



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118103757 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 28

(21) 申请号 202280069309.9

(22) 申请日 2022.10.14

(30) 优先权数据

22163730.9 2022.03.23 EP

63/255,694 2021.10.14 US

63/322,669 2022.03.23 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.04.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/046709 2022.10.14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/064556 EN 2023.04.20

(71) 申请人 杜比实验室特许公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·D·杰克逊 N·S·温赖特

F·J·波拉迪什 D·亨尼根

D·S·德瓦尔德 J·P·佩蒂埃拉

M·J·理查兹 B·利佩伊

J·S·米勒 T·戴维斯

P·F·范凯塞尔

D·R·B·坎贝尔

(74) 专利代理机构 北京市汉坤律师事务所

11602

专利代理师 魏小微 吴丽丽

(51) Int. Cl.

G02B 27/10 (2006.01)

G02B 27/18 (2006.01)

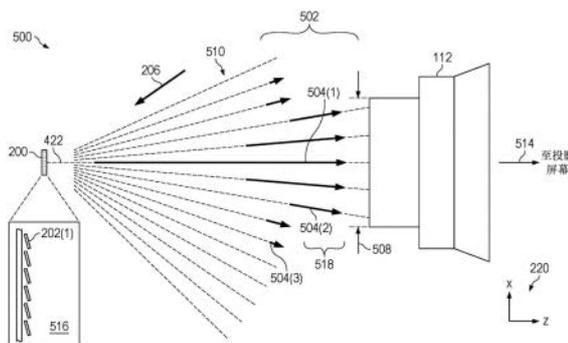
权利要求书2页 说明书27页 附图41页

(54) 发明名称

使用白光照明的光投影系统

(57) 摘要

公开了使用白光照明的光投影系统。一个实施例提供了一种使用白光照明的投影系统。所述投影系统包括被配置为接收白光输入的照明组件。棱镜被配置为将所述白光输入分离成色光输入,将所述色光输入重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的色光输入组合成白光输出。滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换以生成经过滤的白光输出。投影透镜组件被配置为投影所述经过滤的白光输出。



1. 一种使用白光照明的投影系统,所述投影系统包括:  
照明组件,所述照明组件被配置为接收白光输入;  
棱镜,所述棱镜被配置为将所述白光输入分离成单独的色光输入,将所述色光输入重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的色光输入组合成白光输出;  
滤光器,所述滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换以生成经过滤的白光输出;以及  
投影透镜组件,所述投影透镜组件被配置为投影所述经过滤的白光输出。
2. 根据权利要求1所述的投影系统,其中,所述色光输入包括红光、绿光和蓝光,并且其中,所述相应的调制器包括被配置为调制所述红光的第一调制器、被配置为调制所述绿光的第二调制器和被配置为调制所述蓝光的第三调制器。
3. 根据权利要求1至权利要求2中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器包括透镜,所述透镜被配置为将所述白光输出聚焦到傅里叶平面上,其中,所述傅里叶平面与所述透镜的焦平面重合。
4. 根据权利要求1至权利要求3中任一项所述的投影系统,还包括:光学地安置在所述多个调制器中的至少一个调制器与所述投影透镜组件之间的摆频振荡器。
5. 根据权利要求1至权利要求4中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器被配置为阻挡所述白光输出的一个或多个衍射级。
6. 根据权利要求1至权利要求5中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器集成在所述投影透镜组件内。
7. 根据权利要求1至权利要求6中任一项所述的投影系统,其中,所述棱镜包括全内反射(TIR)棱镜段,所述TIR棱镜段被配置为将所述白光分离成所述色光输入。
8. 根据权利要求1至权利要求7中任一项所述的投影系统,其中,所述色光输入中的每一个具有相同的照明角度。
9. 根据权利要求1至权利要求8中任一项所述的投影系统,其中,宽带抗反射涂层被施加到所述棱镜。
10. 根据权利要求1至权利要求9中任一项所述的投影系统,其中,当所述多个调制器中的第一调制器处于OFF状态时,由所述第一调制器调制的相应色光输入被引导朝向光捕集器。
11. 根据权利要求1至权利要求10中任一项所述的投影系统,还包括:  
折叠镜,所述折叠镜被配置为将所述白光输入引导到所述棱镜。
12. 根据权利要求1至权利要求11中任一项所述的投影系统,其中,所述相应的调制器中的每一个是选自由以下各项组成的组的调制器:数字微镜设备、微机电系统阵列和硅基液晶阵列。
13. 一种用于在投影仪系统中使用白光的方法,所述方法包括:  
用棱镜组件接收白光输入;  
用所述棱镜组件将所述白光分离成多个单独的色光输入,每个色光输入以照明角度被提供给单独的棱镜路径;  
在每个单独的棱镜路径中用色光调制器调制每个色光输入;

在所述棱镜组件内,将每个经调制的色光输入组合成白光输出;  
将所述白光输出提供给投影透镜组件;  
在所述投影透镜组件内对所述白光输出进行过滤;以及  
投影经过滤的白光输出。

