



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109564157 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 201780050429.3

(22) 申请日 2017.08.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109564157 A

(43) 申请公布日 2019.04.02

(30) 优先权数据

62/375,996 2016.08.17 US

15/387,180 2016.12.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.02.15(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/046084 2017.08.09(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/034908 EN 2018.02.22(73) 专利权人 科磊股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州(72) 发明人 安迪(安德鲁)·希尔  
阿姆农·玛纳森 欧哈德·巴沙尔(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司  
11287

专利代理师 刘丽楠

(51) Int.Cl.

G01N 21/31 (2006.01)

G02B 27/28 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105051880 A, 2015.11.11

CN 105051880 A, 2015.11.11

CN 101419335 A, 2009.04.29

CN 1390309 A, 2003.01.08

CN 105045024 A, 2015.11.11

CN 105683818 A, 2016.06.15

US 2015226677 A1, 2015.08.13

US 2006065823 A1, 2006.03.30

US 5304810 A, 1994.04.19

JP 2005156607 A, 2005.06.16

CN 105765801 A, 2016.07.13

审查员 李根

权利要求书5页 说明书15页 附图14页

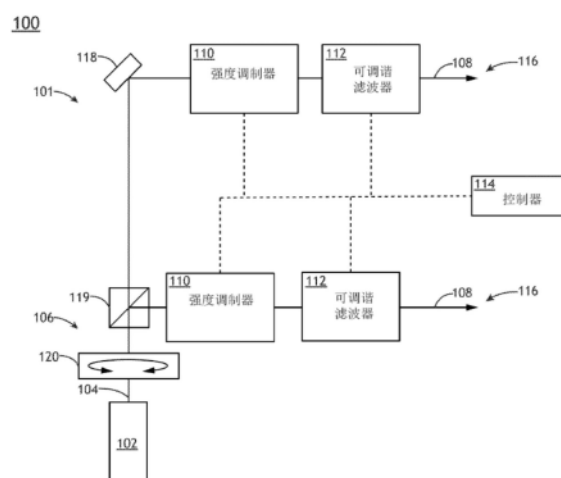
## (54) 发明名称

用于从宽带源产生多通道可调谐照明的系统  
及方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种度量系统,其包含:照明源,其用于产生照明光束;多通道光谱滤波器;聚焦元件,其用于将照明从单个光学柱引导到样本;及至少一个检测器,其用于捕获从所述样本收集的照明。所述多通道光谱滤波器包含具有两个或两个以上通道光束路径的两个或两个以上滤波通道。所述两个或两个以上滤波通道基于两个或两个以上光谱透射率分布来过滤沿所述两个或两个以上通道光束路径传播的照明。所述多通道光学滤波器进一步包含用于将所述照明光束的至少一部分引导到至少一个选定滤波通道中以过滤所述照明光束的通道选择器。所述多通道光谱滤波器进一步包含用于将来自所述两个或两

个以上滤波通道的照明组合成单个光学柱的至少一个光束组合器。



1. 一种度量系统,其包括:

照明源,其经配置以产生具有输入光谱的照明光束;

多通道光谱滤波器,其包括:

两个以上滤波通道,其具有两个以上光谱透射率分布,其中所述两个以上滤波通道中的至少一者包含光谱滤波器;及

通道选择器,其包含光学调制器或偏振旋转器中的至少一者,

其中所述通道选择器经配置以:

通过所述光学调制器从所述两个以上滤波通道动态地选择一或多个选定滤波通道以用于在不修改所述照明光束的所述输入光谱的情况下将所述照明光束的选定强度部分切换到所述两个以上滤波通道中的所述一或多个选定滤波通道中,其中引导到所述一或多个选定滤波通道的所述照明光束的所述选定强度部分具有与所述照明光束同样的输入光谱,以经由所述一或多个选定滤波通道提供所述输入光谱的独立滤波,其中所述一或多个选定滤波通道基于所述一或多个选定滤波通道的光谱透射率分布而产生一或多个滤波输出光束;

至少一个光束组合器,其用于将来自所述两个以上滤波通道的照明组合成单个光学柱;

单个聚焦元件,其用于将来自所述单个光学柱中的所述两个以上滤波通道的照明引导到样本;

至少一个可调光束偏转器,其对从所述两个以上滤波通道中的至少一个滤波通道通过所述单个聚焦元件在两个以上选定位置上照明所述样本的照明光学路径进行选择性的调整;以及

两个以上检测器,其用于捕获来自所述样本的所述两个以上选定位置的辐射。

2. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述照明源包括:

空间相干照明源。

3. 根据权利要求2所述的度量系统,其中所述空间相干照明源包括:

超连续光谱激光器。

4. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述照明源包括:

弧光灯、放电灯、无极灯或激光维持等离子体源中的至少一者。

5. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述通道选择器包括:

分束器中的至少一者。

6. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述通道选择器包括:

波片或电光盒中的至少一者;及

偏振分束器。

7. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述光学调制器包括:

声光调制器、电光调制器、电流计镜或压电镜中的至少一者。

8. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述两个以上滤波通道中的至少一者的所述光谱滤波器包含一或多个可调谐光谱滤波器。

9. 根据权利要求8所述的度量系统,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器包括:

低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或带阻滤波器中的至少一者。

10. 根据权利要求8所述的度量系统,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器包括:  
一或多个滤波器更换器,其用于固定一或多个可选离散光谱滤波器。
11. 根据权利要求8所述的度量系统,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器的一或多个滤波特性基于所述照明光束的所述选定强度部分的入射角或入射位置中的至少一者而可调谐。
12. 根据权利要求11所述的度量系统,其中所述一或多个滤波特性包括:  
光谱带宽、中心波长或透射率值中的至少一者。
13. 根据权利要求8所述的度量系统,其进一步包括:  
一或多个可平移滤波器安装座,其用于固定所述一或多个可调谐光谱滤波器。
14. 根据权利要求13所述的度量系统,其中所述一或多个可平移滤波器安装座中的至少一者包括:  
线性可平移滤波器安装座,其经配置以调整所述一或多个可调谐滤波器上的所述照明光束的所述选定强度部分的入射位置。
15. 根据权利要求13所述的度量系统,其中所述一或多个可平移滤波器安装座中的至少一者包括:  
旋转可平移滤波器安装座,其经配置以调整所述一或多个可调谐滤波器上的所述照明光束的所述选定强度部分的入射角。
16. 根据权利要求8所述的度量系统,其中所述一或多个可调谐滤波器中的可调谐滤波器包括:  
双光栅单色仪。
17. 根据权利要求16所述的度量系统,其中所述双光栅单色仪包括:  
第一光栅,所述第一光栅经配置以将所述照明光束的所述选定强度部分光谱地色散为经空间分散的通道光束,其中所述第一光栅的色散是可配置的;  
第一光学透镜,所述第一光学透镜经配置以将所述经光谱色散的通道光束聚焦于焦平面处,其中所述焦平面处的所述经光谱色散的通道光束的光谱的分布由所述第一光栅的所述色散确定;  
空间滤波器,其经定位于所述焦平面处,其中所述空间滤波器空间地过滤所述经光谱色散的通道光束的所述光谱;  
第二光学透镜,其经配置以收集从所述空间滤波器透射的所述经光谱色散的通道光束;及  
第二光栅,所述第二光栅经配置以移除所述经光谱色散的通道光束的所述色散。
18. 根据权利要求1所述的度量系统,其中所述两个以上滤波通道中的至少一个滤波通道包含强度调制器。
19. 根据权利要求18所述的度量系统,其中所述强度调制器包括:  
快门或中性密度滤波器中的至少一者。
20. 根据权利要求18所述的度量系统,其中所述强度调制器包括:  
波片或电光盒中的至少一者;及  
偏振器。
21. 一种多通道照明源,其包括:

照明源,其经配置以产生具有输入光谱的照明光束;及  
多通道光谱滤波器,其包括:

两个以上滤波通道,其具有两个以上光谱透射率分布,其中所述两个以上滤波通道中的至少一者包含光谱滤波器;及

通道选择器,其包含光学调制器或偏振旋转器中的至少一者,  
其中所述通道选择器经配置:

通过所述光学调制器从所述两个以上滤波通道动态地选择一或多个选定滤波通道以用于以在不修改所述照明光束的所述输入光谱的情况下将所述照明光束的选定强度部分引导到所述两个以上滤波通道中的所述一或多个选定滤波通道中,其中引导到所述一或多个选定滤波通道的所述照明光束的所述选定强度部分具有与所述照明光束同样的输入光谱,以经由所述一或多个选定滤波通道提供所述输入光谱的独立滤波,其中所述一或多个选定滤波通道基于所述一或多个选定滤波通道的光谱透射率分布和所述输入光谱而产生一或多个滤波输出光束。

22. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述照明源包括:  
单个照明源。

23. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述照明源包括:  
空间相干照明源。

24. 根据权利要求23所述的多通道照明源,其中所述空间相干照明源包括:  
超连续光谱激光器。

25. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述照明源包括:  
弧光灯、放电灯、无极灯或激光维持等离子体源中的至少一者。

26. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其进一步包括:

至少一个光束组合器,其经配置以将来自所述两个以上滤波通道的照明组合成共同输出光束路径以产生经组合滤波输出光束。

27. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述一或多个选定滤波通道包括:

在给定时间的单个选定滤波通道,其中所述通道选择器经配置以将所述照明光束引导到所述两个以上滤波通道中的所述单个选定滤波通道。

28. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述一或多个选定滤波通道包括:

两个以上同时选定滤波通道,其中所述通道选择器经配置以将所述照明光束的选定强度部分同时引导到所述两个以上同时选定滤波通道以产生至少两个滤波输出光束。

29. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述通道选择器包括:

波片或电光盒中的至少一者;及  
偏振分束器。

30. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述光学调制器包括:  
声光调制器、电光调制器、电流计镜或压电镜中的至少一者。

31. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述两个以上滤波通道的至少一个滤波通道包括:一或多个可调谐光谱滤波器。

32. 根据权利要求31所述的多通道照明源,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器包括:  
低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或带阻滤波器中的至少一者。

33. 根据权利要求31所述的多通道照明源,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器包括:一或多个滤波器更换器,其用于固定一或多个可选离散光谱滤波器。

34. 根据权利要求31所述的多通道照明源,其中所述一或多个可调谐光谱滤波器的一或多个滤波特性基于所述照明光束的所述选定强度部分的入射角或入射位置中的至少一者而可调谐。

35. 根据权利要求34所述的多通道照明源,其中所述一或多个滤波特性包括:光谱带宽、中心波长或透射率值中的至少一者。

36. 根据权利要求31所述的多通道照明源,其进一步包括:

一或多个可平移滤波器安装座,其用于固定所述一或多个可调谐光谱滤波器。

37. 根据权利要求36所述的多通道照明源,其中所述一或多个可平移滤波器安装座中的至少一者包括:

线性可平移滤波器安装座,其经配置以调整所述一或多个可调谐滤波器上的所述照明光束的所述选定强度部分的入射位置。

38. 根据权利要求36所述的多通道照明源,其中一或多个可平移滤波器安装座中的至少一者包括:

旋转可平移滤波器安装座,其经配置以调整所述一或多个可调谐滤波器上的所述照明光束的所述选定强度部分的入射角。

39. 根据权利要求31所述的多通道照明源,其中所述一或多个可调谐滤波器中的可调谐滤波器包括:

双光栅单色仪。

40. 根据权利要求39所述的多通道照明源,其中所述双光栅单色仪包括:

第一光栅,所述第一光栅经配置以将所述照明光束的所述选定强度部分光谱地色散为经空间分散的通道光束,其中所述第一光栅的色散是可配置的;

第一光学透镜,所述第一光学透镜经配置以将所述经光谱色散的通道光束聚焦于焦平面处,其中所述焦平面处的所述经光谱色散的通道光束的光谱的分布由所述第一光栅的所述色散确定;

空间滤波器,其经定位于所述焦平面处,其中所述空间滤波器空间地过滤所述经光谱色散的通道光束的所述光谱;

第二光学透镜,其经配置以收集从所述空间滤波器透射的所述经光谱色散的通道光束;及

第二光栅,所述第二光栅经配置以移除所述经光谱色散的通道光束的所述色散。

41. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述两个以上滤波通道中的至少一个滤波通道包含强度调制器。

42. 根据权利要求41所述的多通道照明源,其中所述强度调制器包括:

快门或中性密度滤波器中的至少一者。

43. 根据权利要求41所述的多通道照明源,其中所述强度调制器包括

波片或电光盒中的至少一者;及

偏振器。

44. 根据权利要求26所述的多通道照明源,其中两个以上过滤通道中的至少一者进一

步包含过滤通道快门,以选择性地通过相应的一或多个滤波输出光束。

45. 根据权利要求44所述的多通道照明源,其中所述通道选择器包括:

非偏振分束器,其中所述至少一个光束组合器包括:

非偏振分束器。

46. 根据权利要求45所述的多通道照明源,其中所述多通道照明源进一步包括:

波片或电光盒中的至少一者,其经配置以选择性调整所述经组合滤波光束的偏振方向;以及

偏振分束器,其将所述经组合滤波光束分为两个输出通道。

47. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述两个以上滤波通道包括:

第一滤波通道和第二滤波通道,其中所述通道选择器经配置以在所述两个滤波通道之间划分所述照明光束。

48. 根据权利要求47所述的多通道照明源,其进一步包括:

第一光束分离器,其基于第一滤波光束的偏振方向而将所述第一滤波光束分为第一输出通道和第二输出通道;以及

第二光束分离器,其基于第二滤波光束的偏振方向而将所述第二滤波光束分为第三输出通道和第四输出通道。

49. 根据权利要求21所述的多通道照明源,其中所述通道选择器包含偏振控制器,所述偏振控制器包括:

波片或电光盒中的至少一者。

50. 一种多通道光谱滤波器,其包括:

两个以上滤波通道,其具有两个以上光谱透射率分布,其中所述两个以上滤波通道中的至少一者包含光谱滤波器;及

通道选择器,其包含光学调制器或偏振旋转器中的至少一者,其中所述通道选择器经配置以:

