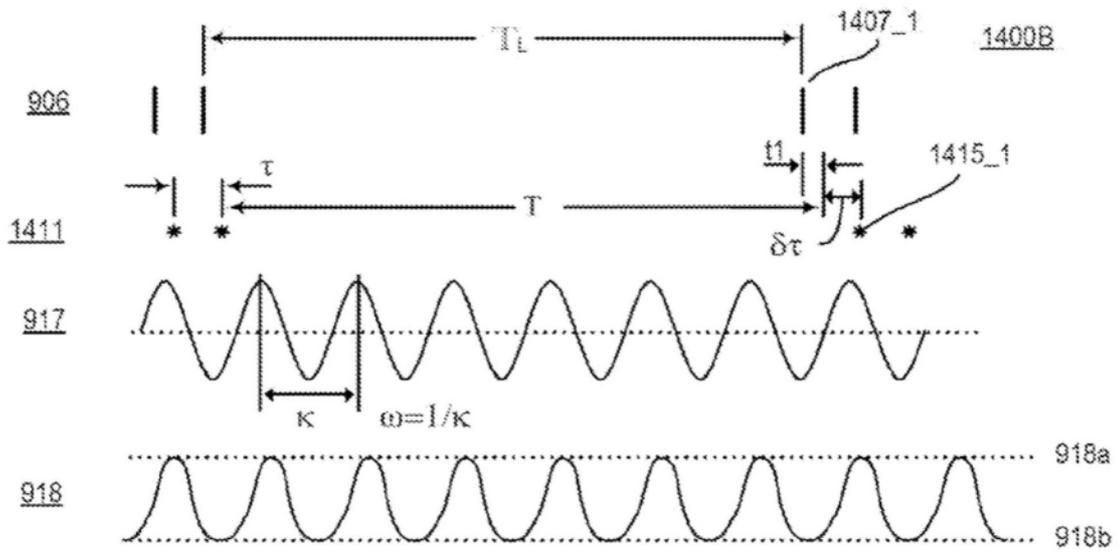


图14