14.根据权利要求13所述的方法,其中,所述色光输入包括红光、绿光和蓝光,并且其中,在每个单独的棱镜路径中用色光调制器调制每个色光输入包括:用第一色光调制器调制所述红光;用第二色光调制器调制所述绿光;以及用第三色光调制器调制所述蓝光。

15.根据权利要求13至权利要求14中任一项所述的方法,还包括:

用所述投影透镜组件中包括的透镜将所述白光输出聚焦到傅里叶平面上,其中,所述傅里叶平面与所述透镜的焦平面重合。

16.根据权利要求13至权利要求15中任一项所述的方法,其中,在所述投影透镜组件内对所述白光输出进行过滤包括阻挡所述白光输出的一个或多个衍射级。

17.一种使用白光照明的投影系统,所述投影系统包括:

棱镜,所述棱镜被配置为将白光分离成多个颜色通道,将所述颜色通道重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的颜色通道组合成白光输出;以及

投影透镜组件,所述投影透镜组件被配置为投影所述白光输出,所述投影透镜组件包括滤光器,所述滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换。

18.根据权利要求17所述的投影系统,其中,所述多个颜色通道包括红色通道、绿色通道和蓝色通道,并且其中,所述相应的调制器包括被配置为调制所述红色通道的第一调制器、被配置为调制所述绿色通道的第二调制器和被配置为调制所述蓝色通道的第三调制器。

19.根据权利要求17至权利要求18中任一项所述的投影系统,其中,所述棱镜包括全内反射(TIR)棱镜段,所述TIR棱镜段被配置为将所述白光分离成所述多个颜色通道。

20.根据权利要求17至权利要求19中任一项所述的投影系统,其中,所述颜色通道中的每一个具有相同的照明角度。

## 使用白光照明的光投影系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求以下优先申请的优先权：2022年3月23日提交的欧洲专利申请号22163730.9(参考号:D21099EP)、2022年3月23日提交的美国临时专利申请号63/322,669(参考号:D21099USP2)以及2021年10月14日提交的美国临时专利申请号63/255,694(参考号:D21099USP1),这些专利申请中的每一个的全部内容特此通过引用并入。

### 技术领域

[0003] 本申请总体上涉及投影系统,并且更具体地涉及一种包括单个照明组件的投影系统,所述照明组件结合分色反射棱镜和滤光器来传递白光,以增加由所述棱镜提供的图像的对比度。

### 背景技术

[0004] 投影仪的对比度表明投影仪的最亮输出相对于投影仪的最暗输出。对比度比率是对比度的量化度量,被定义为投影仪的最亮输出的亮度与投影仪的最暗输出的亮度之比。对比度比率的这种定义又称为“静态”或“原生”对比度比率。

[0005] 由于人类视觉系统的视觉适应性,观看者可检测到的亮度范围对应于大约1,000,000,000:1的对比度比率,即使在任何时刻,可检测到的亮度范围对应于小于这个值的对比度比率。例如,在暗视觉中,仅由人眼的视杆细胞介导,对于某些观看者而言,在任何时刻,可检测到的对比度比率可能高达1,000,000:1,这取决于观察的场景、用户的适应状态和生物学因素。

[0006] 电影院环境中的观看者随时可能处于不同的适应状态,并因此可能观看到同一场景有不同的对比度比率。观看者之间的适应状态的变化可能是由于相对于屏幕的座位位置不同、每个观看者在屏幕上聚焦的位置以及每个观看者何时以及多久闭一次眼。当多个观看者使用电影院时,理想的投影仪的对比度比率足够高以为所有观看者准确地再现图像。

[0007] 一些符合数字电影倡导组织(DCI)规范的投影仪的对比度比率为2,000:1或更小。对于这些数字投影仪,可以以足够高的亮度投影图像的暗区域和/或黑区域,以使这些区域显得比预期的更亮。

[0008] 另外,许多数字光处理(DLP)投影仪使用具有双向穿过彩色棱镜的公共光路的三通道棱镜组件。彩色棱镜接收每个颜色通道(红色、绿色和蓝色)的光,将每个颜色通道传输到调制器,并且将调制器通道组合成白光输出。这样的投影仪可以包括双调制器和/或多调制器投影仪显示系统。

### 发明内容

[0009] 接收并单独地调制多个颜色通道的投影仪显示系统能够实现高对比度,例如70K:1。然而,在一些投影仪显示系统中,也可以接受较低的对比度,诸如30K:1。当可接受较低的对比度时,每个颜色通道不需要独立的照明角度调整。因此,本文所述的实施例提供了一种

将白光传递到白光棱镜的单个照明组件。在用白光棱镜拆分白光之后,每个颜色通道被提供给调制颜色通道的调制器。由于每个颜色通道是从相同的白光输入中分离的,因此每个颜色通道具有相同的照明角度。然后,将经调制的颜色通道在白光棱镜内重新组合为白光输出。将白光输出提供给滤光器,所述滤光器被配置为对来自白光棱镜的白光输出进行空间傅里叶变换。