通过所述光学调制器从所述两个以上滤波通道动态地选择一或多个选定滤波通道以用于在不修改具有输入光谱的照明光束的所述输入光谱的情况下将所述照明光束的选定强度部分切换到所述两个以上滤波通道中的所述一或多个选定滤波通道中,其中引导到所述一或多个选定滤波通道的所述照明光束的所述选定强度部分具有与所述照明光束同样的输入光谱,以经由所述一或多个选定滤波通道提供所述输入光谱的独立滤波,其中所述一或多个选定滤波通道基于所述一或多个选定滤波通道的光谱透射率分布和所述输入光谱而产生一或多个滤波输出光束。

## 用于从宽带源产生多通道可调谐照明的系统及方法

### [0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案根据35 U.S.C. §119(e) 规定主张名叫安德鲁·V·希尔(Andrew V. Hill)、安农·马纳森(Amnon Manassen)及奥哈德·巴查尔(Ohad Bachar)的发明者的名称为“用于从宽带源产生多通道可调谐照明的系统及方法(SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING MULTI-CHANNEL TUNABLE ILLUMINATION FROM A BROADBAND SOURCE)”的2016年8月17日申请的第62/375,996号美国临时申请案的权利,所述申请案的全文以引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及宽带照明源,且更特定来说,本发明涉及从单个宽带照明源产生多个照明光谱。

### 背景技术

[0004] 可调谐光源可提供调谐成给定光谱范围内的一或多个选择波长的照明。但是,典型可调谐光源独立且精确地修改经调谐照明光束的多个光谱区域的总强度、光谱功率及/或偏振的能力是有限的。因此,可期望提供一种用于纠正缺陷(例如上述缺陷)的系统及方法。

### 发明内容

[0005] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种度量系统。在说明性实施例中,所述系统包含用于产生照明光束的照明源。在另一说明性实施例中,所述系统包含多通道光谱滤波器。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含两个或两个以上滤波通道,其包含两个或两个以上通道光束路径。在另一说明性实施例中,所述两个或两个以上滤波通道基于两个或两个以上光谱透射率分布来过滤沿所述两个或两个以上通道光束路径传播的照明。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含通道选择器,其用于将所述照明光束的至少一部分引导到所述两个或两个以上滤波通道的至少一个选定滤波通道中以基于所述两个或两个以上光谱透射率分布的选定光谱透射率分布来过滤所述照明光束的所述至少一部分。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含用于将来自所述两个或两个以上滤波通道的照明组合成单个光学柱的至少一个光束组合器。在另一说明性实施例中,所述系统包含用于将来自所述单个光学柱的照明引导到样本的聚焦元件。在另一说明性实施例中,所述系统包含用于从所述样本捕获辐射的至少一个检测器。

[0006] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种多通道光谱滤波器。在说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含两个或两个以上滤波通道,其包含两个或两个以上通道光束路径。在另一说明性实施例中,所述两个或两个以上滤波通道基于两个或两个以上光谱透射率分布来过滤沿所述两个或两个以上通道光束路径传播的照明。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含通道选择器,其用于将照明光束的至少一部分引导到

所述两个或两个以上滤波通道的至少一个选定滤波通道中以基于所述两个或两个以上光谱透射率分布的选定光谱透射率分布来过滤所述照明光束的所述至少一部分。

[0007] 根据本发明的一或多个说明性实施例,揭示一种多通道照明源。在说明性实施例中,所述多通道照明源包含经配置以产生照明光束的宽带照明源。在另一说明性实施例中,所述多通道照明源包含多通道光谱滤波器。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含两个或两个以上滤波通道,其包含两个或两个以上通道光束路径。在另一说明性实施例中,所述两个或两个以上滤波通道基于两个或两个以上光谱透射率分布来过滤沿所述两个或两个以上通道光束路径传播的照明。在另一说明性实施例中,所述多通道光谱滤波器包含通道选择器,其经配置以将所述照明光束的至少一部分引导到所述两个或两个以上滤波通道的至少一个选定滤波通道中以基于所述两个或两个以上光谱透射率分布的选定光谱透射率分布来过滤所述照明光束的所述至少一部分。

[0008] 应了解,以上一般描述及以下详细描述两者仅供例示及说明且未必限制所主张的发明。并入本说明书中且构成本说明书的部分的附图说明本发明的实施例且连同一般描述用以解释本发明的原理。

## 附图说明

[0009] 所属领域的技术人员可通过参考附图较好地理解本发明的若干优点,其中:

[0010] 图1A是根据本发明的一或多个实施例的包含多通道可调谐光谱滤波器及具有宽光谱的宽带照明源的多通道照明源的概念图。

[0011] 图1B是根据本发明的一或多个实施例的多通道可调谐光谱滤波器的概念图,其中通道光束经进一步分裂成多个输出照明光束。

[0012] 图1C是根据本发明的一或多个实施例的具有两个通道光束的多通道可调谐光谱滤波器的概念图,其中所述两个通道经组合成组合输出照明光束。

[0013] 图1D是根据本发明的一或多个实施例的多通道可调谐光谱滤波器的概念图,其中组合输出照明光束经进一步分裂成多个输出照明光束。

[0014] 图2是根据本发明的一或多个实施例的说明强度调制器的展开图的多通道照明源的概念图。

[0015] 图3A是根据本发明的一或多个实施例的说明包含滤波器更换器的可调谐滤波器的多通道照明源的概念图。

[0016] 图3B是说明根据本发明的一或多个实施例的第一光谱滤波器的光谱透射率的图。

[0017] 图3C是说明根据本发明的一或多个实施例的第二光谱滤波器的光谱透射率的图。

[0018] 图3D是说明根据本发明的一或多个实施例的与图3C的第二光谱滤波器串接的图3B的第一光谱滤波器的光谱透射率的图。

[0019] 图4是根据本发明的一或多个实施例的含有适于光谱过滤通道光束以包含可在三个光谱窗内调谐的窄带光谱轮廓的光谱滤波器的三个滤波器更换器的示意图。

[0020] 图5是根据本发明的一或多个实施例的说明包含角可调谐光谱滤波器的可调谐滤波器的多通道照明源的概念图。

[0021] 图6是根据本发明的一或多个实施例的多通道照明源的概念图,其说明包含线性可调谐光谱滤波器的可调谐滤波器。



[0022] 图7是根据本发明的一或多个实施例的包含具有空间滤波器的双光栅单色仪的可调谐滤波器的概念图。

[0023] 图8是根据本发明的一或多个实施例的包含多通道照明源的度量系统的概念图。

[0024] 图9是根据本发明的一或多个实施例的包含具有多通道可调谐光谱滤波器的多通道照明源的多光束度量系统的概念图。

## 具体实施方式

[0025] 现将详细参考附图中所说明的标的物。已相对于特定实施例及其特定特征来特别展示及描述本发明。本文中所阐述的实施例被视为具说明性而非限制性。所属领域的技术人员应易于明白,可在不背离本发明的精神及范围的情况下对形式及细节作出各种改变及修改。

[0026] 大体上参考图1到8,根据本发明的一或多个实施例,揭示用于调谐宽带照明源的光谱分布的系统及方法。本发明的实施例涉及多通道可调谐光谱滤波器。例如,多通道可调谐光谱滤波器可将输入照明光束分离成一或多个通道,使得每一通道光束可具有独立可修改光谱分布、总强度及/或偏振。就此来说,多通道可调谐光谱滤波器可通过引导照明光束的部分通过一或多个滤波通道来调谐照明的入射照明光束的光谱。额外实施例涉及其中通道光束(例如沿滤波通道传播的入射照明光束的部分)经提供为输出照明光束的多通道可调谐滤波器。额外实施例涉及其中两个或两个以上通道光束经组合以形成组合输出照明光束的多通道可调谐滤波器。额外实施例涉及包含宽带照明源的多通道照明源及多通道可调谐光谱滤波器。进一步实施例涉及包含多通道照明源的度量系统。

[0027] 典型光谱滤波器可通过相对于其它波长减小选择波长的光谱功率来修改入射照明(例如电磁辐射或类似者)的光谱。因此,光谱滤波器的光谱透射比可描述依据波长而变化的照明透射比(例如从0%到100%、0到1或类似者)。应注意,透射比可指通过透射及/或反射通过滤波器的照明。例如,典型光谱滤波器可包含(但不限于)定位于透镜傅立叶(Fourier)平面(其中空间分布光谱成分)中的一或多个波长相依滤波器、一或多个光谱滤波器或一或多个空间滤波器。

[0028] 可调谐光谱滤波器可选择性地修改依据波长而变化的空间透射比,使得可动态地调谐入射照明的光谱。就此来说,可调谐光谱滤波器可选择性地修改照明的光谱功率(例如每单位波长的功率)。例如,可调谐光谱滤波器可通过各种方法(例如(但不限于)使用另一光谱滤波器来替换具有固定光谱透射率的光谱滤波器(例如,经由滤波器更换器或类似者)、调整具有定向相依光谱透射率的光谱滤波器的位置及/或角度或平移一或多个空间滤波元件)来修改光谱透射比。

[0029] 本文中应认识到,修改可调谐光谱滤波器的光谱透射率的调谐速度可高度取决于可调谐滤波器的组件。在许多情况中,切换速度可取决于一或多个元件可物理平移的速度。本发明的一些实施例涉及具有多个光谱滤波通道及通道选择器的多通道可调谐光谱滤波器。光谱滤波通道可具有可基于此项技术中已知的任何光谱滤波技术而产生的不同光谱透射率。就此来说,可通过动态地选择入射照明光束传播通过何种滤波通道或通道部分来调谐所述照明光束的光谱。因此,通道选择器可在通道之间选择性地引导照明光束的部分的切换速度可比单个可调谐光谱滤波器的调谐速度快。

[0030] 根据本发明的实施例所描述的多通道可调谐光谱滤波器可提供具有不同光谱成分的一或多个通道光束。在一个实施例中,每一滤波通道提供单独通道光束作为来自多通道可调谐光谱滤波器的输出光束。在另一实施例中,来自多个光谱通道的通道光束经组合成组合输出光束。例如,具有含不同光谱透射率的多个滤波通道的单输出多通道可调谐光谱滤波器可(但非必需)通过在多个滤波通道之间选择性地切换照明光束的全功率来动态地调谐所述照明光束的光谱。

[0031] 本发明的额外实施例涉及其中可调谐滤波通道的光谱透射率的多通道可调谐光谱滤波器。例如,包含可调谐带通滤波器的通道可(但非必需)动态地修改通过照明的中心波长、低通截止波长、高通截止波长、光谱带宽、通过波长与滤波波长之间的转变的急剧程度或类似者。应注意,与滤波通道之间的分布照明相关联的切换时间可比滤波通道的调谐时间快。但是,具有独立可调谐滤波通道或多通道可调谐光谱滤波器可提供灵活平台以在不同光谱透射率之间快速切换。例如,在一个实施例中,多通道可调谐光谱滤波器可引导来自照明光束的照明通过一或多个滤波通道,同时修改一或多个额外调谐通道的光谱透射率。因此,多通道可调谐光谱滤波器随后可在未发生与调谐特定滤波通道相关联的时间延迟的情况下将来自照明光束的照明引导到一或多个额外滤波通道。一般来说,多通道可调谐光谱滤波器能够在每一通道内使用任何光谱调谐方法来快速调谐入射照明光束的光谱(例如滤波通道中的固定光谱透射率、滤波通道的相对较慢可调谐光谱透射率或类似者)。

[0032] 另外,多通道可调谐光谱滤波器中的每一通道可提供(但非必需提供)滤波照明的光谱成分的快速修改、滤波照明的稳定光谱、通过照明的所要光谱范围内的光谱功率的最小损耗、被拒照明的非所要光谱范围内的光谱功率的最大衰减、照明的通过波长与被拒波长之间的急剧转变、高可调谐光谱分辨率(例如选择性地修改窄波长范围的光谱功率的能力或类似者)及/或滤波照明的相位分布的最小扰动。

[0033] 在用于度量系统的照明源的背景下,包含多通道可调谐光谱滤波器的多通道照明源可提供待引导到样本的具有独立调谐光谱成分(例如,具有照明的可调谐光谱带宽、通带的中心波长或类似者)的一或多个照明光束。就此来说,包含多通道照明源的度量系统(其具有针对每一通道的独立光谱控制)可使用宽连续波长范围内的选择性控制光谱来照明样本。另外,多通道照明源可同时或循序使用来自每一通道的照明来照明样本。此外,多通道照明源可使用不同通道的照明来照明样本的不同部分(例如度量目标的不同单元或类似者)。就此来说,多通道照明源能够优化度量目标的不同单元的多个照明轮廓(例如多个光谱轮廓)。

[0034] 2009年10月22日公开的第2009/0262366号美国专利公开申请案中大体上描述角分辨散射仪,所述申请案的全文以引用的方式并入本文中。另外,应注意,可在各种应用中有益地利用多通道光谱可调谐照明源。因此,本发明的精神及范围可扩展到多通道光谱可调谐照明源的任何应用。

[0035] 图1A是根据本发明的一或多个实施例的多通道照明源100的概念图,多通道照明源100包含多通道可调谐光谱滤波器101及具有宽光谱(例如照明的波长范围)的宽带照明源102。在一个实施例中,宽带照明源102产生照明光束104。宽带照明源102可包含适于提供具有大波长范围的照明光束104的任何类型的照明源。在一个实施例中,宽带照明源102是激光源。例如,宽带照明源102可包含(但不限于)宽带激光源、超连续光谱激光源、白光激光

源或类似者。就此来说,宽带照明源102可提供具有高相干性(例如高空间相干性及/或时间相干性)的照明光束104。在另一实施例中,宽带照明源102包含激光维持等离子体(LSP)源。例如,宽带照明源102可包含(但不限于)LSP灯、LSP灯泡或LSP室,其适于含有可在由激光源激发成等离子体状态时发射宽带照明的一或多个元素。在另一实施例中,宽带照明源102包含灯源。例如,宽带照明源102可包含(但不限于)弧光灯、放电灯、无极灯或类似者。就此来说,宽带照明源102可提供具有低相干性(例如低空间相干性及/或时间相干性)的照明光束104。

[0036] 宽带照明源102可进一步产生具有任何时间轮廓的宽带照明。例如,宽带照明源102可产生连续照明光束104、脉冲照明光束104或调制照明光束104。另外,可经由自由空间传播或导向光(例如光纤、光导管或类似者)从宽带照明源102传递照明光束104。