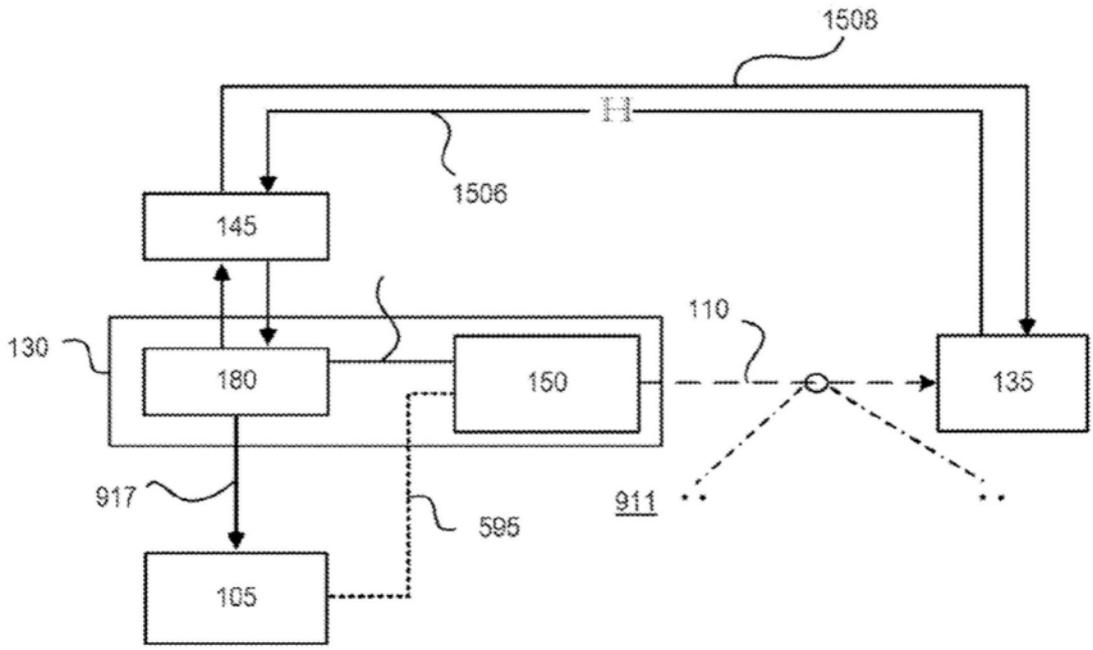
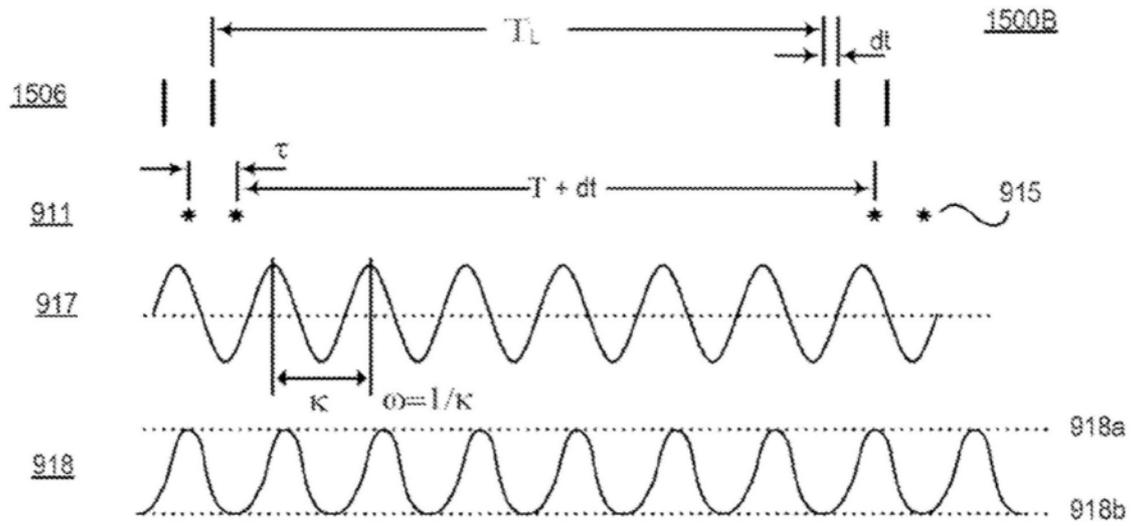