[0010] 本公开的各个方面涉及用于投影仪系统中的白光照明的设备、系统和方法。一个实施例提供了一种使用白光照明的投影系统。所述投影系统包括被配置为接收白光输入的照明组件。棱镜被配置为将所述白光输入分离成单独的色光输入,将所述色光输入重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的色光输入组合成白光输出。滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换以生成经过滤的白光输出。投影透镜组件被配置为投影所述经过滤的白光输出。

[0011] 另一个实施例提供了一种用于在投影仪系统中调制白光的方法。所述方法包括:用棱镜组件接收白光输入;以及用所述棱镜组件将所述白光分离成多个单独的色光输入,每个色光输入以照明角度被提供给单独的棱镜路径。所述方法包括:在每个单独的棱镜路径中用色光调制器调制每个色光输入;以及在所述棱镜组件内,将每个经调制的色光输入组合成白光输出。所述方法包括:将所述白光输出提供给投影透镜组件;在所述投影透镜组件内对所述白光输出进行过滤;以及投影经过滤的白光输出。

[0012] 另一个实施例提供了一种使用白光照明的投影系统。所述投影系统包括棱镜,所述棱镜被配置为将白光分离成多个颜色通道,将所述颜色通道重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的颜色通道组合成白光输出。所述投影系统包括投影透镜组件,所述投影透镜组件被配置为投影所述白光输出,所述投影透镜组件包括滤光器,所述滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换。

[0013] 以这种方式,本公开的各个方面提供了对具有高动态范围和高分辨率的图像的显示,并且至少在图像投影、全息术、信号处理等技术领域中提供了有效改进。

## 附图说明

[0014] 参考附图,在以下描述中更全面地公开了各种实施例的这些和其他更详细的和具体的特征,在附图中:

[0015] 图1图示了根据实施例的被配置为改善通过空间光调制器生成的图像的对比度的滤光器。

[0016] 图2和图3分别是用于作为数字投影仪的一部分生成图像的一个示例现有技术数字微镜设备(DMD)200的前视图和侧视图。

[0017] 图4是根据实施例的被配置为对来自DMD的调制光进行过滤的滤光器的侧视图。

[0018] 图5和图6是具有DMD和投影仪透镜的一个示例数字投影仪的侧视图。

[0019] 图7和图8分别是ON和OFF调制光的示例夫琅和费衍射图形的强度图。

[0020] 图9至图14是图4的滤光器掩模的示例的前视图,示出了滤光器掩模的透射区域的示例配置。

[0021] 图15图示了根据实施例的通过以空间多路复用的方式对每个颜色通道进行滤光来实现对比度比率增大的多色数字投影仪。

[0022] 图16图示了根据实施例的通过对不同颜色通道进行时分多路复用滤光来实现对比度比率增大的多色数字投影仪。

[0023] 图17是根据实施例用作图16的数字投影仪的输入光的时分多路复用光的光功率与时间的曲线图。

[0024] 图18是具有三个扇区的示例滤光轮的前视图,每个扇区包含一个滤光器掩模。

[0025] 图19是具有六个扇区的示例滤光轮的前视图,每个扇区包含一个滤光器掩模。

[0026] 图20示出了根据实施例的用于改善通过空间光调制器生成的图像的对比度的方法。

[0027] 图21示出了根据实施例的用于通过以空间多路复用的方式对每个颜色通道进行滤光来投影对比度增大的彩色图像的方法。

[0028] 图22示出了根据实施例的用于生成和投影对比度增大的彩色图像的时分多路复用方法。

[0029] 图23是模拟实验的侧视图。

[0030] 图24至图26是针对图23的模拟实验获得的对比度比率和光效率与半角的数值曲线图。

[0031] 图27是当光波长为532nm并且DMD的所有微镜均处于ON位置时图23的模拟实验的夫琅和费衍射图形。

[0032] 图28是当光波长为617nm并且DMD的所有微镜均处于ON位置时图23的模拟实验的夫琅和费衍射图形。

[0033] 图29是针对当微镜的ON和OFF倾斜角度分别是+12.1度和-12.1度时在617nm波长下操作的图23的模拟实验获得的对比度比率与光效率的数值曲线图。