[0037] 在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含用于将照明光束104分离成两个或两个以上通道光束108(例如沿两个或两个以上滤波通道的任何者传播的照明光束的部分)的通道选择器106。在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101的一或多个通道包含用于控制通道光束108的强度的强度调制器110。在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101的一或多个通道包含用于控制通道光束108的光谱成分的可调谐滤波器112。在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含通信地耦合到强度调制器110或可调谐滤波器112中的至少一者的控制器114。就此来说,控制器114可将一或多个信号提供到强度调制器110及/或可调谐滤波器112的一或多个组件以调谐通道光束108中的每一者的强度及/或光谱成分。在另一实施例中,通道光束108中的每一者经提供为输出照明光束116。因此,输出照明光束116可经提供到外部系统(例如照明源、度量系统或类似者)。

[0038] 在另一实施例中,控制器114包含一或多个处理器128。在另一实施例中,一或多个处理器128经配置以执行保存于存储器媒质130或存储器中的一组程序指令。此外,控制器114可包含一或多个模块,其含有可由一或多个处理器128执行的存储于存储器媒质130中的一或多个程序指令。控制器114的一或多个处理器128可包含此项技术中已知的任何处理元件。就此来说,一或多个处理器128可包含经配置以执行算法及/或指令的任何微处理器型装置。在一个实施例中,一或多个处理器128可由以下组成:台式计算机、大型计算机系统、工作站、图像计算机、并行处理器或经配置以执行程序(其经配置以操作多通道可调谐光谱滤波器101)的任何其它计算机系统(例如网络计算机),如本发明中所描述。应进一步认识到,术语“处理器”可经广泛定义以涵盖具有一或多个处理元件(其执行来自非暂时性存储器媒质130的程序指令)的任何装置。

[0039] 本文中应认识到,本发明中所描述的步骤可由控制器114实施。此外,控制器114可由单个组件或多个组件形成。本文中应进一步注意,控制器114的多个组件可容置于共同外壳中或多个外壳内。依此方式,任何控制器或控制器组合可经单独封装为适于集成到多通道可调谐光谱滤波器101中的模块。

[0040] 存储器媒质130可包含此项技术中已知的任何存储媒体,其适于存储可由相关联的一或多个处理器128执行的程序指令。例如,存储器媒质130可包含非暂时性存储媒体。作为额外实例,存储器媒质130可包含(但不限于)只读存储器、随机存取存储器、磁性或光学存储装置(例如磁盘)、磁带、固态驱动器及类似者。应进一步注意,存储器媒质130可与一或多个处理器128一起容置于共同控制器外壳中。在一个实施例中,可相对于一或多个处

理器128及控制器114的物理位置而远程定位存储器媒质130。例如,控制器114的一或多个处理器128可存取可通过网络(例如因特网、内联网及类似者)存取的远程存储器(例如服务器)。因此,以上描述不应被解释为对本发明的限制,而是仅为说明。

[0041] 在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含用于引导通道光束108a、108b的路径的一或多个操纵镜118。

[0042] 通道选择器106可为适于将照明光束104引导成两个或两个以上通道光束108的任何光学元件或光学元件集。例如,通道选择器106可包含一或多个分束器119。举另一例来说,通道选择器106可包含一或多个二向色镜。在一个实施例中,通道选择器106使照明光束104分离,使得所产生的通道光束108具有相同光谱。例如,通道选择器106可包含用于在不修改照明光束104的光谱成分的情况下使照明光束104分离的一或多个分束器(例如分束器119或类似者)。在另一实施例中,通道选择器106可使照明光束104分离,使得所产生的通道光束108可具有不同光谱。例如,通道选择器106可包含一或多个二向色镜,其用于选择性地反射照明光束104的第一部分以产生具有第一光谱的第一通道光束108且透射照明光束104的第二部分以产生具有第二光谱的第二通道光束108。此外,通道选择器106可包含偏振敏感光学元件及/或偏振不敏感元件。

[0043] 在另一实施例中,通道选择器106可包含用于产生三个或三个以上通道光束108的一系列两个或两个以上光束分离元件(例如分束器、二向色镜或类似者)。例如,经配置以产生四个通道光束的通道选择器106可包含三个串接光束分离元件,使得第一光束分离元件可将照明光束104分离成第一通道光束及第一中间光束,第二光束分离元件可将所述第一中间光束分离成第二通道光束及第二中间光束,且第三光束分离元件可将所述第二中间光束分离成第三通道光束及第四通道光束。一般来说,通道选择器106可包含任何数目个通道光束108。

[0044] 在另一实施例中,通道选择器106包含用于将照明光束选择性地引导到多个可用通道中的一者中的一或多个路由元件。就此来说,每一通道可经配置以提供唯一光谱分布(例如,经由可调谐滤波器112的唯一配置或类似者)。因此,一或多个路由元件可控制照明光束104被引导到的通道且因此提供输出照明光束116的光谱分布的快速切换。一或多个路由元件可包含适于引导照明光束104的任何光学及/或机械元件,例如(但不限于)声光调制器、电光调制器、电流计镜或压电镜。

[0045] 此外,可根据任何比率在通道光束108之间划分照明光束104的强度。在一个实施例中,通道光束108中的每一者展现相同强度。例如,通道选择器106可包含具有50/50强度比以产生具有相同强度的两个通道光束108的分束器。举另一例来说,通道选择器106可包含第一分束器,其用于产生具有照明光束104的强度的1/3的第一通道光束108及具有照明光束104的强度的2/3的中间光束。此外,通道选择器106可包含第二分束器,其具有50/50强度比以将中间光束分离成第二通道光束108及第三通道光束108,使得三个通道光束108各自具有照明光束104的强度的1/3。在另一实施例中,每一通道光束108展现不同强度。

[0046] 在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含偏振控制光学元件。例如,多通道可调谐光谱滤波器101可包含(但非必需包含)一或多个偏振器、一或多个波片或一或多个电光盒(例如普克尔斯(Pockels)盒或类似者)。例如,如图1A中所说明,通道选择器106可包含照明光束104的路径中的偏振旋转器120(例如波片、电光盒或类似者)。此外,通道选

择器106可包含一或多个偏振分束器(例如分束器119或类似者)。就此来说,不同通道光束108可与不同偏振相关联且可通过使用偏振旋转器120相对于偏振分束器的定向调整照明光束104的偏振角来控制通道光束108的相对强度。

[0047] 在一个例子中,多通道可调谐光谱滤波器101的一或多个通道可包含用于调整通道光束108的偏振的偏振旋转器。举另一例来说,多通道可调谐光谱滤波器101可包含一或多个基于偏振的强度调制器。例如,基于偏振的强度调制器可包含偏振控制器及偏振器。就此来说,多通道可调谐光谱滤波器101可包含用于选择性地控制任何光束(例如(但不限于)来自宽带照明源102的照明光束104、任何通道光束108或任何输出照明光束116)的偏振的任何光束路径中的偏振控制元件。

[0048] 例如,偏振敏感光学元件可经安装于可旋转安装座中,使得可选择性地控制偏振敏感光学元件的定向(例如,经由来自控制器114的控制信号,通过用户手动调整,或类似者)。

[0049] 可由多通道可调谐光谱滤波器101通过此项技术中已知的任何方法来提供输出照明光束116。在一个实施例中,一或多个输出照明光束116经提供为自由空间照明光束。在另一实施例中,一或多个输出照明光束116经光纤耦合。例如,一或多个输出照明光束116可经耦合到单模光纤。在一个例子中,空间相干输出照明光束116(例如,由空间相干宽带照明源102提供)可经耦合到单模光纤。举另一例来说,一或多个输出照明光束116可经耦合到多模光纤。在另一例子中,空间不相干输出照明光束116(例如,来自空间不相干宽带照明源102、光斑降级空间相干宽带照明源102或类似者)可经耦合到多模光纤中。

[0050] 图1B是根据本发明的一或多个实施例的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图,其中通道光束108经进一步分裂成多个输出照明光束116。在一个实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含用于每一通道光束108的输出偏振旋转器122及输出光束分离器124。就此来说,每一通道光束108可经进一步分裂成具有独立可调谐强度的多个输出照明光束116。此外,每一输出照明光束116可经独立提供到外部系统(例如,用于照明样本的多个位置或类似者)。在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含一或多个通道光束108的光束路径中的可调谐偏振器(未展示)以选择性地调整通道光束108的偏振。例如,可在偏振分束器之前放置可调谐偏振器以选择性地控制输出照明光束116的强度比。

[0051] 多通道可调谐光谱滤波器101可提供任何通道作为输出照明光束116。此外,多通道可调谐光谱滤波器101的两个或两个以上通道可经组合成单个输出照明光束116。图1C是根据本发明的一或多个实施例的具有两个通道光束108a、108b的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图,其中两个通道经组合成组合输出照明光束116。在一个实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含用于组合两个通道光束108a、108b的光束组合器126。光束组合器126可为适于将通道光束108a、108b组合成组合输出照明光束116的任何光学元件或光学元件集。例如,通道选择器106可包含(但不限于)一或多个分束器或一或多个二向色镜。此外,光束组合器126可包含偏振及/或非偏振光学元件。在另一实施例中,通道选择器106及光束组合器126由非偏振分束器形成。因此,通道光束108a、108b可具有相同偏振。在另一实施例中,通道选择器106及光束组合器126包含偏振分束器。就此来说,通道选择器106可将照明光束104分离成两个正交偏振通道光束108a、108b。此外,光束组合器126可将正交偏振通道光束108a、108b组合成单个输出照明光束116。

[0052] 图1D是根据本发明的一或多个实施例的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图，其中组合输出照明光束116经进一步分裂成多个输出照明光束116。在一个实施例中，多通道可调谐光谱滤波器101包含组合输出照明光束116的光束路径中的输出偏振旋转器122及输出光束分离器124。就此来说，组合输出照明光束116可经进一步分裂成具有独立可调谐强度的多个输出照明光束116。此外，每一输出照明光束116可经独立提供到外部系统(例如，用于同时照明样本的多个位置或类似者)。

[0053] 图2是根据本发明的一或多个实施例的说明强度调制器110的展开图的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图。强度调制器110可包含适于修改一或多个通道光束108的强度的任何光学元件或光学元件组合。

[0054] 通道光束108的路径中的强度调制器110可包含用于选择性地阻挡一或多个通道光束108的快门。在一个实施例中，如图2中所说明，第一强度调制器110a包含用于选择性地阻挡第一通道光束108a的第一快门202。在另一实施例中，第二强度调制器110b包含用于选择性地阻挡第二通道光束108b的第二快门204。此外，快门可包含用于选择性地阻挡通道光束的此项技术中已知的任何类型的快门，其包含(但不限于)机械快门、声光快门或电光快门。在另一实施例中，快门可与控制器114通信地耦合。就此来说，控制器114可选择性地致动快门以使通道光束(例如通道光束108a、108b)通过或阻挡所述通道光束。

[0055] 通道光束108的路径中的强度调制器110可包含强度滤波器。在一个实施例中，如图2中所说明，第一强度调制器110a包含第一强度滤波器206。在另一实施例中，第二强度调制器110b包含第二强度滤波器208。此外，强度滤波器可包含适于选择性地衰减通道光束108的一或多个波长的光谱功率的任何类型的光学元件或光学元件集。在一个实施例中，强度滤波器可包含用于使通道光束108的全部波长的强度衰减相同程度的一或多个中性密度滤波器。在另一实施例中，强度滤波器包含可调谐中性密度滤波器。此外，强度滤波器可与控制器114通信地耦合。就此来说，控制器114可选择性地控制每一通道光束108的强度。例如，强度滤波器可包含具有一组中性密度滤波器的一或多个滤波器更换器(例如滤光轮或类似者)。例如，滤波器更换器可包含两个或两个以上滤波器安装座，其经布置使得固定到滤波器安装座的滤波器可选择性地放置于通道光束108的路径中。就此来说，可通过选择性地控制放置于通道光束108的路径中的中性密度滤波器的数目及光学密度来调整通道光束108的强度。举另一例来说，强度滤波器可包含梯度滤波器，其中强度滤波器的透射率(或反射率)可依据强度滤波器上的位置而依梯度模式变化。在一个例子中，强度滤波器可包含线性梯度滤波器，其经安装到线性可致动平移台(例如，耦合到控制器114)，使得可通过相对于通道光束108致动线性梯度滤波器的线性位置来控制通道光束108的强度。在另一例子中，强度滤波器包含偏振控制器及偏振器。在另一例子中，如图2中所说明，强度滤波器可为安装到旋转台(例如旋转台210或旋转台212)的圆形梯度滤波器，其中可通过相对于通道光束108致动强度滤波器的旋转位置来控制强度滤波器的透射率(或反射率)。

[0056] 在另一实施例中，多通道可调谐光谱滤波器101可包含任何输出照明光束116(例如如图1B、1D或类似者中所说明的输出照明光束116)的光束路径中的强度调制器。就此来说，可将任何输出照明光束116的强度从完全被阻挡选择性地调整成完全被透射。

[0057] 大体上参考图3A到7，可调谐滤波器112可包含适于修改一或多个通道光束108的光谱成分的任何光学元件或光学元件组合。在一个实施例中，可调谐滤波器112包含用于选

择性地衰减通道光束108的一或多个波长的光谱滤波器。例如,可调谐滤波器112可包含:低通滤波器,其用于衰减高于截止波长的波长;高通滤波器,其用于衰减低于截止波长的波长;带通滤波器,其用于使照明的经界定光谱带宽通过且衰减选择波长频带外的波长;带阻滤波器,其用于衰减选择波长频带内的波长;或类似者。可调谐滤波器112可包含适于修改通道光束108的光谱成分的此项技术中已知的任何类型的光谱滤波器。例如,可调谐滤波器112可包含(但非必需包含)由一或多个堆叠层形成的薄膜光谱滤波器。此外,可调谐滤波器112可包含反射光谱滤波器或透射光谱滤波器。另外,光谱滤波器可由单个光学元件或光学元件组合形成。

[0058] 在另一实施例中,可调谐滤波器112包含至少一个通道光束108的光学路径中的一或多个可调谐光谱滤波器。就此来说,可通过控制通道光束108的入射角及/或入射位置来调整滤波器的光谱透射率(例如一或多个截止波长、一或多个透射率值或类似者)。在另一实施例中,可调谐滤波器112包含至少一个通道光束108的光学路径中的一或多个离散(例如,不可调谐)光谱滤波器。就此来说,滤波器的光谱透射率(例如,一或多个截止波长、一或多个透射率值或类似者)可大体上相对于通道光束108的入射角及/或入射位置是恒定的。