图15

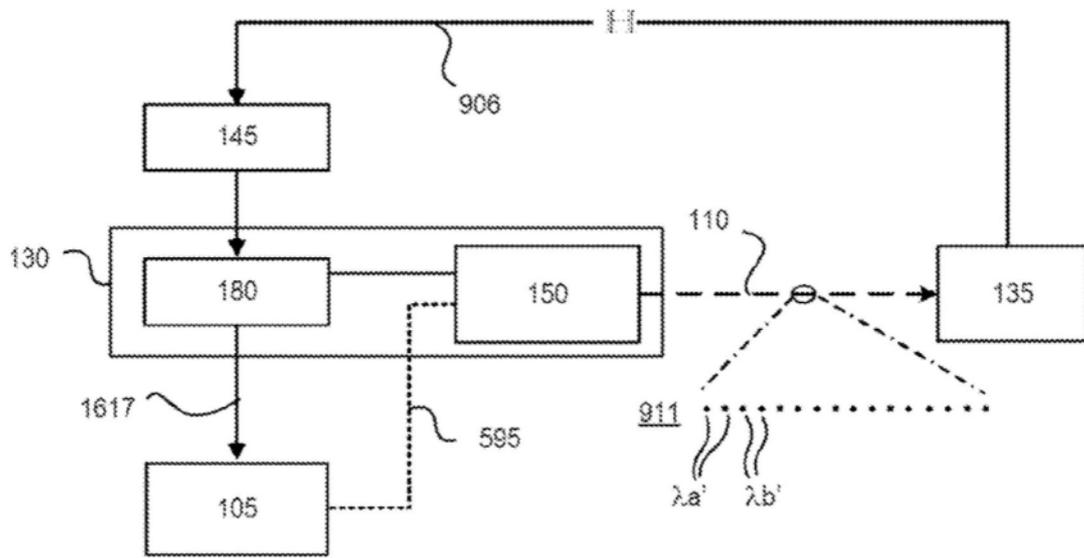
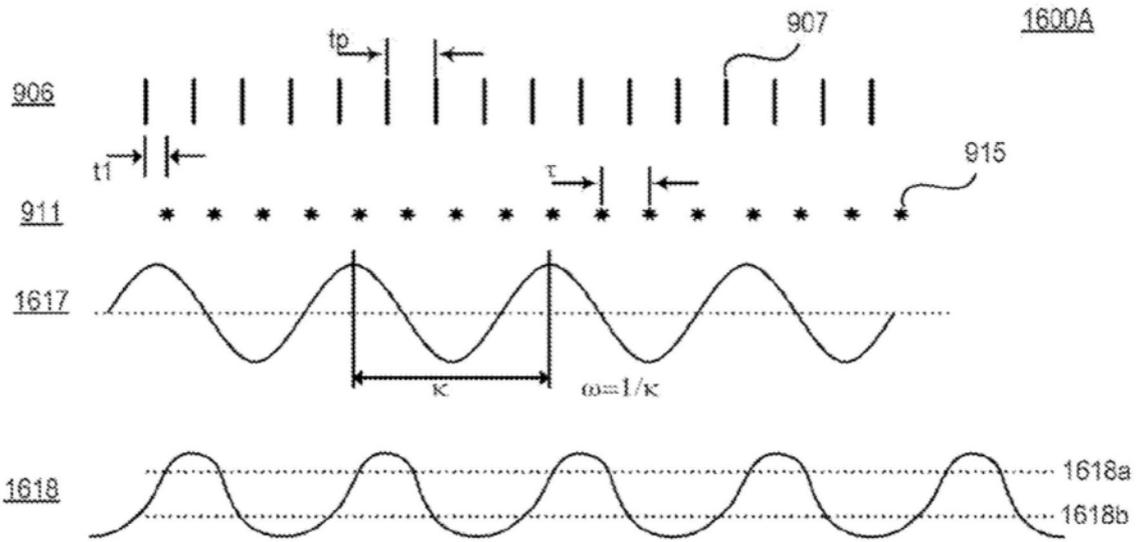