[0034] 图30和图31是针对图23的模拟实验获得的对比度比率与微镜倾斜角度的数值曲线图。

[0035] 图32是针对在532nm波长下图23的模拟实验获得的随输入光的角度分集而变的对比度比率和光效率的数值曲线图。

[0036] 图33和图34是图23的模拟实验的夫琅和费衍射图形,示出了由于输入光的角度分集引起的衍射峰变宽。

[0037] 图35图示了根据本公开的各个方面的示例性投影透镜系统。

[0038] 图36图示了图35的示例性投影透镜系统的一部分的示例性透镜配置。

[0039] 图37图示了图35的示例性投影透镜系统的另一部分的示例性透镜配置。

[0040] 图38图示了图35的示例性投影透镜系统的示例性组装透镜配置。

[0041] 图39图示了示例投影系统。

[0042] 图40图示了包括九件式棱镜系统和多个照明组件的示例投影系统。

[0043] 图41图示了包括白光棱镜系统和单个照明组件的示例投影系统。

[0044] 图42图示了用于单独的颜色通道输入的示例九件式棱镜。

[0045] 图43图示了用于白光输入的具有全内反射棱镜的示例白光棱镜。

[0046] 图44图示了不具有全内反射棱镜的示例白光棱镜。

[0047] 图45图示了与图41的示例棱镜结合使用的示例摆频振荡器。

[0048] 图46A至图46B图示了与图41和图42的示例棱镜结合使用的示例摆频振荡器。

[0049] 图47图示了在图41的投影系统内使用白光照明的方法。

### 具体实施方式

[0050] 本公开及其各方面可以以各种形式实现,包括:由计算机实施的方法控制的硬件、设备或电路、计算机程序产品、计算机系统和网络、用户接口和应用编程接口;以及硬件实施的方法、信号处理电路、存储器阵列、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)等。前述发明内容仅旨在给出本公开的各个方面的一般想法,并且不以任何方式限制本公开的范围。

[0051] 在以下描述中,阐述了诸如光学设备配置、定时、操作等的许多细节,以提供对本公开的一个或多个方面的理解。对本领域技术人员而言显而易见的是,这些具体细节仅是示例,并且不旨在限制本申请的范围。

[0052] 滤光器

[0053] 图1是示出了被配置为改善通过空间光调制器生成的图像的对比度的一个滤光器110的功能图。图1示出了在一个使用场景中的滤光器110,在所述使用场景中,滤光器110被实施在数字投影仪100中以增大由数字投影仪100投影的图像的对比度。数字投影仪100包括空间光调制器(SLM)102,所述SLM根据表示要由数字投影仪100投影的图像的输入数据将输入光106调制为调制光104。

[0054] 滤光器110通过阻挡调制光104的一部分114来对调制光104进行过滤。被阻挡部分114包括在没有滤光器110的情况下数字投影仪100甚至是在SLM 102被控制不向屏幕116输出光时也会投影到屏幕116上的光。滤光器110输出调制光104的透射部分作为过滤光108。数字投影仪100包括将过滤光108投影到屏幕116上的投影透镜112。在没有滤光器110时,调制光104的被阻挡部分114对应于数字投影仪100的发光强度的下界限,并因此决定了投影图像的暗度。通过阻挡调制光104的被阻挡部分114,滤光器110减小了下界限,由此增大了数字投影仪100的对比度。

[0055] 如下面更详细地描述的,调制光104的被阻挡部分114对应于由于输入光106从SLM 102衍射而产生的调制光104的一个或多个衍射级。SLM 102可以是如下任何类型的空间光调制器:其(1)具有充当衍射光栅的周期性结构,并且(2)调制输入光106的光学相位以使光在两种状态(例如,开(ON)和关(OFF)状态)之间转向。在一个示例中,图1的SLM 102是数字微镜设备(DMD),所述DMD通过倾斜多个微镜以调制输入光106的光学相位来使光转向。在其他示例中,SLM 102是反射式硅基液晶(LCOS)相位调制器或透射式液晶(LC)相位调制器,这些相位调制器中的每一个通过调制液晶的折射率来使光转向。

[0056] 图2和图3分别是用于作为数字投影仪(例如,数字投影仪100)的一部分生成图像的一个现有技术DMD 200的前视图和侧视图。DMD 200是SLM 102的示例。在以下描述中最好一起观看图2和图3。

[0057] DMD 200是微光机电系统(MOEMS)SLM,其具有多个正方形微镜202,这些正方形微镜成二维矩形阵列布置在位于xy平面中的基板204上(参见右侧坐标系220)。在某些实施例中,DMD 200是来自美国德州仪器公司(Texas Instruments)的数字光处理器(DLP)。每个微镜202可以对应于图像的一个像素,并且可以通过静电致动而围绕旋转轴线208倾斜以使输入光206转向,所述旋转轴线与x轴成-45度定向。为了清楚起见,图2仅示出了在DMD 200的

拐角和中心处的代表性微镜202,并且并非所有的微镜202都在图3中被标记。

[0058] 图3示出了被倾斜以使输入光206转向的微镜202。微镜202(1)被致动到ON位置,以将输入光206镜面反射成平行于z轴的ON反射光306(参见坐标系120)。微镜202(2)被致动到OFF位置,以将输入光206镜面反射为指向束捕集器(未示出)的OFF反射光320,所述束捕集器吸收OFF反射光320。微镜202(3)未被致动,平行于基板204(例如,xy平面)处于平坦状态。每个微镜202的前表面304可以涂覆有沉积的金属(例如,铝)层,所述金属层充当用于反射输入光206的反射表面。间隙310可以是吸收性的,即,进入间隙310的输入光206被基板204吸收。为了清楚起见,未示出将微镜202物理地联接到基板204的机械结构。在不脱离本发明的范围的情况下,DMD 200可以被实施为沿与图3所示的方向不同的相应方向引导ON反射光306和OFF反射光320。另外,DMD 200可以被配置为使得当未被致动时,微镜202与基板204成一定角度。