[0059] 图3A是根据本发明的一或多个实施例的说明包含固定于滤波器更换器中的光谱滤波器的可调谐滤波器112的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图。在一个实施例中,第一可调谐滤波器112a可包含第一滤波器更换器302及第二滤波器更换器304,其用于固定光谱滤波器以修改第一通道光束108a的光谱性质。在另一实施例中,第二可调谐滤波器112b可包含第三滤波器更换器306及第四滤波器更换器308,其用于固定光谱滤波器以修改第二通道光束108b的光谱性质。就此来说,可通过选择性地控制放置于通道光束108a、108b的路径中的滤波器更换器内的光谱滤波器的数目及光谱透射率来调整每一通道光束108a、108b的光谱。在一个实施例中,滤波器更换器(例如滤波器更换器302到308)可经调整使得一或多个光谱滤波器可经选择性地放置于每一通道光束108a、108b的路径中。此外,滤波器更换器302到308可固定任何类型的光谱滤波器,例如(但不限于)低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或带阻滤波器。

[0060] 本文中应认识到,串接两个或两个以上光谱滤波器(例如,定位于滤波器更换器或类似者内)可提供相对于单个光谱滤波器的优越性能。例如,包含具有重叠通带的串接光谱滤波器的可调谐滤波器112(例如图3A中所说明的可调谐滤波器112a、112b)可展现比组成光谱滤波器的任何个别者更高的抑制比(例如受阻波长的透射比与通过波长的透射比的比率或类似者)。就此来说,可放宽任何特定光谱滤波器的性能标准,同时维持所要通带外的波长的所要抑制水平。

[0061] 例如,事实证明,与光谱滤波器相关联的制造要求(例如制造复杂性、涂层数目、制造成本或类似者)可取决于多个因素,例如(但不限于)所需抑制比、所需抑制比必须在其内有效的波长范围或通过波长与受阻波长之间的转变的急剧程度。例如,宽带带通滤波器的制造要求可能没有窄带带通滤波器的制造要求严格。举另一例来说,其中必须在通带外的大波长范围内保持所要抑制比的滤波器的制造要求可比其中必须在通带外的窄波长范围内保持所要抑制比的滤波器的制造要求更严格。

[0062] 图3B到3D是说明包含两个串接光谱滤波器的可调谐滤波器的光谱透射率的图。图3B是说明根据本发明的一或多个实施例的第一光谱滤波器(例如,安装于第一滤波器更换



器302、第三滤波器更换器306或类似者中)的光谱透射率的图310。在一个实施例中,第一光谱滤波器包含用于使第一宽带截止波长312与第二宽带截止波长314之间的波长通过的宽带带通滤波器(例如,界定通过第一光谱滤波器的波长的通带)。此外,第一光谱滤波器可使具有第一宽带透射率316的通带内的波长通过且可使具有第二宽带透射率318的通带外的波长通过。就此来说,第一光谱滤波器的抑制比可对应于第二宽带透射率318与第一宽带透射率316的比率。在另一实施例中,第一光谱滤波器提供相对于通带外的大波长范围的相对高抑制比。

[0063] 图3C是说明根据本发明的一或多个实施例的第二光谱滤波器(例如,安装于第二滤波器更换器304、第四滤波器更换器308或类似者中)的光谱透射率的图320。在另一实施例中,第二光谱滤波器包含用于使第一窄带截止波长322与第二窄带截止波长324之间的波长通过的窄带带通滤波器(例如,界定通过第二光谱滤波器的波长的通带)。此外,第二光谱滤波器可使具有第一窄带透射率326的通带内的波长通过且可使具有第二窄带透射率328的通带外的波长通过。就此来说,第二光谱滤波器的抑制比可对应于第二窄带透射率328与第一窄带透射率326的比率。

[0064] 图3D是说明根据本发明的一或多个实施例的与第二光谱滤波器串接的第一光谱滤波器(例如图3A中所说明)的光谱透射率的图330。例如,经串接的光谱滤波器可使由第一窄带截止波长322及第二窄带截止波长324界定的通带内的波长通过。此外,经串接的光谱滤波器的透射率332可为第一宽带透射率316及第一窄带透射率326的组合(例如乘法组合)。在一个实施例中,可调谐滤波器112可具有相对大波长范围内的高抑制比。此外,如图3B及3C中所说明,事实证明,可使用经串接的第一光谱滤波器及第二光谱滤波器来实现可调谐滤波器112的所要性能,使得对第一光谱滤波器及第二光谱滤波器中的每一者的制造要求相对于具有单个光谱滤波器(具有相同性能特性)的可调谐滤波器112降低。例如,如图3B及3C中所说明,第一光谱滤波器可展现通带外的大波长范围内的高抑制比,但可展现宽通带。此外,第二光谱滤波器可展现窄通带,但可展现针对第一光谱滤波器的通带外的波长的较低抑制比。

[0065] 图4是根据本发明的一或多个实施例的含有光谱滤波器的三个滤波器更换器的示意图,所述光谱滤波器适于光谱过滤通道光束108以包含可在三个光谱窗内调谐的窄带光谱轮廓。在一个实施例中,具有三个滤波器更换器(其各自具有8个滤波器安装座)的可调谐滤波器112提供具有18个可选中心波长的通道光束108的窄带光谱滤波。

[0066] 在另一实施例中,可调谐滤波器112包含第一滤波器更换器402、第二滤波器更换器404及第三滤波器更换器406。在另一实施例中,每一滤波器更换器402到406包含适于固定光谱滤波器的8个滤波器安装座。例如,第一滤波器更换器402可包含滤波器安装座408到422,第二滤波器更换器404可包含滤波器安装座424到438,且第三滤波器更换器406可包含滤波器安装座440到454。

[0067] 在另一实施例中,每一滤波器更换器包含其中未安装滤波器的敞开安装座。就此来说,通道光束108可在未发生光谱修改的情况下选择性地通过每一滤波器更换器。例如,滤波器安装座408、424及440可为敞开安装座。

[0068] 在另一实施例中,可调谐滤波器112可使用与窄带带通滤波器串接的宽带带通滤波器来提供窄带光谱滤波(例如图3B到3D中所说明)。例如,滤波器安装座422可包含具有第



一通带(例如红色通带)的宽带带通滤波器,滤波器安装座438可包含具有第二通带(例如绿色通带)的宽带带通滤波器,且滤波器安装座454可包含具有第三通带(例如蓝色通带)的宽带带通滤波器。此外,滤波器安装座426到436可包含具有第一通带内的中心波长的窄带带通滤波器。就此来说,可通过将第一滤波器更换器402设置成滤波器安装座422,将第二滤波器更换器404设置成滤波器安装座426到436中的任何者且将第三滤波器更换器406设置成滤波器安装座408(例如敞开)而将通道光束108调谐成第一通带内的波长。滤波器安装座442到452可包含具有第二通带内的中心波长的窄带带通滤波器。就此来说,可通过将第一滤波器更换器402设置成滤波器安装座408(例如,敞开),将第二滤波器更换器404设置成滤波器安装座438且将第三滤波器更换器406设置成滤波器安装座442到452中的任何者而将通道光束108调谐成第二通带内的波长。滤波器安装座410到420可包含具有第三通带内的中心波长的窄带带通滤波器。就此来说,可通过将第一滤波器更换器402设置成滤波器安装座410到420中的任何者,将第二滤波器更换器404设置成滤波器安装座424(例如,敞开)且将第三滤波器更换器406设置成滤波器安装座454而将通道光束108调谐成第三通带内的波长。

[0069] 应了解,红色、绿色及蓝色通带的描述仅供说明且不应被解释为限制。一般来说,可调谐滤波器112可包含光谱的任何区域(其包含(但不限于)紫外线波长、可见波长或红外线波长)中的带通滤波器。

[0070] 在另一实施例中,可调谐滤波器112可包含其中可根据通道光束108的入射角来调谐一或多个滤波特性(例如截止波长、中心波长、透射率值或类似者)的角可调谐光谱滤波器。此外,角可调谐光谱滤波器可包含任何类型的光谱滤波器,例如(但不限于)低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或带阻滤波器。图5是根据本发明的一或多个实施例的说明包含角可调谐光谱滤波器的可调谐滤波器112的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图。例如,滤波器安装座(例如单个滤波器安装座、滤波器更换器或类似者)可经固定于旋转台上,使得可调整可调谐光谱滤波器上的通道光束108的入射角。在一个实施例中,如图5中所说明,第一可调谐滤波器112a可包含固定于第一旋转台504上的第一滤波器安装座502中的低通滤波器及固定于第二旋转台508上的第二滤波器安装座506中的高通滤波器。在另一实施例中,第二可调谐滤波器112b可包含固定于第三旋转台512上的第三滤波器安装座510中的低通滤波器及固定于第四旋转台516上的第四滤波器安装座514中的高通滤波器。

[0071] 在另一实施例中,可调谐滤波器112可包含其中可根据滤波器上的通道光束108的线性位置来调谐一或多个滤波特性(例如截止波长、中心波长、透射率值或类似者)的线性可调谐光谱滤波器。例如,线性可调谐光谱滤波器可包含一或多个薄膜,其具有楔形轮廓,使得厚度可横跨滤波器的长度而变化。此外,线性可调谐光谱滤波器可包含任何类型的光谱滤波器,例如(但不限于)低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或带阻滤波器。图6是根据本发明的一或多个实施例的说明包含线性可调谐光谱滤波器的可调谐滤波器112的多通道可调谐光谱滤波器101的概念图。例如,滤波器安装座(例如单个滤波器安装座、滤波器更换器或类似者)可经固定于线性台上,使得可调整可调谐光谱滤波器上的通道光束108的线性位置。在一个实施例中,如图6中所说明,第一可调谐滤波器112a可包含固定于第一线性台604上的第一滤波器安装座602中的低通滤波器及固定于第二线性台608上的第二滤波器安装座606中的高通滤波器。在另一实施例中,第二可调谐滤波器112b可包含固定于第三线性

台612上的第三滤波器安装座610中的低通滤波器及固定于第四线性台616上的第四滤波器安装座614中的高通滤波器。

[0072] 图7是根据本发明的一或多个实施例的包含具有空间滤波器的双光栅单色仪的可调谐滤波器112的概念图。在另一实施例中,可调谐滤波器112a、112b包含:第一色散元件702a、702b,其用于光谱地色散通道光束(例如通道光束108a或通道光束108b);滤波元件704a、704b,其用于操作为空间滤波器;及第二色散元件706a、706b,其用于光谱重组通道光束以形成光谱滤波通道光束。就此来说,第二色散元件706a、706b可移除由第一色散元件702a、702b引入的色散。此外,可调谐滤波器112a、112b的光谱透射比可与滤波元件704a、704b的空间透射比相关。

[0073] 第一色散元件702a、702b可为适于将光谱色散引入到通道光束(例如通道光束108a或通道光束108b)中的此项技术中已知的任何类型的色散元件。例如,第一色散元件702a、702b可通过任何机制(例如(但不限于)衍射或折射)将色散引入到通道光束中。此外,第一色散元件702a、702b可由透射及/或反射光学元件形成。

[0074] 在另一实施例中,第一色散元件702a、702b包含动态产生的衍射光栅。就此来说,可在衬底材料(例如透明光学材料)中动态地产生衍射光栅。此外,可动态地修改第一色散元件702a、702b的色散特性以通过调整动态产生的衍射光栅的物理特性来调谐多通道可调谐光谱滤波器101。例如,可(例如,经由控制器114)调整动态产生的衍射光栅的周期或调制深度以控制色散值(例如照明的特定波长的衍射角)。举另一例来说,可(例如,经由控制器114)调整动态产生的衍射光栅的调制深度以控制色散效率(例如照明的特定波长的衍射效率值)。

[0075] 例如,第一色散元件702a、702b可包含(但不限于)声光调制器或电光调制器。本文中应注意,包含具有声光调制器的双光栅单色仪的可调谐滤波器112(例如可调谐滤波器112a、112b)可提供空间相干通道光束(例如,由超连续光谱激光源或类似者产生)的快速调谐。在一个实施例中,第一色散元件702a、702b包含与传感器耦合的由固体介质组成的声光调制器,所述传感器经配置以产生通过固体介质传播的超声波。固体介质的性质(例如(但不限于)折射率)可由传播超声波修改,使得通道光束在与固体介质相互作用之后衍射。此外,超声波可在介质中以声速传播通过固体介质且具有与驱动信号的频率及固体介质中的声速相关的波长。因此,可动态地调整传感器的调制频率及/或调制强度以修改动态产生的衍射光栅的物理特性及第一色散元件702a、702b的对应色散性质。

[0076] 在另一实施例中,可调谐滤波器112a、112b包含第一光学元件708a、708b(例如一或多个透镜或类似者),其用于将经光谱色散的通道光束(例如通道光束108a或通道光束108b)聚焦到焦平面710a、710b,使得通道光束的光谱可在空间上横跨焦平面710a、710b分布。因此,焦平面710a、710b可对应于多通道可调谐光谱滤波器101的衍射平面。就此来说,焦平面710a、710b内的“位置”可对应于以特定角度离开第一色散元件702a、702b的来自通道光束的光且因此对应于通道光束的照明的特定波长。例如,包含衍射光栅的第一色散元件702a、702b可以不同角度衍射通道光束的照明的每一波长,因此,通道光束的照明的每一波长可聚焦到焦平面710a、710b中的不同位置。

[0077] 在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101的滤波元件704a、704b经定位于焦平面710a、710b处。就此来说,滤波元件704a、704b可空间地过滤经光谱色散的通道光束(例

如通道光束108a或通道光束108b)。例如,滤波元件704a、704b可具有空间透射比,其描述依据位置而变化的照明(例如任何波长的照明)的透射比。因此,可根据滤波元件704a、704b的空间透射比来修改通道光束的照明的每一波长的光谱功率。就此来说,可通过滤波元件704a、704b的空间透射比来控制多通道可调谐光谱滤波器101的光谱透射比。在一个例子中,滤波元件704a、704b可使通道光束的选择波长(或波长范围)通过。

[0078] 滤波元件704a、704b可(但非必需)具有对应于焦平面710a、710b的形状的形状。在一个实施例中,滤波元件704a、704b可具有弯曲形状以匹配包含弯曲表面的焦平面710a、710b(例如由第一色散元件702a、702b及/或第一光学元件708a、708b所确定)。