图16

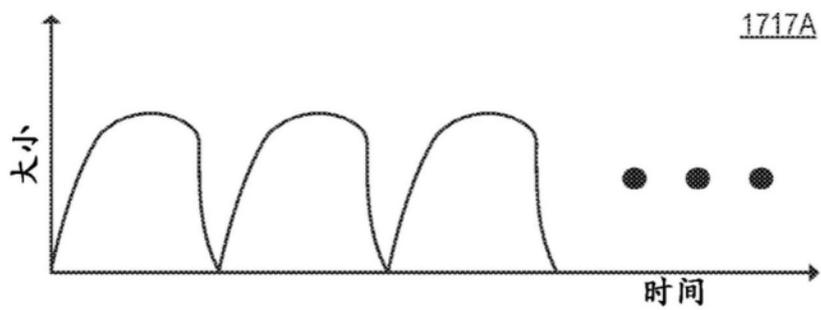


图17A

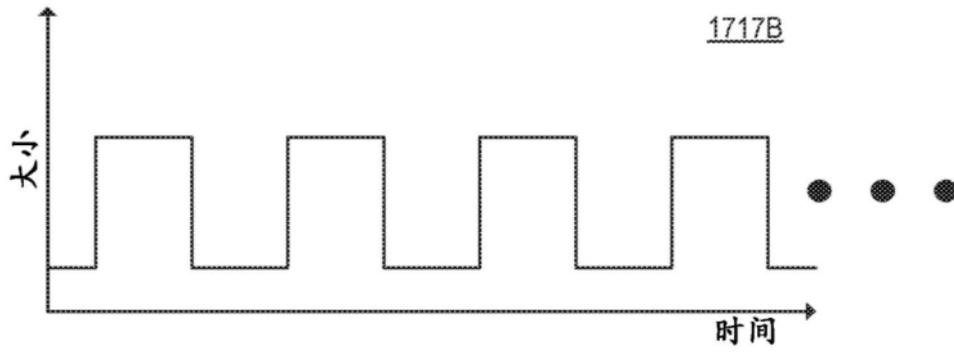


图17B

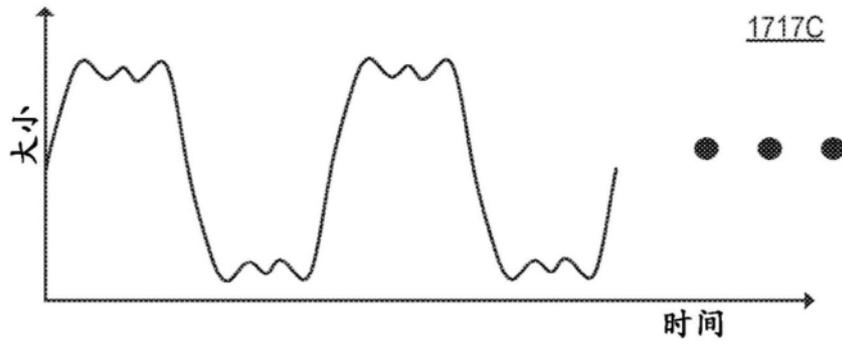


图17C