[0059] 可以通过仅考虑输入光206从微镜202的镜面反射来设计具有DMD 200的数字投影仪。然而,微镜202和将微镜202分开的间隙310协作以形成衍射输入光206的二维光栅。因此,远离DMD 200传播的调制光可以在DMD 200的远场区域或在透镜的焦平面中形成可观察为夫琅和费衍射图形(分别参见图7和图8的衍射图形700和800)的多个衍射级。每个衍射级对应于沿唯一的相应方向远离DMD 200传播的一个光束。通过设计,来自DMD 200的调制光的大部分光功率处于零级衍射级,对应于镜面反射的ON和OFF反射光306和320。

[0060] DMD 200对输入光206的衍射可以降低使用DMD 200的数字投影仪(例如,在没有滤光器110的情况下的图1的数字投影仪100)的投影仪对比度比率(PCR)。投影仪的PCR在本文中被定义为在由投影仪照射的投影屏幕处测量的ON与OFF发光强度(或等效地,第一和第二测光亮度)的比率。当控制投影仪分别输出其最亮的输出(例如,白色)和最暗的输出(例如,黑色)时,会生成ON和OFF发光强度。当数字投影仪使用DMD 200时,当所有微镜202分别处于ON和OFF位置时,将生成ON和OFF发光强度。

[0061] 可以通过各种参数确定DMD 200如何衍射输入光206,诸如(1)输入光206的波长,(2)输入光206的方向,(3)DMD 200的节距212,(4)DMD 200的间隙310的宽度210,以及(5)微镜202的ON和OFF倾斜角度。如图2所示,沿DMD 200的x和y方向,节距212等于宽度210和微镜边缘长度208之和。节距212可以介于5微米与15微米之间。宽度210可以小于1微米。在一个示例中,节距212介于7微米与8微米之间,并且宽度210介于0.7微米与0.9微米之间。

[0062] 图4是一个滤光器400的侧视图,所述滤光器被配置为对来自DMD 200的调制光402进行空间过滤,以便增大数字投影仪100的PCR。滤光器400是滤光器110的实施例。DMD 200是SLM 102的实施例。在滤光器400中,在不脱离本发明的范围的情况下,DMD 200可以由SLM 102的另一实施例(例如,反射式LCOS或透射式LC相位调制器)代替。滤光器400包括透镜404,所述透镜通过将调制光402聚焦到傅里叶平面408上来对调制光402进行空间傅里叶变换。在图4中调制光402被描绘为多个箭头,每个箭头对应于相应衍射级并且指向所述衍射级传播的唯一方向。透镜404限定了光轴422。在一个实施例中,如图4中所示,DMD 200以光轴422为中心。在另一个实施例中,DMD 200相对于光轴422偏离中心。透镜404具有焦距410,并且傅里叶平面408与透镜404的焦平面重合。当通过透镜404进行傅里叶变换时,位于傅里叶平面408处的滤光器掩模412对调制光402进行空间过滤。通过透镜404施加的空间傅里叶变换将调制光402的每个衍射级的传播角度转换为傅里叶平面408上的相应空间位置。透镜

404由此能够通过傅里叶平面408处进行空间过滤来选择期望的衍射级,并拒绝不期望的衍射级。傅里叶平面408上的调制光402的空间傅里叶变换等效于调制光402的夫琅和费衍射图形。

[0063] 滤光器掩模412具有至少一个透射区域416,所述透射区域被配置为将至少一个衍射级的调制光402全部或部分透射通过滤光器掩模412作为过滤光414。在某些实施例中,当入射了不期望的衍射级的调制光402时,滤光器掩模412是基本上不透明的。在一些实施例中,当滤光器掩模412不具有透射区域416时,滤光器掩模412是基本上不透明的。在其他实施例中,滤光器掩模412被配置为与透射相反地反射期望的衍射级,以便在空间上将期望的衍射级与不期望的衍射级分开。

[0064] 在实施例中,滤光器400被配置为具有将过滤光414准直成准直光420的准直透镜418。准直透镜418可以简化滤光器400与其他光学元件或光学系统的集成。例如,透镜418可以将过滤光414光学耦合到位于滤光器400后面的附加光学器件(例如,下面参考图15讨论的投影仪透镜112或束组合器1504)。准直透镜418具有焦距424,并且被定位成使得准直透镜418的焦平面与傅里叶平面408重合。虽然在图4中示出了焦距410和424是相等的,但是在某些实施例中焦距410和424可以彼此不同。在另一个实施例中,滤光器400被配置为具有类似于准直透镜418的透镜,所述透镜将过滤414光学耦合到位于滤光器400后面的附加光学器件(例如,投影仪透镜112)。

[0065] 为了清楚起见,图4仅示出了在一个维度(例如,x方向)上衍射的衍射束。然而,DMD 200在二维上衍射,使得调制光402还包括已经被DMD 200在垂直于光轴422的第二维度(例如,y方向)上衍射的衍射束。二维衍射图形中的每个衍射束可以用一对整数来标记,这对整数识别二维中的每个维度的衍射束的衍射级。在本文中,“零级”是指在两个维度上都具有零级的一个衍射束。同样在不脱离本发明的范围的情况下,图4中描绘的作为一部分调制光402的每个箭头可以指示一组相邻衍射级,诸如零级衍射级和多个一级衍射级。