[0079] 在另一实施例中,多通道可调谐光谱滤波器101包含用于收集通过滤波元件704a、704b的光谱色散照明的第二光学元件712a、712b(例如一或多个透镜或类似者)。例如,第二光学元件712a、712b可从滤波元件704a、704b收集经光谱色散及滤波的通道光束的至少一部分。此外,第二光学元件712a、712b可将所收集的经光谱色散及滤波的照明光束104引导到第二色散元件706a、706b。

[0080] 在另一实施例中,第二色散元件706a、706b光谱地组合经光谱色散及滤波的通道光束108以移除由第一色散元件702a、702b引入的光谱色散。就此来说,离开第二色散元件706a、706b的通道光束(例如通道光束108a或通道光束108b)可为输入通道光束108的光谱滤波版本。例如,第二光学元件712a、712b的色散特性可经配置以抵消由第一色散元件702a、702b诱发的色散。

[0081] 在另一实施例中,第一光学元件708a、708b及第二光学元件712a、712b形成光学中继系统。就此来说,第一光学元件708a、708b及第二光学元件712a、712b可在第二色散元件706a、706b处产生第一色散元件702a、702b上的通道光束的分布的图像。因此,多通道可调谐光谱滤波器101可最低限度地影响通道光束的性质,例如(但不限于)散度(例如准直度)、空间相干性或亮度(例如通过波长的亮度),这可促进将多通道可调谐光谱滤波器101集成到任何系统(例如度量系统或类似者)中。

[0082] 滤波元件704a、704b可具有任何空间透射比分布以提供此项技术中已知的任何滤波操作。因此,多通道可调谐光谱滤波器101可操作为任何类型的光谱滤波器,例如(但不限于)低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器或陷波滤波器。

[0083] 多通道可调谐光谱滤波器101可用作外部光学系统的部分。图8是根据本发明的一或多个实施例的包含多通道照明源100的度量系统800(例如显微镜、成像散射仪、角分辨散射仪或类似者)的概念图。例如,包含多通道可调谐光谱滤波器101的多通道照明源100可为度量系统800提供可调谐照明源。

[0084] 在另一实施例中,度量系统800包含经配置以沿照明路径808将照明光束804引导到样本806的物镜802。在另一实施例中,度量系统800在外延模式中配置有分束器810,使得物镜802将照明光束804引导到样本806且以法向角从样本806收集照明。在另一实施例中,度量系统800包含沿收集路径812的一或多个照明光学器件,其用于接收从样本806发出的辐射(例如照明光束804的反射、散射及/或衍射部分、由样本806发射的辐射或类似者)且将所收集的辐射引导到检测器814。

[0085] 在另一实施例中,度量系统800的照明光束804包含由多通道可调谐光谱滤波器101提供的任何数目个可调谐照明光束。例如,照明光束804可包含来自多通道可调谐光谱

滤波器101的任何数目个输出照明光束116(例如通道光束108、组合输出照明光束116或类似者)。此外,由多通道可调谐光谱滤波器101提供的每一输出照明光束116可具有可选择性调整的性质,例如(但不限于)光谱成分、强度或偏振。

[0086] 在另一实施例中,度量系统800可利用由多通道可调谐光谱滤波器101提供的可调谐输出照明光束116来照明样本806。例如,度量系统800可将可调谐输出照明光束116引导到样本806的多个部分(例如度量目标的多个单元或类似者)。此外,度量系统800可将可调谐输出照明光束116同时或循序引导到样本806。本文中应注意,多通道可调谐光谱滤波器101可高效地调谐用于高效测量的输出照明光束116(例如,修改输出照明光束116的光谱成分)。例如,包含由声光调制器形成的双光栅单色仪的多通道可调谐光谱滤波器101可高效地调谐空间相干宽带源,例如(但不限于)超连续光谱激光源。

[0087] 在另一实施例中,如图8中所说明,度量系统800包含用于产生两个独立可调谐通道光束108作为输出照明光束116的多通道可调谐光谱滤波器101。在另一实施例中,度量系统800包含用于将输出照明光束116组合成单个照明光束804的光束组合器816。在另一实施例中,度量系统800的照明路径808包含用于将照明光束804引导到样本806的一组照明光学元件818。例如,所述组照明光学元件818可包含用于将照明光瞳820中继到物镜802的光学中继器。就此来说,物镜802可使用来自照明光束804的任何照明分布(其包含(但不限于)临界照明或科勒(Köhler)照明)来照明样本806。在另一实施例中,照明路径808可包含用于调整场平面中的照明光束804的空间范围的照明场光阑822。

[0088] 在另一实施例中,收集路径812包含用于将照明从样本806引导到检测器的一组收集光学元件824。例如,所述组收集光学元件824可包含用于将所要照明分布从物镜802中继到检测器814的光学中继器。在一个例子中,所述组收集光学元件824可将样本806的图像中继到检测器814。在另一个例子中,所述组收集光学元件824可将光瞳平面(例如物镜802的后焦平面)的图像中继到检测器814。因此,度量系统800可检测来自样本806的辐射的角分布。

[0089] 图9是根据本发明的一或多个实施例的包含具有多通道可调谐光谱滤波器101的多通道照明源100的多光束度量系统900的概念图。在一个实施例中,多通道照明源100提供具有不同光谱的两个输出照明光束116a、116b。在一个实施例中,度量系统900包含用于将输出照明光束116a、116b收集到单个光学柱的光束组合器902。例如,如图9中所说明,光束组合器902可包含分束器。此外,光束组合器902可将输出照明光束116引导到单个物镜904。就此来说,可将由多通道照明源100提供的两个输出照明光束116引导到样本906。

[0090] 在一个实施例中,可将两个输出照明光束116a、116b引导到样本906上的相同位置。在另一实施例中,可将两个输出照明光束116a、116b引导到样本906上的不同位置。例如,如图9中所说明,度量系统900可包含光束扫描仪908,其用于使输出照明光束相对于另一输出照明光束偏转(例如,使输出照明光束116b相对于输出照明光束116a偏转),使得两个输出照明光束116a、116b可被引导到物镜904的视场内的样本906上的不同位置。光束扫描仪908可为适于使一个输出照明光束相对于另一输出照明光束偏转的此项技术中已知的任何元件,例如(但不限于)具有可调谐尖端、倾斜及/或位置的反射元件(例如,安装于由控制器114控制的可调整致动器或类似者上)或检流计镜。在一个例子中,度量系统900可包含基于散射测量的重叠度量系统,其中可将两个输出照明光束116a、116b引导到的两个散射

测量度量目标以同时进行测量。

[0091] 在另一实施例中,度量系统900包含两个检测器910a、910b,其经定位以从由输出照明光束116a、116b照明的两个位置捕获从样本906发出的辐射。例如,物镜904可同时将照明引导到样本906且收集从样本906发出的辐射。在一个例子中,如图9中所说明,度量系统900可经配置以捕获与从样本906发出的辐射相关联(例如,与来自样本906的辐射的角分布相关联)的光瞳图像。就此来说,度量系统900可包含用于将光瞳平面(例如物镜904的后焦平面)中继到检测器910a、910b的一或多个光学元件912a、912b。此外,度量系统900可包含用于调节由物镜904收集的照明的额外元件(例如空间滤波器914a、914b或类似者)。在另一个例子中,度量系统900可经配置以捕获样本906的图像(例如样本906的表面)。在另一实施例中,度量系统900可包含用于促进同时照明样本906且检测来自样本906的辐射的一或多个分束器916a、916b。

[0092] 大体上参考图8及9,一或多个检测器(例如检测器814、检测器910a、910b或类似者)可包含此项技术中已知的任何检测器。例如,检测器可包含(但不限于)CCD检测器、光电二极管、雪崩光电二极管(APD)及/或光电倍增管(PMT)。应进一步注意,检测器可为经配置以同时检测来自样本上的多个检测区域的信号的多通道检测器。

[0093] 本文中所描述的标的物有时说明含于其它组件内或与其它组件连接的不同组件。应了解,这些描绘架构仅供示范,且事实上,可实施实现相同功能性的许多其它架构。就概念来说,用于实现相同功能性的组件的任何布置经有效“相关联”以实现所要功能性。因此,本文中经组合以实现特定功能性的任何两个组件可被视为彼此“相关联”以实现所要功能性,不论架构或中间组件如何。同样地,如此相关联的任何两个组件也可被视为彼此“连接”或“耦合”以实现所要功能性,且能够如此相关联的任何两个组件也可被视为彼此“可耦合”以实现所要功能性。可耦合的具体实例包含(但不限于)可物理交互及/或物理交互组件、及/或可无线交互及/或无线交互组件、及/或可逻辑交互及/或逻辑交互组件。

[0094] 据信,将通过以上描述来理解本发明及其许多伴随优点,且应明白,可在不背离所揭示标的物或不牺牲其全部材料优点的情况下对组件的形式、构造及布置作出各种改变。所描述的形式仅供说明,且所附权利要求书意在涵盖且包含这些改变。此外,应了解,本发明由所附权利要求书界定。