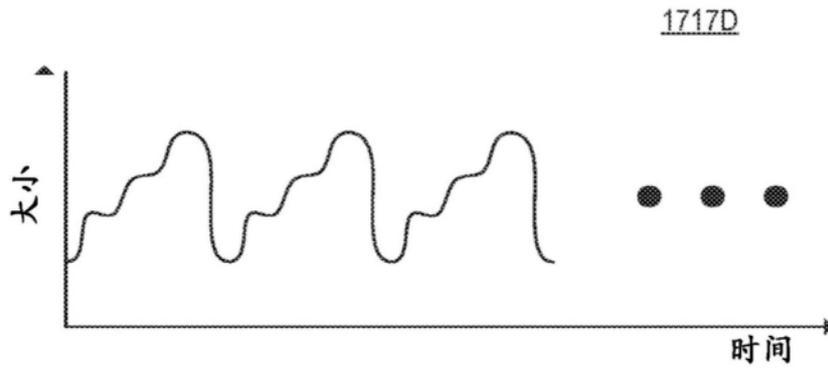


图17D

1800

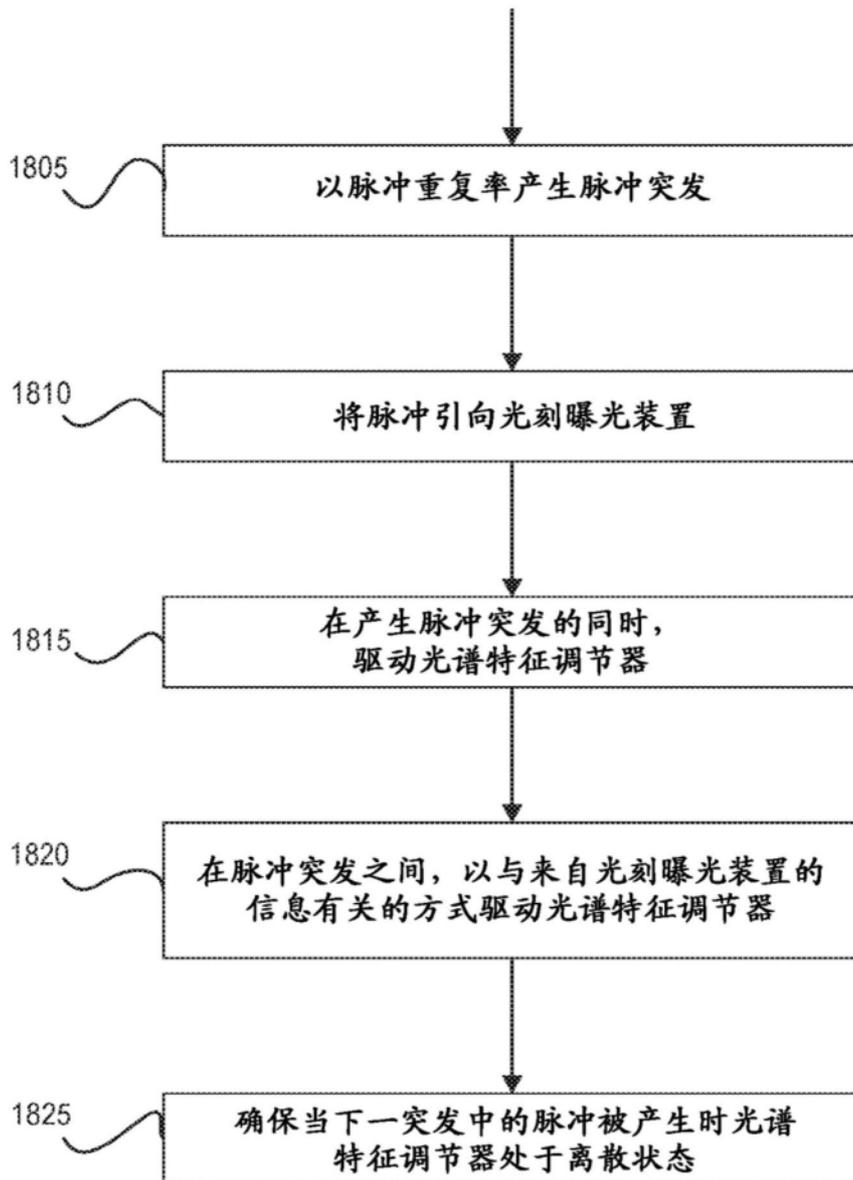


图18

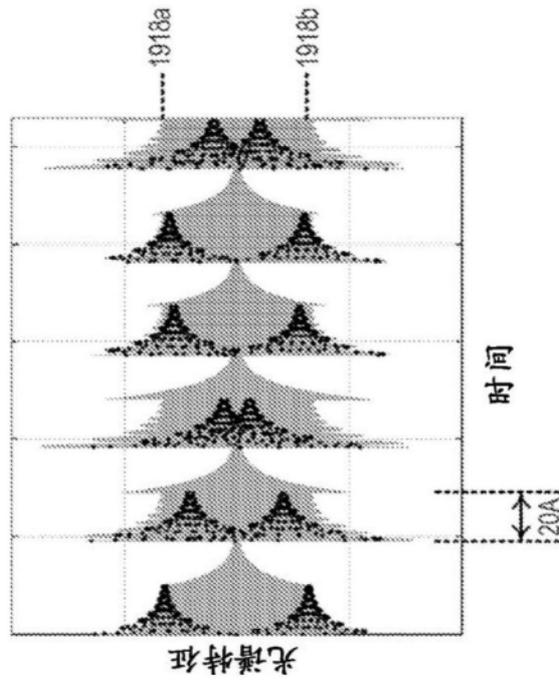


图19A