[0066] 图5和图6是一个数字投影仪500的侧视图,所述数字投影仪包括DMD 200和投影仪透镜112,但是不包括滤光器110。图5和图6图示了来自DMD 200的调制光402的衍射级如何降低数字投影仪500的PCR。DMD 200是SLM 102的实施例。在不脱离本发明的范围的情况下,在数字投影仪500中,DMD 200可以由SLM 102的另一个实施例(例如,反射式LCOS或透射式LC相位调制器)代替。在图5中,数字投影仪500通过将DMD 200的所有微镜202致动到ON位置(在放大视图516中参见微镜202(1))来生成ON发光强度。在图6中,数字投影仪500通过将DMD 200的所有微镜202致动到OFF位置(在放大视图616中参见微镜202(2))来生成OFF发光强度。在图5和图6中,DMD 200和投影仪透镜112在x和y方向(参见坐标系220)上以光轴422为中心。在以下描述中最好一起观看图5和图6。

[0067] 在图5中,DMD 200将输入光206衍射为具有多个ON衍射束504的ON调制光502。在图6中,DMD 200将输入光206衍射为具有多个OFF衍射束604的OFF调制光602。在DMD 200的远场区域中,每个ON衍射束504对应于由ON调制光502形成的夫琅和费衍射图形的一个衍射级或一个峰,并且每个OFF衍射束604对应于由OFF调制光602形成的夫琅和费衍射图形的一个衍射级或一个峰。在DMD 200的远场区域中,ON衍射束504和OFF衍射束604中的每一个对应于具有多个传播方向510之一的k向量。在图5和图6的示例中,传播方向510被表示为虚线;ON衍射束504和OFF衍射束604中的每一个都与传播方向510之一对准,并且由实线箭头表

示,所述实线箭头的长度与衍射束的功率或强度相对应。

[0068] 本发明实施例的一个方面认识到,对于输入光206的固定方向,当DMD 200的微镜202在ON位置与OFF位置之间切换时,ON衍射束504和OFF衍射束604的功率/强度发生变化,然而当DMD 200的微镜202在ON位置与OFF位置之间切换时,ON衍射束504和OFF衍射束604的传播方向510保持不变。

[0069] 在图5的示例中,输入光206是单色平面波,其照射DMD 200并向DMD 200传播,使得ON衍射束504 (1) 沿着光轴422传播。ON衍射束504 (1) 包含ON调制光502的大部分功率。ON衍射束504 (1) 可以表示ON调制光502的零级衍射级或多个相邻的衍射级(例如,零级衍射级和几个一级衍射级)。

[0070] 图5还示出了ON衍射束504 (2) 沿与ON衍射束504 (1) 不同的方向传播,但是仍穿过投影仪透镜112的通光孔径508。ON衍射束504 (2) 的功率小于ON衍射束504 (1) 的功率。包括ON衍射束504 (1) 和504 (2) 在内的多个ON衍射束518穿过投影仪透镜112的通光孔径508,所述投影仪透镜将该多个ON衍射束518投影到投影屏幕上作为ON投影光514。

[0071] 图5还示出了沿着没有通光孔径508的方向传播的ON衍射束504 (3)。投影仪透镜112不将ON衍射束504 (3) 投影到投影屏幕上。ON衍射束504 (3) 的功率是ON调制光502的功率的一小部分。因此,从ON投影光514中排除ON衍射束504 (3) 对数字投影仪500的光功率效率非常小。

[0072] 图6示出了与图5的相应ON衍射束504 (1)、504 (2)、504 (3) 相对应的OFF衍射束604 (1)、604 (2)、604 (3)。OFF衍射束604 (3) 远离光轴422传播,未穿过通光孔径508。OFF调制光602的大部分功率在OFF衍射束604 (3) 中,因此将不会被投影到投影屏幕上。

[0073] 在图6中,OFF衍射束604 (1) 和604 (2) 穿过通光孔径508,以作为OFF投影光614的一部分被投影。与OFF衍射束604 (3) 的功率相比,OFF衍射束604 (1) 和604 (2) 的功率较小。然而,OFF衍射束604 (1) 和604 (2) 的功率增加了数字投影仪500的OFF发光强度,由此降低了数字投影仪500的PCR。

[0074] 在ON调制光502的大部分光功率在ON衍射束504 (1) 中的情况下,多个ON衍射束518中的其他ON衍射束504穿过通光孔径508,从而形成的ON投影光514包含相对极少的功率,因此对ON投影光514的功率的贡献可忽略不计。然而,穿过通光孔径508的对应的OFF衍射束604可以显著增加OFF投影光614的功率,从而降低数字投影仪500的PCR。