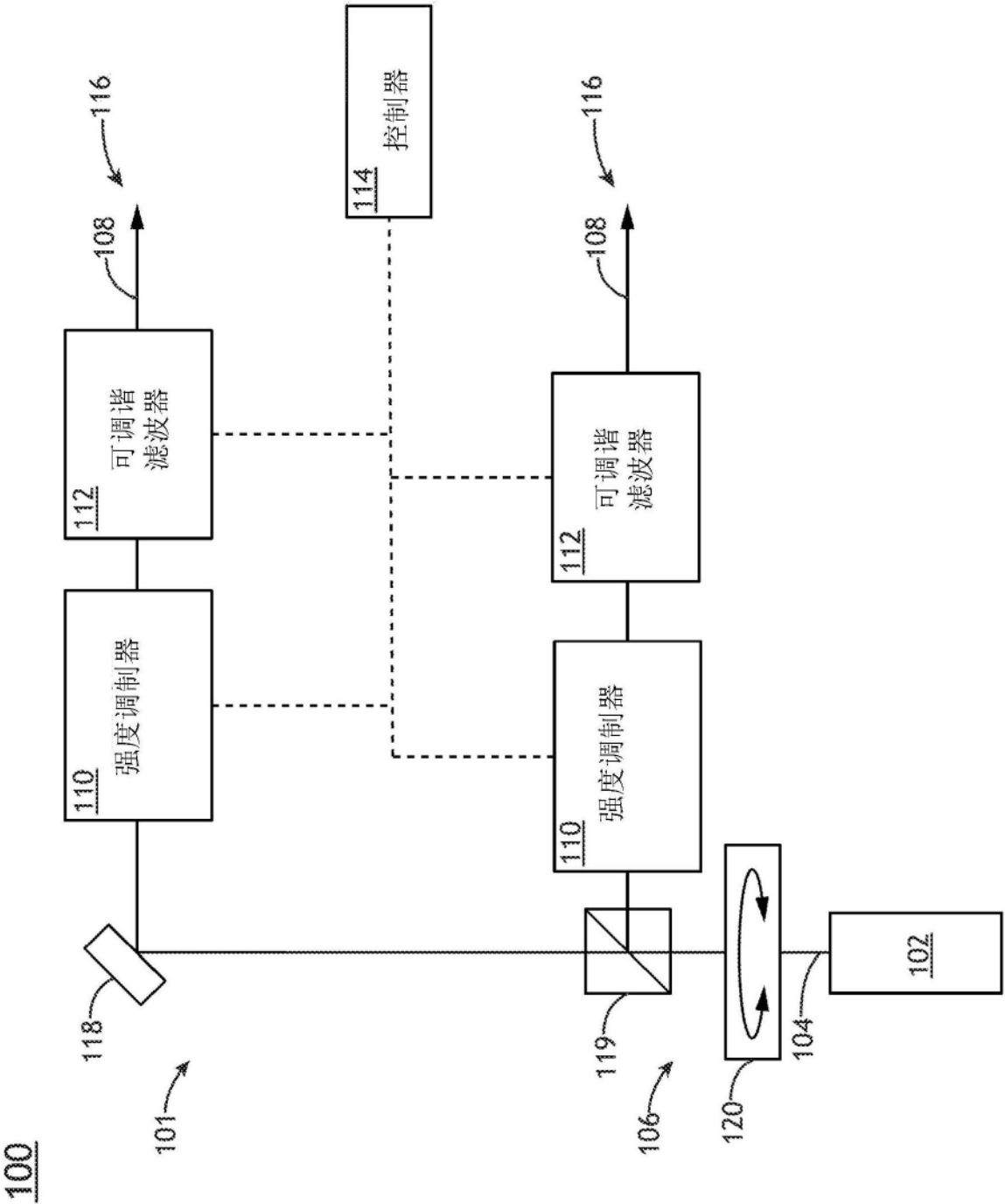


图1A

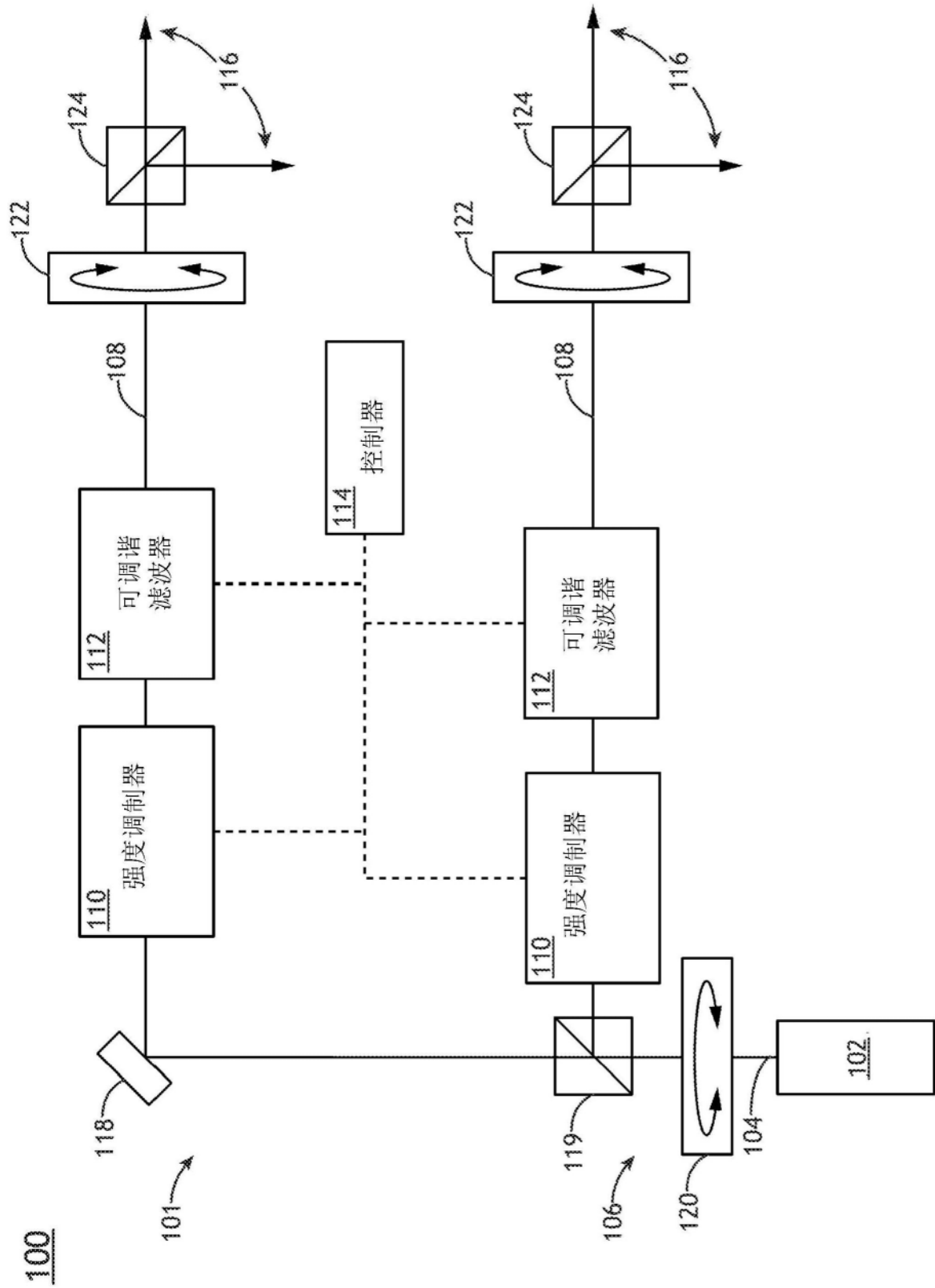


图1B

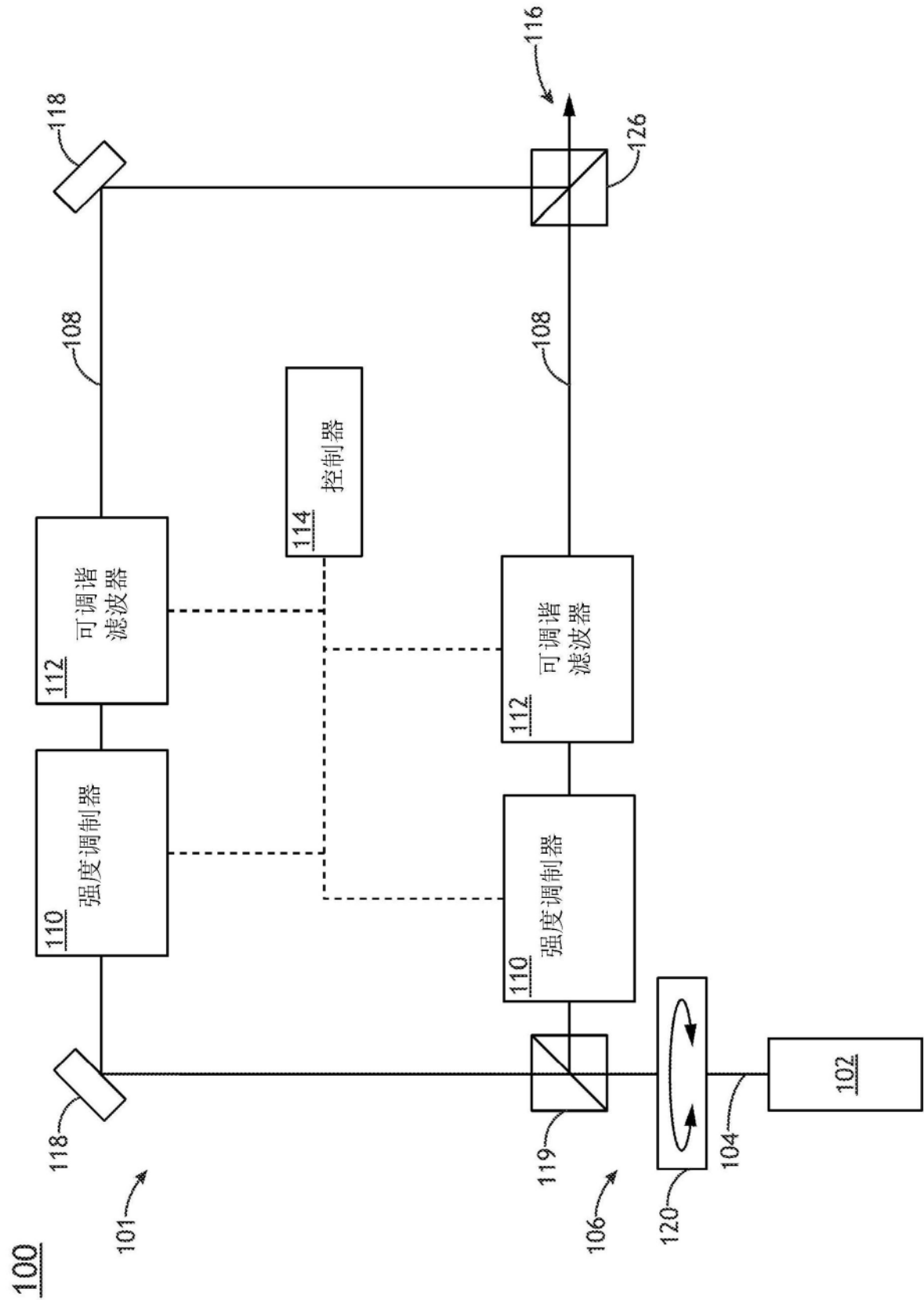


图1C



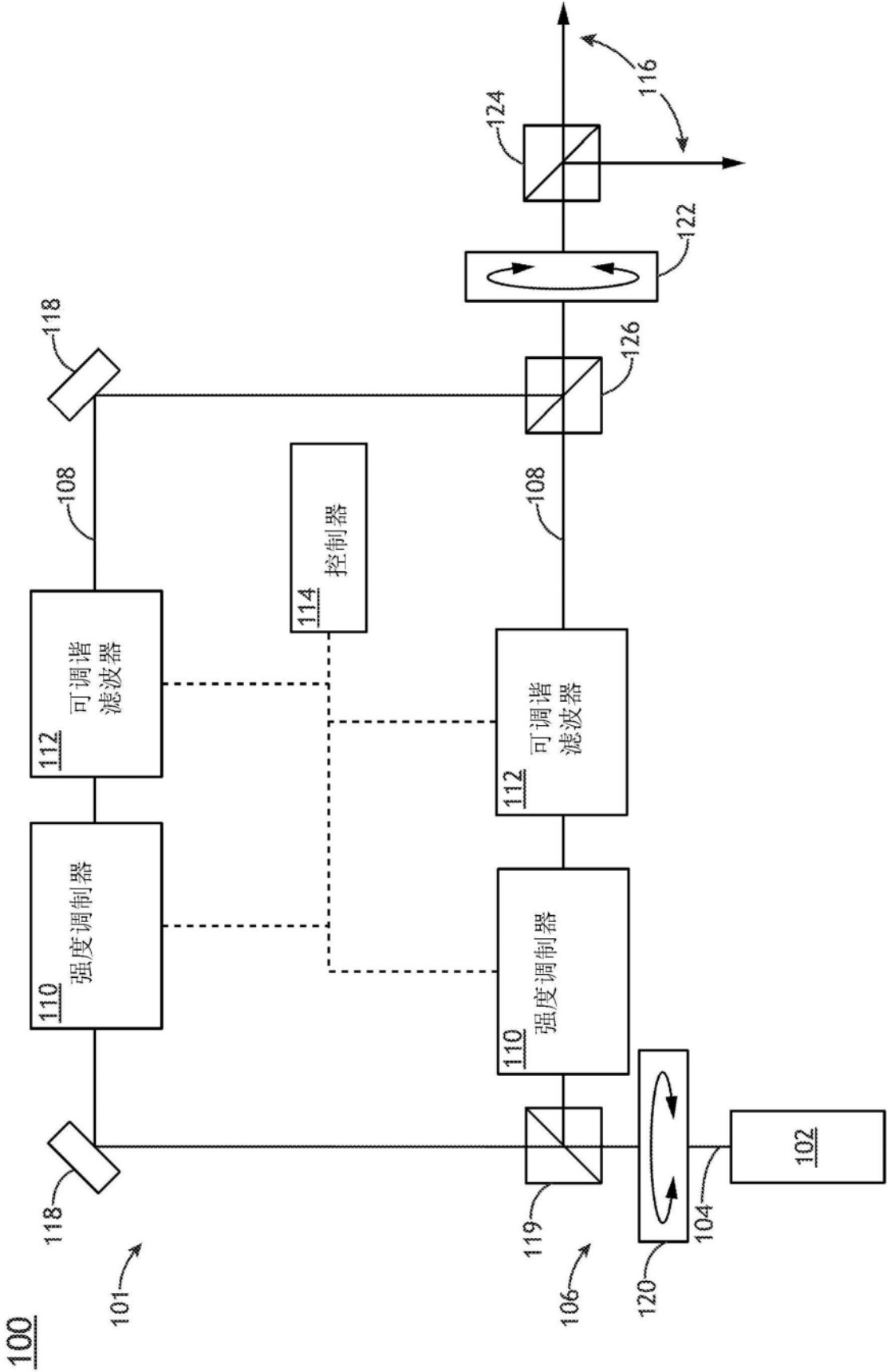


图1D

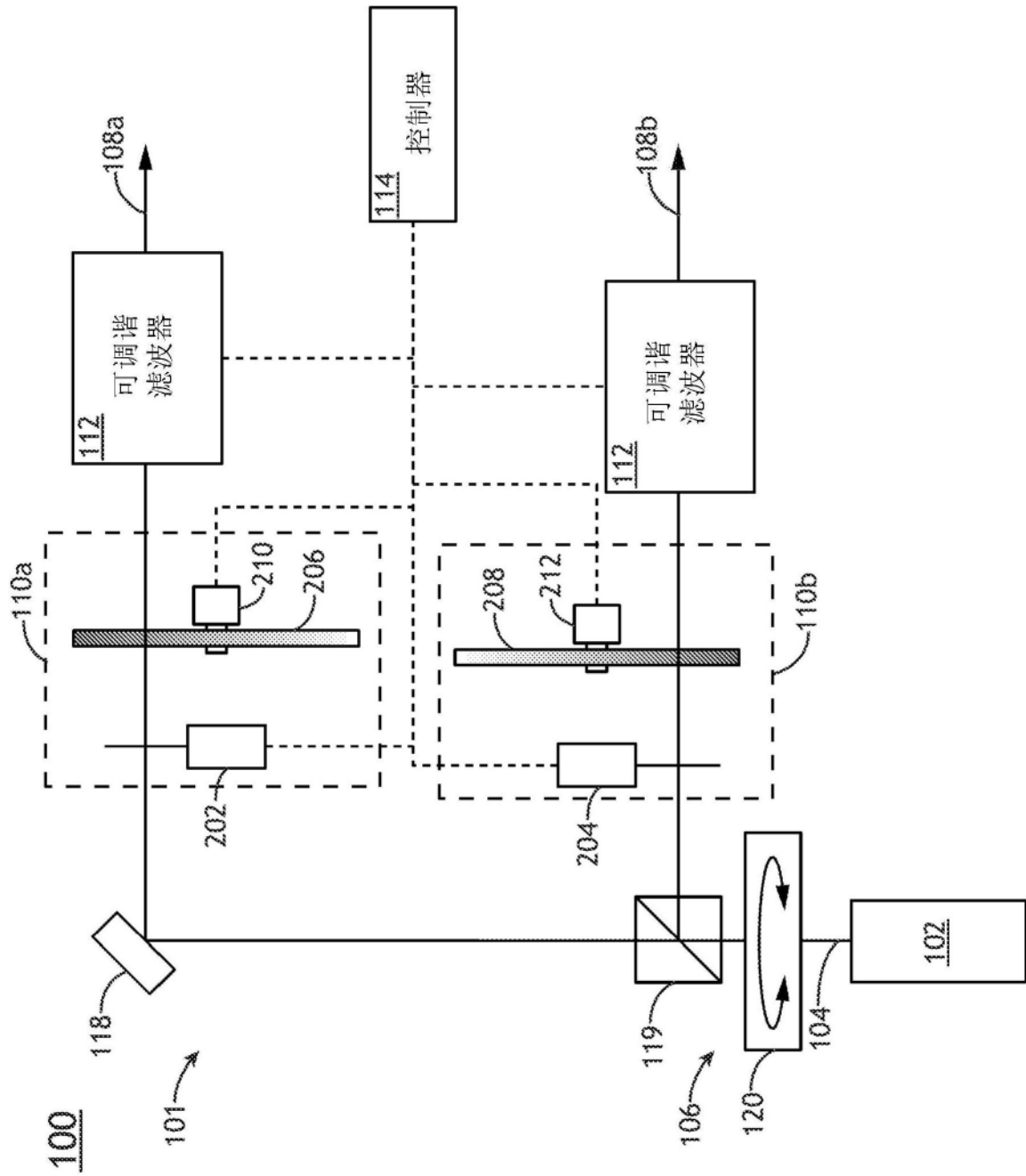