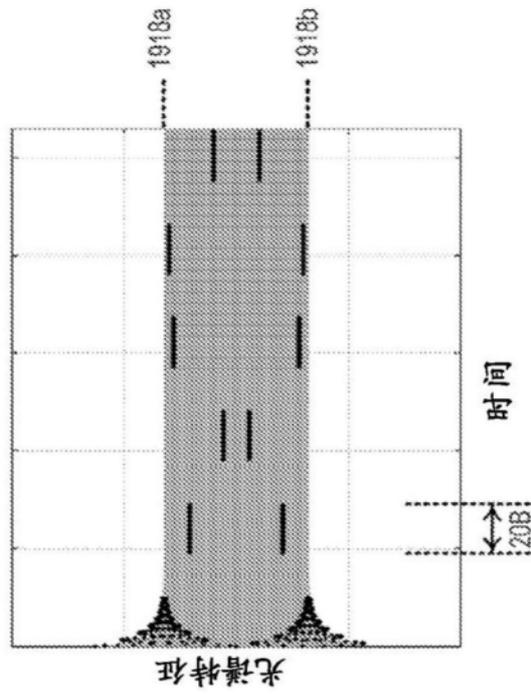


图19B

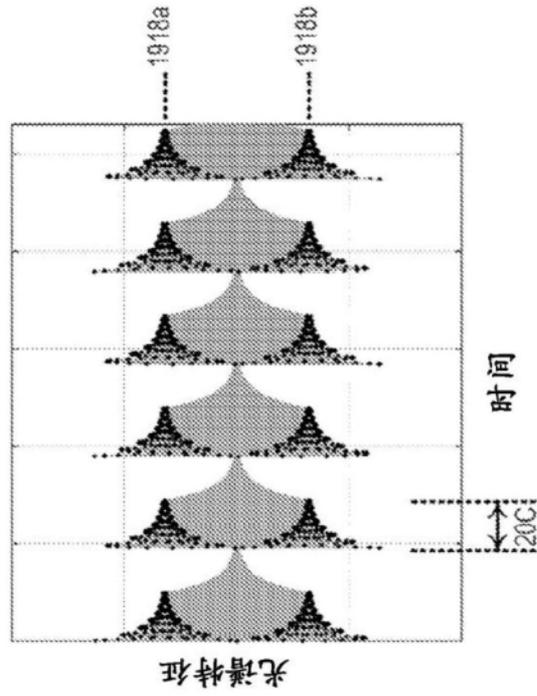


图19C

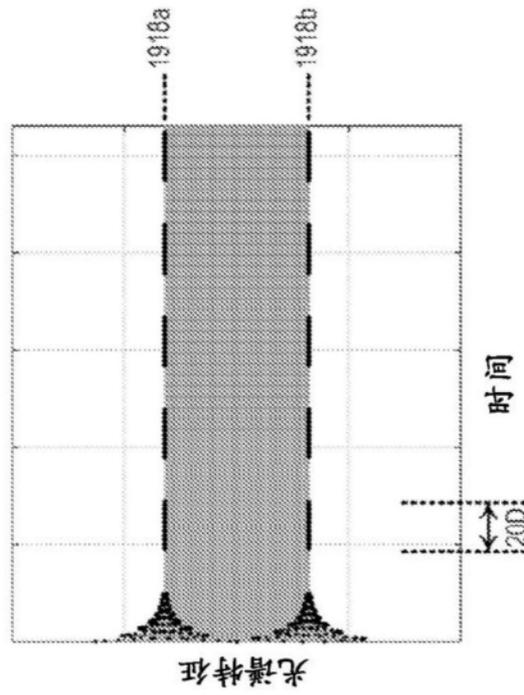


图19D