[0075] 本实施例的另一方面认识到,可以过滤与光功率较低的ON衍射束相对应的衍射级,像上述ON衍射束504 (2),以便增大PCR,而数字投影仪500的光功率输出和效率的降低最小。为了识别要过滤的衍射级,可以使用衍射级对比度比率(DOCR)。对于穿过通光孔径508的每个传播方向510,DOCR可以被定义为具有相同衍射级和传播方向的一对对应的ON衍射束和OFF衍射束的光功率之比。例如,对应于图5和图6的ON衍射束504 (1) 和OFF衍射束604 (1) 的衍射级具有高DOCR。具有高DOCR的衍射级有利于增大PCR,并且可以被有利地选择以投影到投影屏幕。另一方面,ON衍射束504 (2) 和OFF衍射束604 (2) 对应于具有低DOCR的衍射级。具有低DOCR的衍射级会减小PCR,并且可以有利地被过滤掉以增大数字投影仪500的PCR。

[0076] 为了清楚起见,图5和图6仅示出了在一个维度(例如,x方向)上衍射的衍射束504、604。然而,DMD 200在二维上衍射输入光206,使得调制光502和602也包括已经由DMD 200在

垂直于光轴512的第二维度(例如,y方向)上衍射的衍射束。二维衍射图形中的每个衍射束可以用一对整数来标记,这对整数识别二维中的每个维度的衍射束的衍射级。在本文中,“零级”是指在两个维度上都具有零级的一个衍射束。

[0077] 图7和图8分别是ON调制光502和OFF调制光602的示例夫琅和费衍射图形700和800的强度。衍射图形700和800对应于在被配置为具有DMD 200的数字投影仪100的实施例中实施的滤光器400的一个实施例中由透镜404的一个示例在傅里叶平面408处产生的傅里叶变换。衍射图形700和800是根据下面“数值分析”部分中更详细描述的过程以数字方式生成的。每个衍射图形包括多个等距衍射峰,每个衍射峰各自分别对应于图5和图6的衍射束504或604中相应的一个。图7和图8的水平轴线704和垂直轴线706分别指示相对于坐标系220的x轴和y轴的衍射峰的方向余弦。图7和图8根据强度标度708指示了衍射图形700和800的强度。

[0078] 图7和图8的圆702表示图5和图6的通光孔径508。位于圆702内的衍射峰表示由投影仪透镜112投影分别作为ON投影光514和OFF投影光614的衍射束518、618。在图7中,在圆702的中心处最亮(例如,强度最高)的衍射峰710对应于图5的ON衍射束504(1)和/或ON调制光502的零级。位于圆702外部的衍射峰将不会投影到投影屏幕上。

[0079] 在图8中,对应于OFF衍射束604(3)的最亮衍射峰810处于圆702外部的方向余弦的较高值,因此将不会被投影到投影屏幕上。然而,圆702中的多个低功率衍射峰812将作为OFF投影光614投影到投影屏幕上,从而增加OFF发光强度并减小PCR。

[0080] 为了增大PCR,滤光器400可以被实施为通过阻挡位于圆702内的衍射级来降低OFF发光强度,所述衍射级对OFF发光强度的贡献比对ON发光强度的贡献更大。夫琅和费衍射图形700和800表示调制光402的傅里叶变换,并且图示了透射区域416如何可以被配置成使得滤光器掩模412透射期望的衍射级以进行投影,而阻挡以其他方式将被投影的所有其他不期望的衍射级。具体地,使用透镜404的参数,与每个期望的衍射峰相关联的方向余弦可以被转换到滤光器掩模412上的空间位置,透射区域416可以定位在所述空间位置处以将期望的衍射峰透射通过滤光器掩模412。类似地,与每个不期望的衍射峰相关联的方向余弦可以被转换到滤光器掩模412上的空间位置,在所述空间位置处滤光器掩模412是不透明的,以阻挡(例如,过滤)不期望的衍射峰。

[0081] 在一个实施例中,滤光器掩模412包括一个透射区域416,所述透射区域的大小、几何形状、位置和取向被选择为优化数字投影仪的PCR和/或光功率效率。在另一个实施例中,滤光器掩模412具有多个透射区域416,并且每个透射区域416的大小、几何形状、位置和取向被选择为优化数字投影仪的PCR和/或光功率效率。

[0082] 图9至图14是图4的滤光器掩模412的示例的前视图,示出了透射区域416的示例配置。在图9至图14中的每一个中,通过形成二维网格的X来表示衍射级的多个位置902,诸如与不同对的对应ON衍射束504和OFF衍射束604相关联的衍射级。例如,在图9中,位置902(2)指示被滤光器掩模900阻挡的一个衍射级,而位置902(1)指示被滤光器掩模900透射的一个衍射级。

[0083] 图9和图10分别示出了具有圆形透射区域904和1004的示例滤光器掩模900和1000。圆形透射区域904和1004中的每一个可以是孔或至少部分透射光的材料。圆形透射区域904和1004是透射区域416的示例。圆形透射区域904的大小被设置为将一个衍射级透射