图2

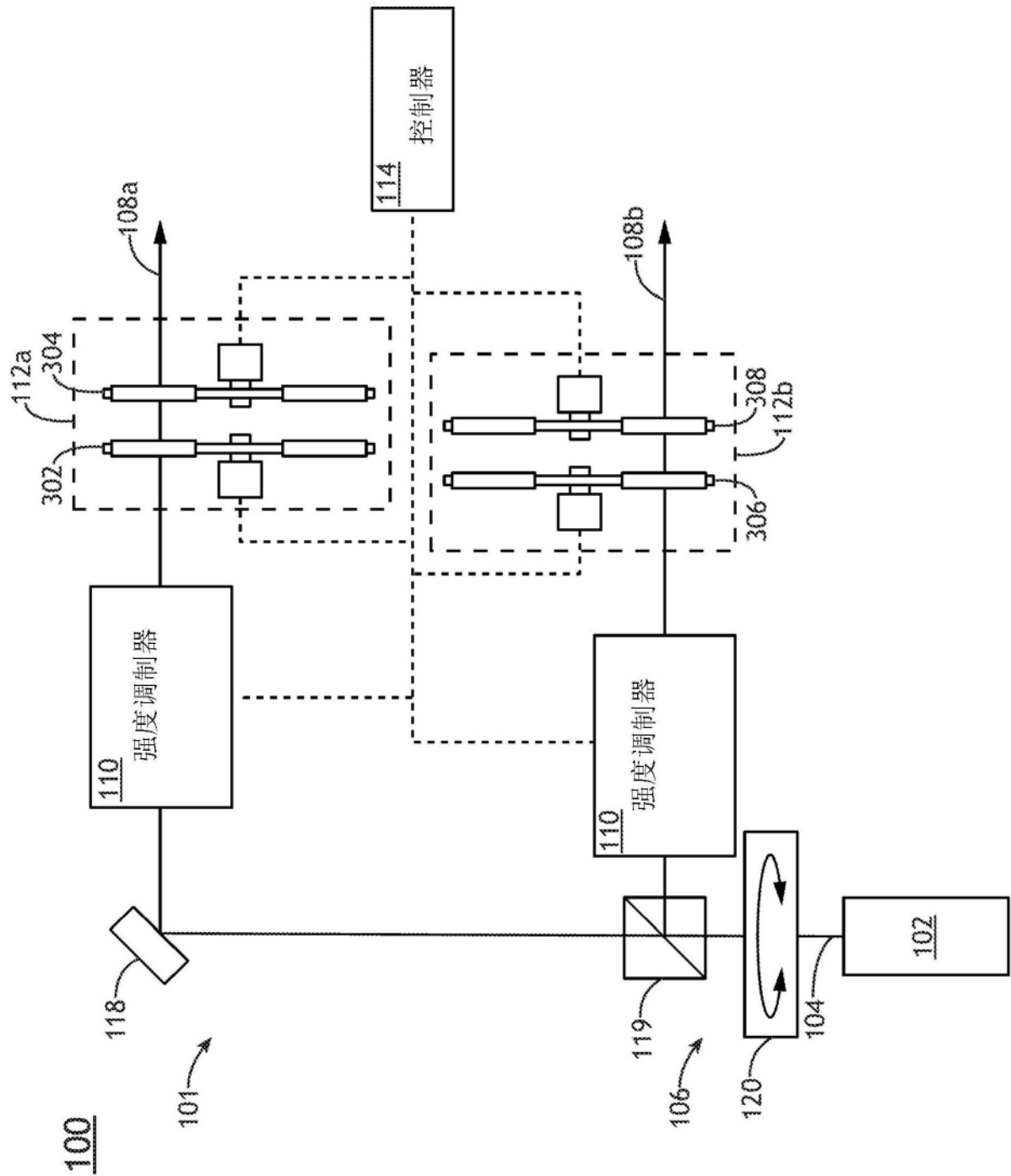


图3A

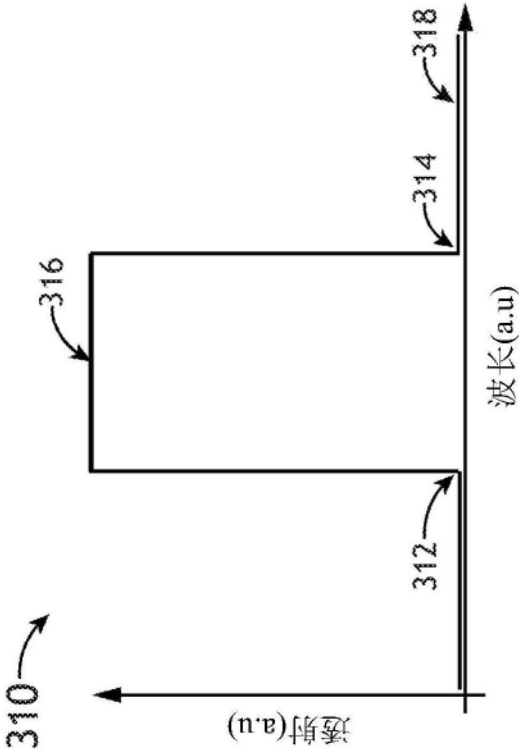


图3B

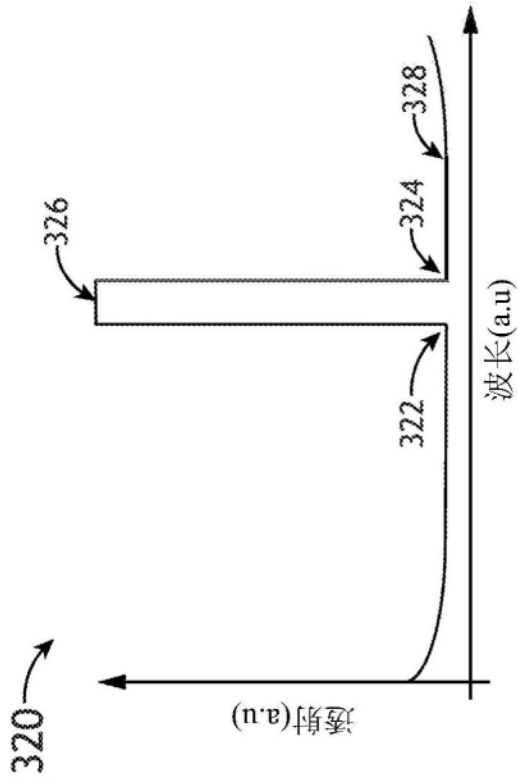


图3C

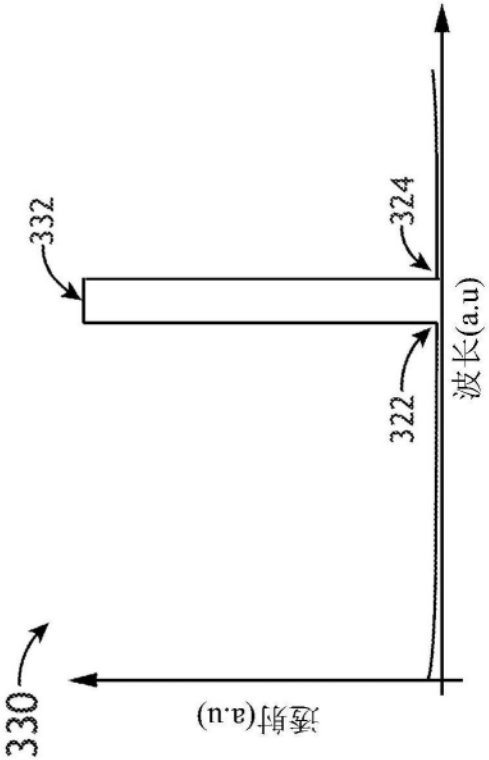


图3D

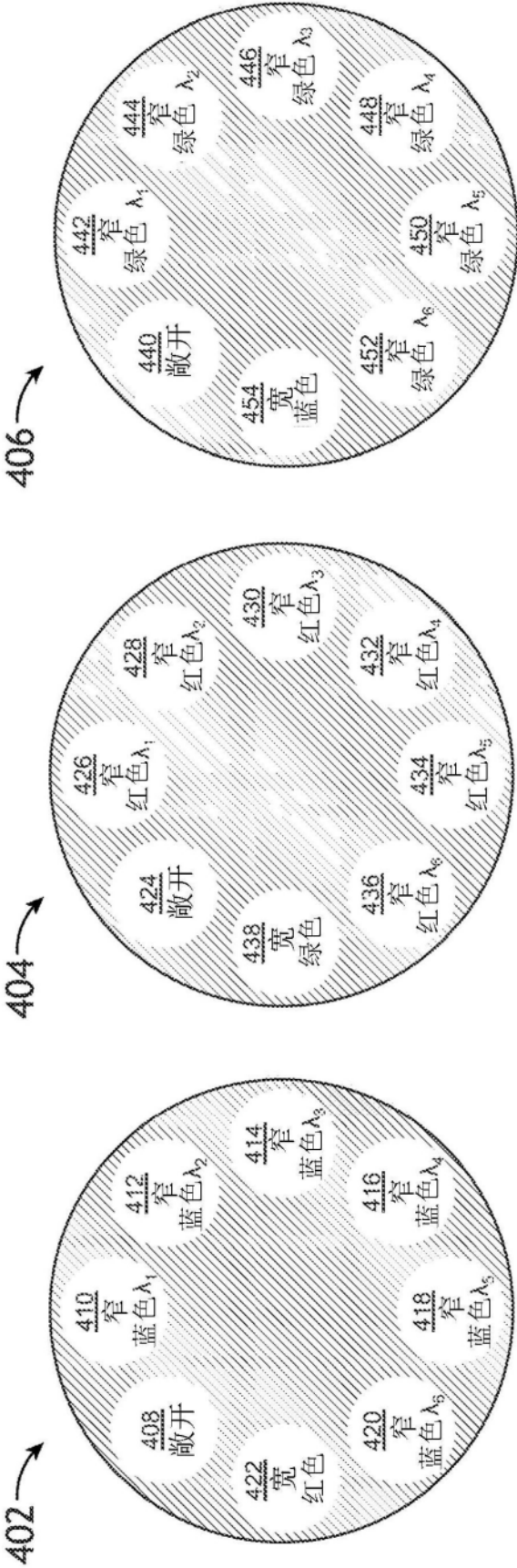