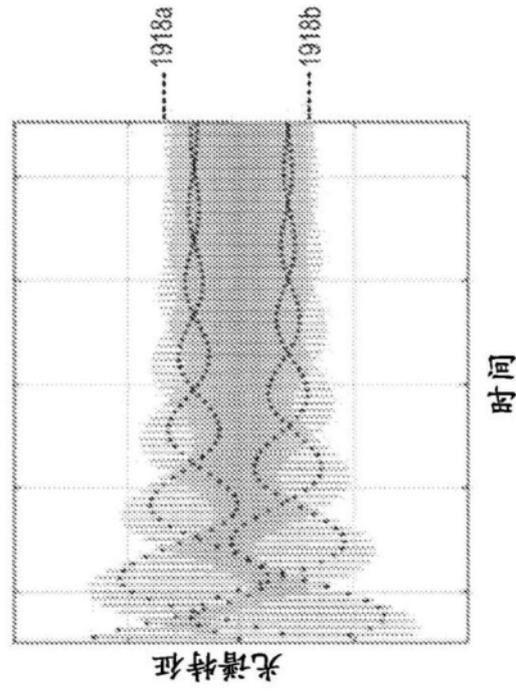


图20A

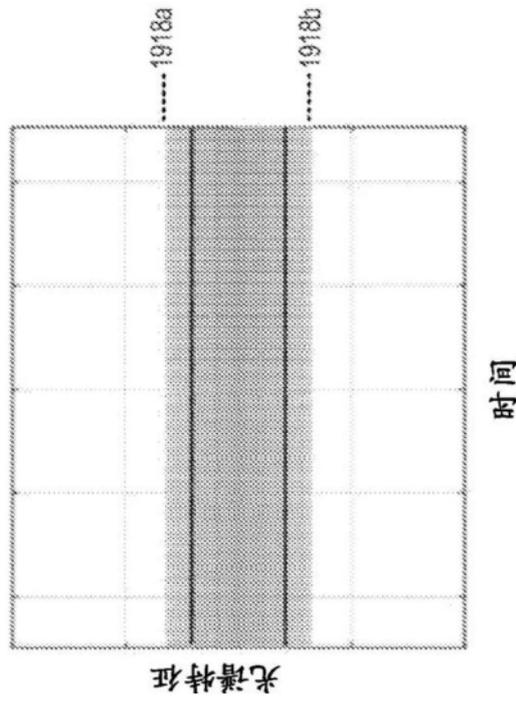
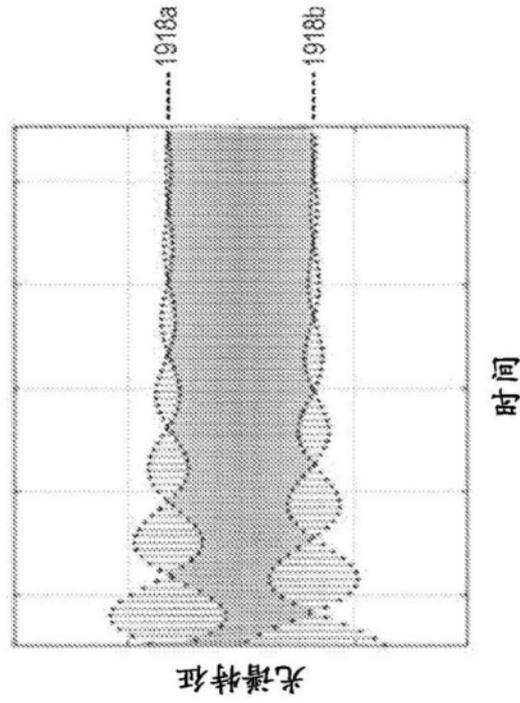
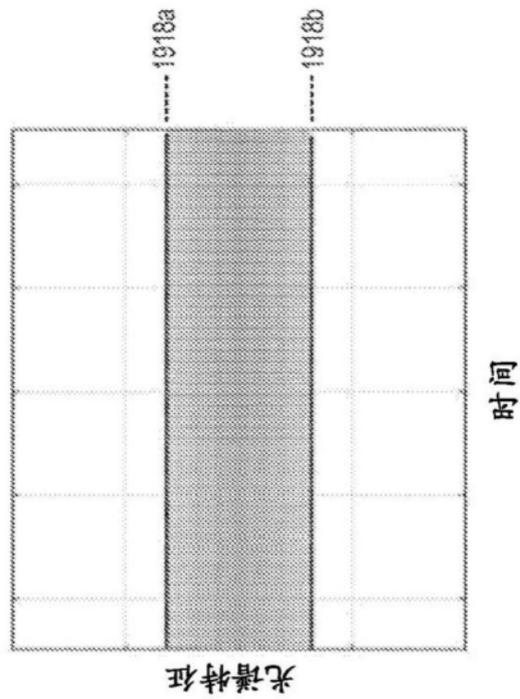


图20B



光谱特征

图20C



光谱特征

图20D

2100

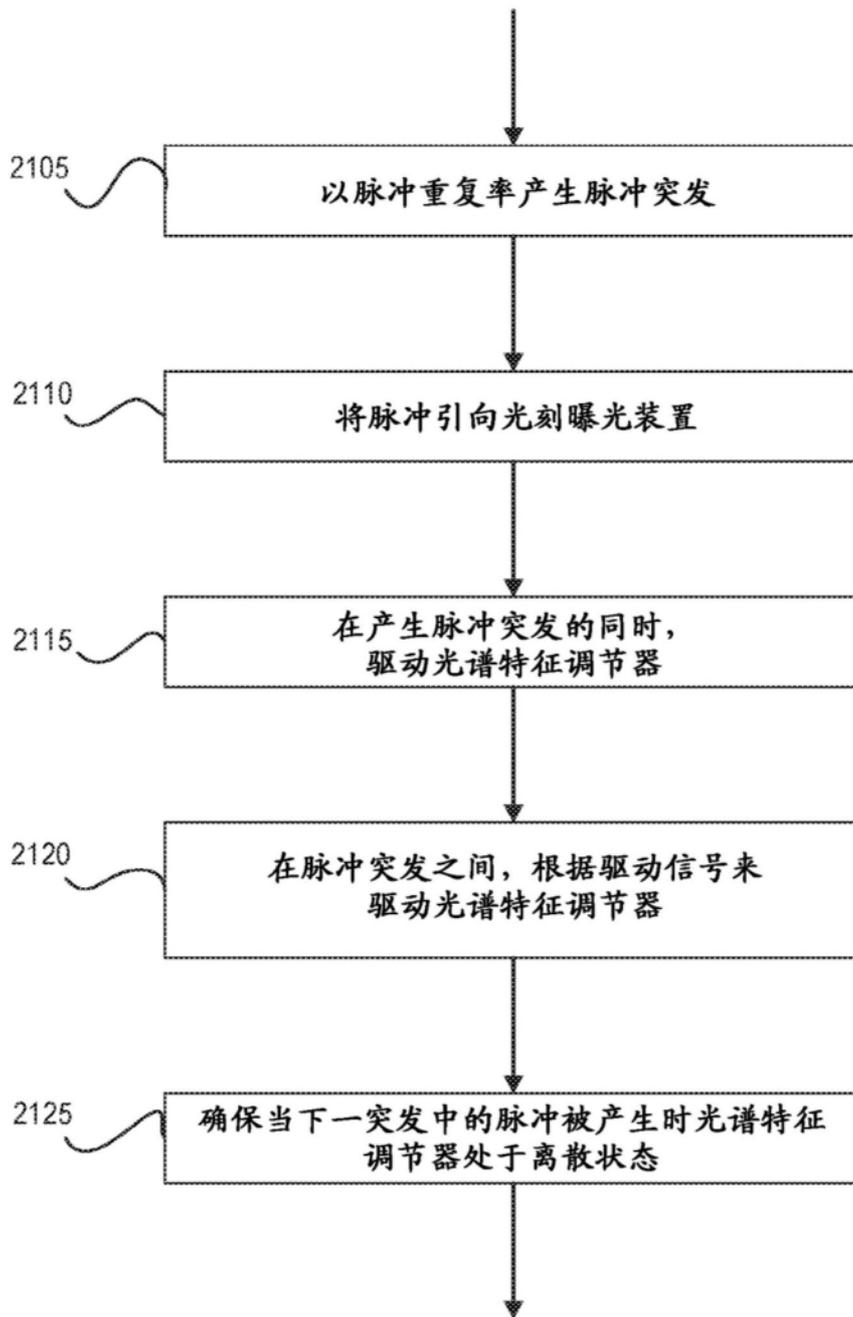


图21