图4

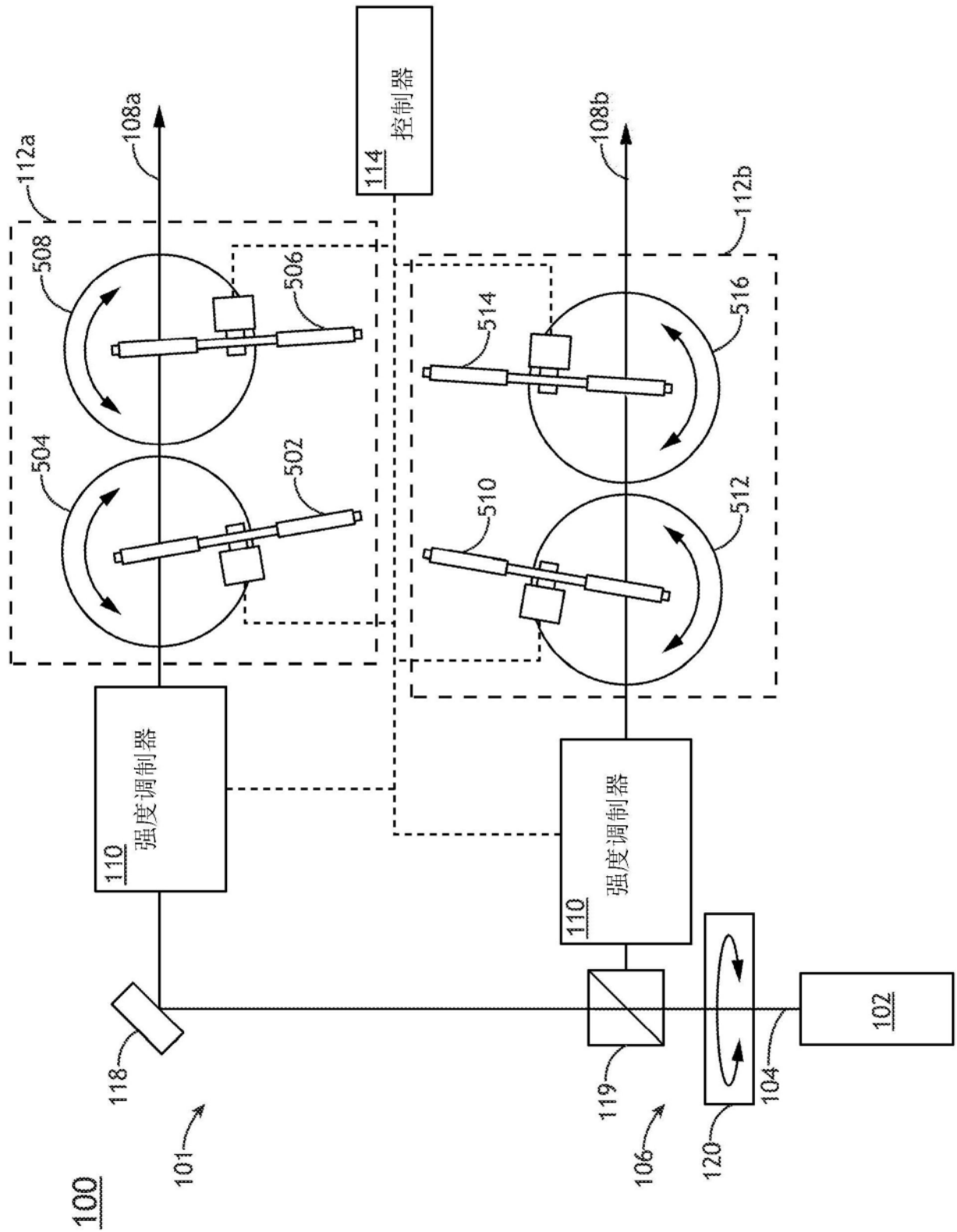


图5

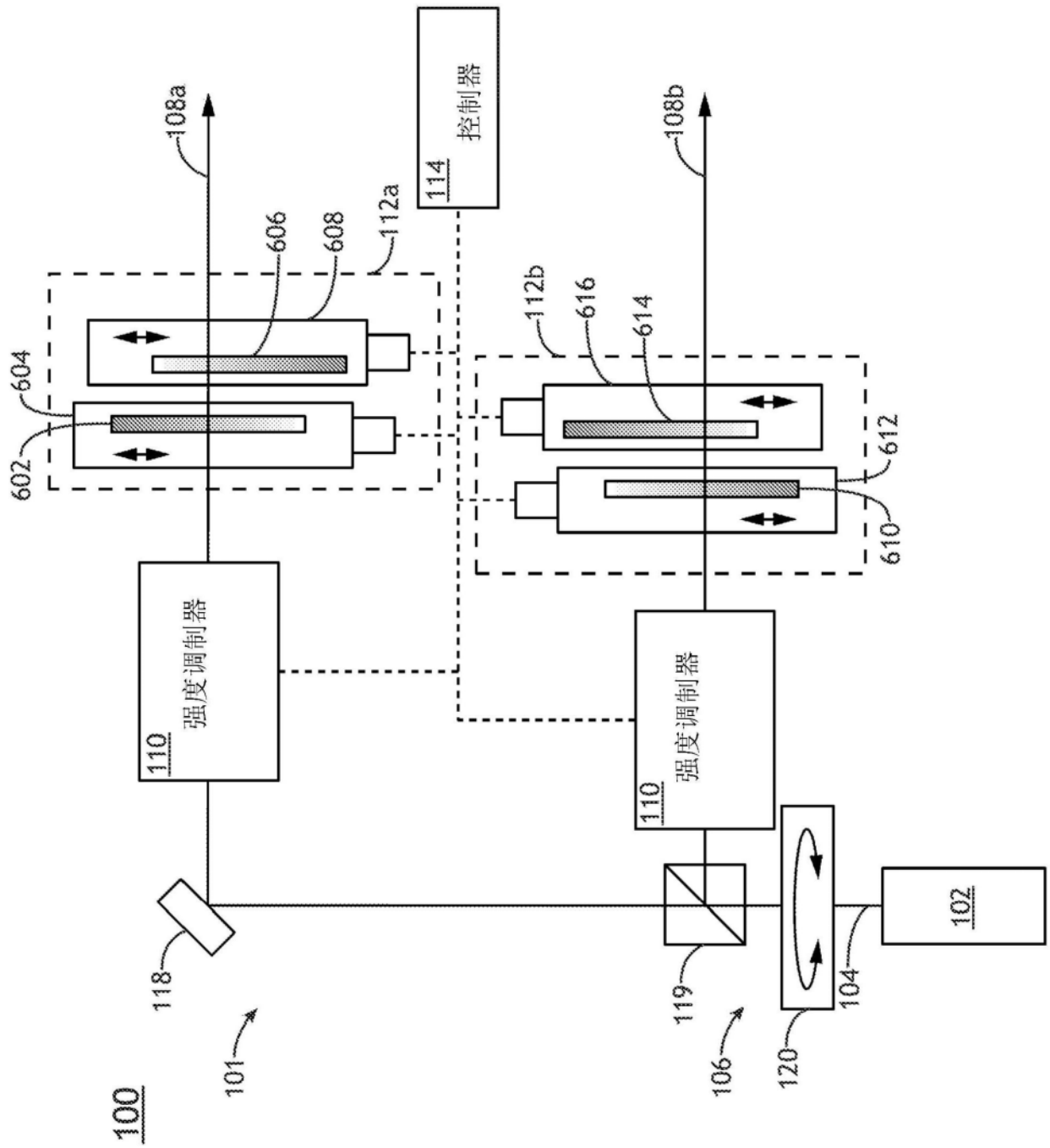


图6



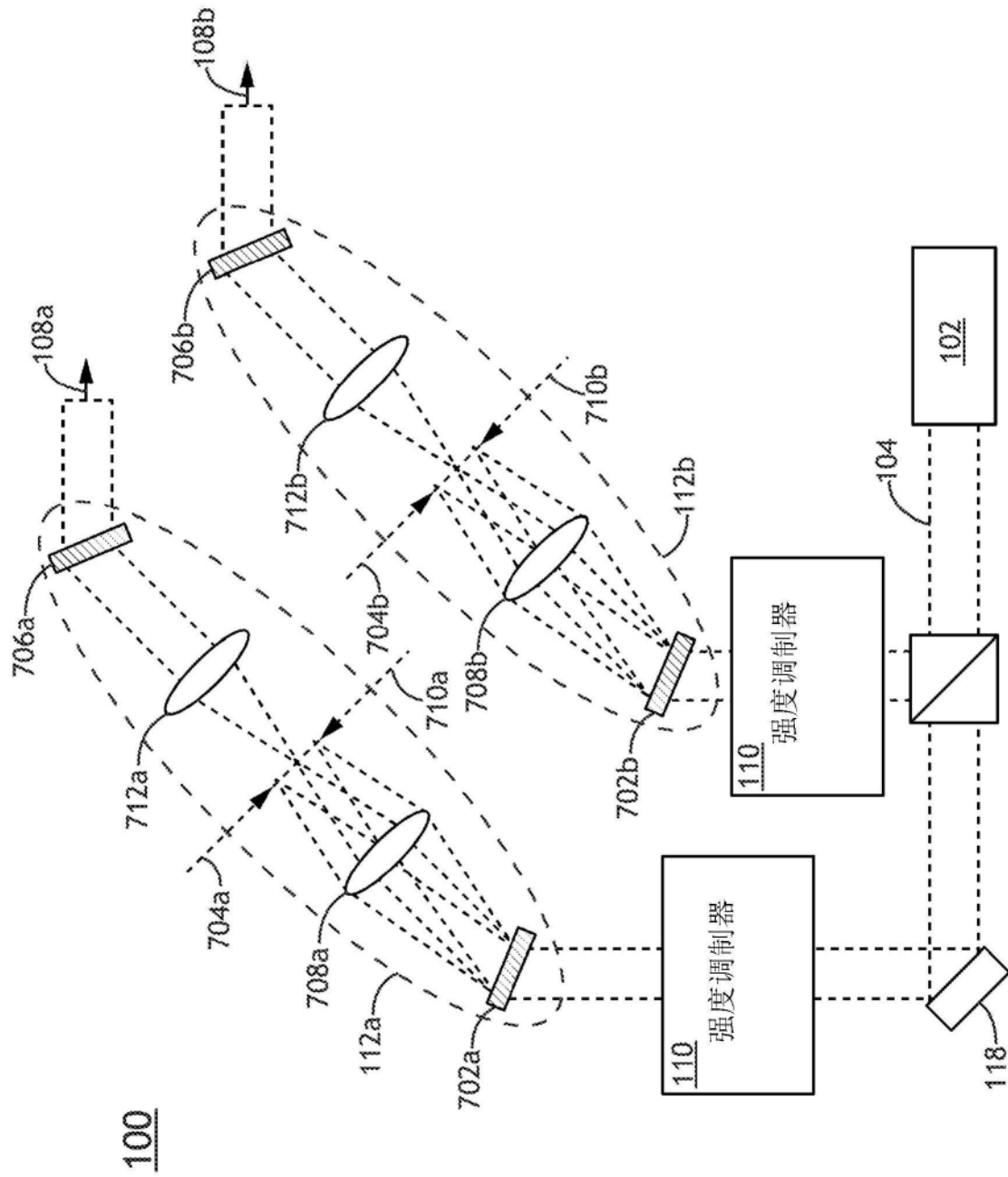


图7

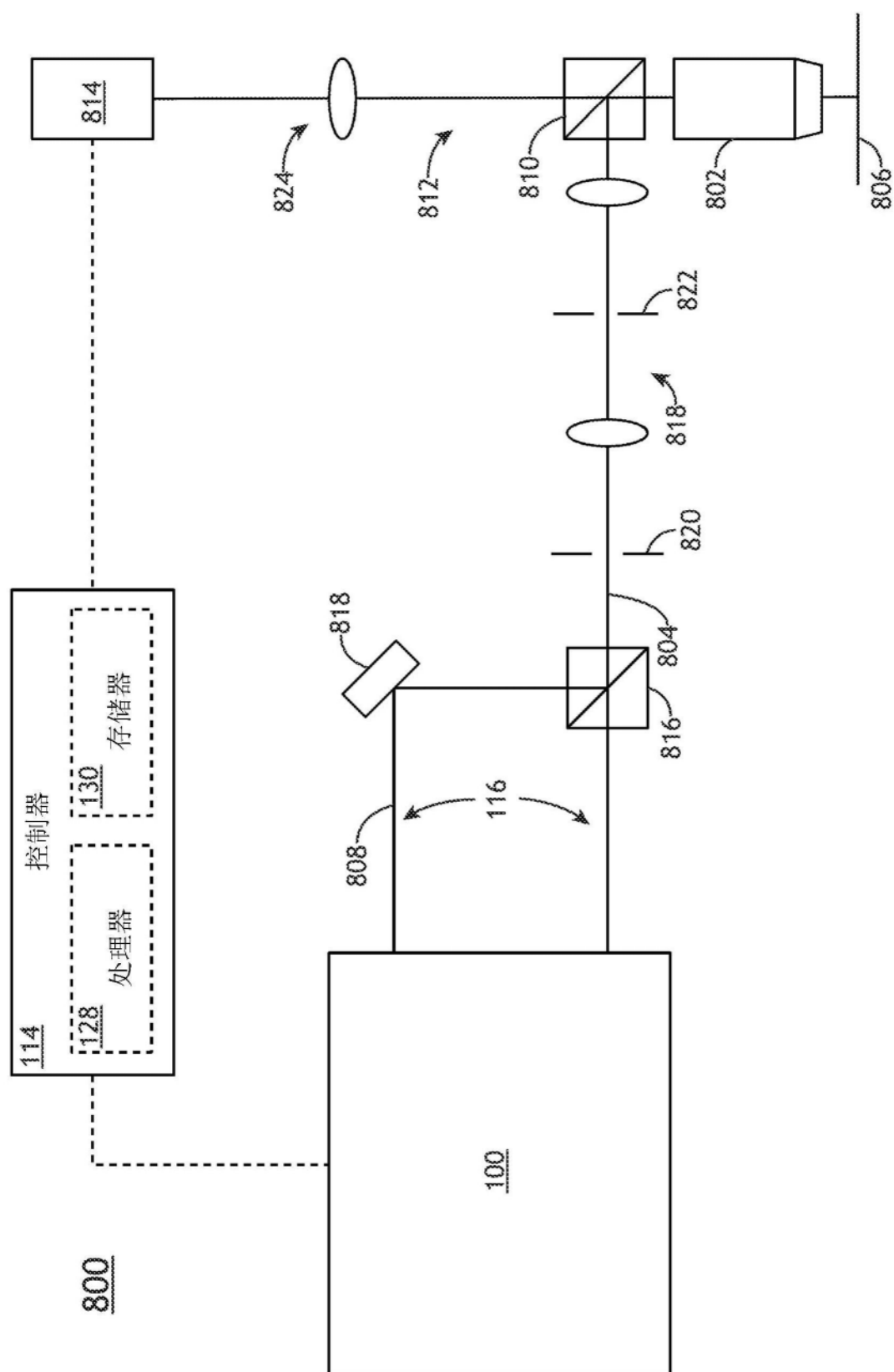


图8

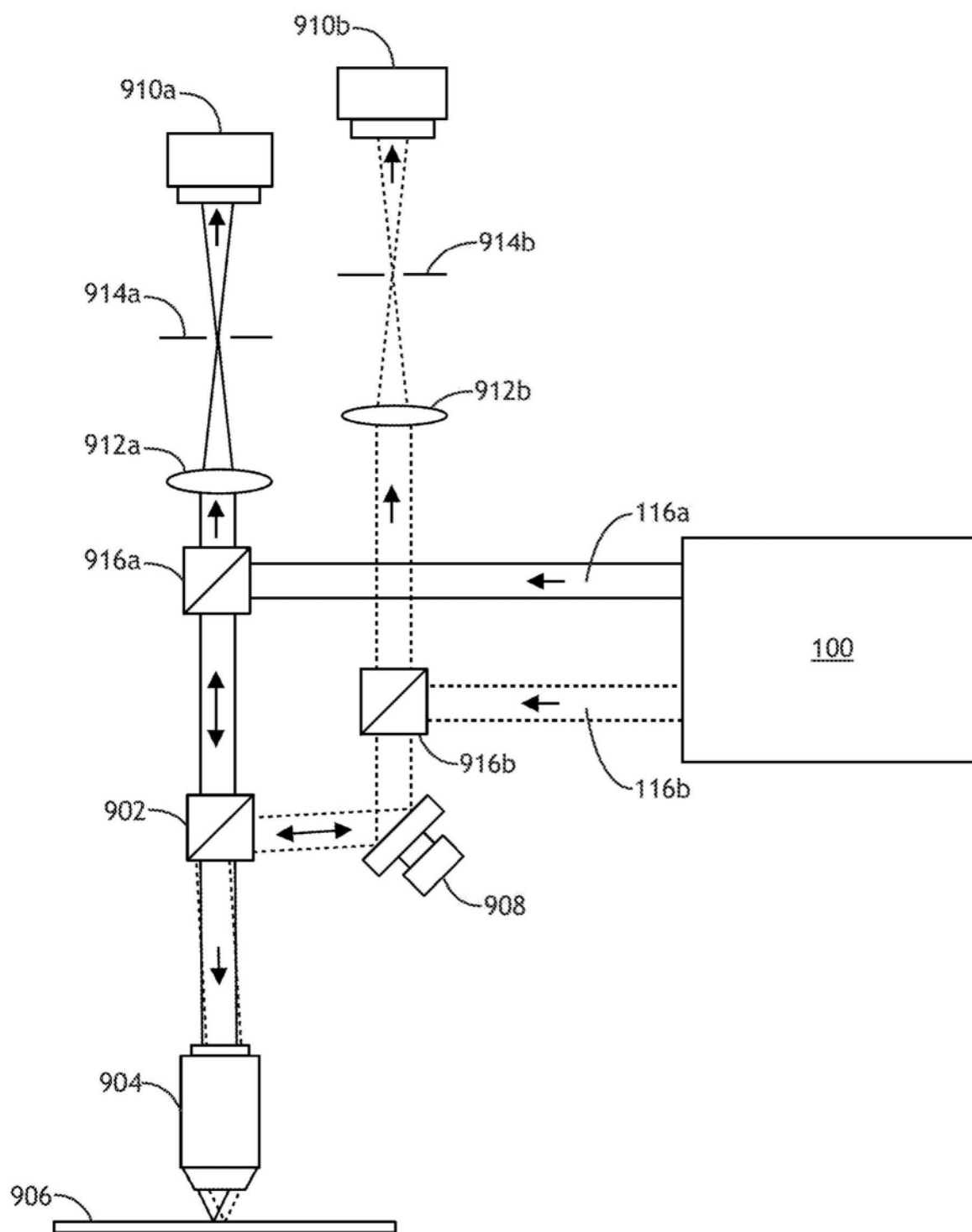


图9