通过滤光器掩模900。圆形透射区域1004的大小被设置为将多个衍射级透射通过滤光器掩模,例如形成 $3 \times 3$ 网格的九个衍射级,如图9所示。虽然图9和图10示出了圆形透射区域904和1004分别在滤光器掩模900和1000上居中,并因此以光轴422为中心,但在不脱离本发明的范围的情况下,圆形透射区域904和1004可以偏离中心。

[0084] 图11和图12分别示出了具有正方形透射区域1104和1204的示例滤光器掩模1100和1200。正方形透射区域1104和1204中的每一个可以是孔或至少部分透射光的材料。正方形透射区域1104和1204是透射区域416的示例。正方形透射区域1104在滤光器掩模1100上居中,并且大小被设置为将多个衍射级透射通过滤光器掩模1100,诸如形成 $3 \times 3$ 网格的九个衍射级,如图11中所示。正方形透射区域1204在滤光器掩模1200上偏离中心,并且大小被设置为将多个衍射级透射通过滤光器掩模1200,诸如形成 $2 \times 2$ 网格的四个衍射级。

[0085] 图13示出了示例滤光器掩模1300,所述滤光器掩模具有不规则的多边形透射区域1304,所述透射区域被配置为将三个相邻的衍射级透射通过滤光器掩模1300。不规则多边形透射区域1304是透射区域416的示例,并且可以是孔或至少部分透光的材料。

[0086] 图14示出了示例滤光器掩模1400,所述滤光器掩模具有多个圆形透射区域1404,每个圆形透射区域被定位并且大小被设置成将一个衍射级透射通过滤光器掩模1400,诸如四个透射区域1404。圆形透射区域1404是多个透射区域416的示例。

[0087] 在不脱离其范围的情况下,透射区域416可以具有不同于图9至图14的示例中所示的另一形状、大小和位置。在一类实施方式中,图9至图14中所示的透射区域416的每个示例都是形成在滤光器掩模412中的孔(例如,通过钻孔、铣削或蚀刻)。在另一类实施方式中,图9至图14中所示的透射区域416的每个示例是透光窗口、半透光窗口、或物理地耦合到滤光器掩模412或嵌入滤光器掩模412内的彩色滤光器(例如,二向色滤光器或薄膜滤光器)。在图9至图14的示例中,滤光器掩模(例如,滤光器掩模900)是圆形的;在不脱离本发明的范围的情况下,这些滤光器掩模中的每一个都可以替代地具有另一种形状(例如正方形或矩形)。在图9至图14的示例中的一些示例中(例如,滤光器掩模900和1000),滤光器掩模被配置为以光轴422为中心;在不脱离本发明的范围的情况下,这些滤光器掩模中的每一个可以替代地被配置为与光轴422偏离中心。

[0088] 滤光器掩模412可以由诸如铝或不锈钢的金属形成。金属可以被阳极氧化或变黑以增强被滤光器掩模412阻挡的光的吸收。替代性地,滤光器掩模412可以由诸如硅的半导体基板形成,透射区域416被蚀刻或研磨到所述半导体基板中。在另一个实施例中,滤光器掩模412由透光基板(例如,玻璃)形成,所述透光基板涂覆有光吸收材料(例如,黑色涂料)以在不与透射区域416重合的区域中阻挡光。在另一个实施例中,滤光器掩模412是具有可动态配置的透射区域416的有源滤光器掩模,诸如电子受控反射镜阵列。

[0089] 图15示出了一个多色数字投影仪1500,所述多色数字投影仪通过以空间多路复用的方式对每个颜色通道进行滤光来实现PCR增大。数字投影仪1500具有多个滤光器400和匹配数量的DMD 200。每个滤光器400与相应的DMD 200配对以使用不同的相应原色工作。每个DMD 200是SLM 102的实施例。在不脱离本发明的范围的情况下,在数字投影仪1500中,每个DMD 200可以由SLM 102的另一个实施例(例如,反射式LCOS或透射式LC相位调制器)代替。图15描绘了数字投影仪1500具有三个颜色通道,并且以下讨论与这三个颜色通道有关。然而,应当理解,数字投影仪1500可以替代地被配置为仅具有两个颜色通道,或者具有多于三

个颜色通道。

[0090] DMD 200 (1)、200 (2) 和200 (3) 将相应的输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 调制为相应的调制光402 (1)、402 (2) 和402 (3),这些调制光被相应的滤光器400 (1)、400 (2) 和400 (3) 过滤成相应的过滤光414 (1)、414 (2) 和414 (3)。数字投影机1500还包括束组合器1504,所述束组合器将过滤光414 (1)、414 (2) 和414 (3) 组合成多色光1510。投影机透镜112被配置为将多色光1510投影到投影屏幕。数字投影机1500是被扩展为处理三个单独的颜色输入以输出多色光的数字投影机100的实施例。

[0091] 在一个实施例中,数字投影机1500包括准直透镜418 (1)、418 (2) 和418 (3),所述准直透镜将相应的过滤光414 (1)、414 (2) 和414 (3) 准直为相应的准直光420 (1)、420 (2) 和420 (3)。在此实施例中,束组合器1504组合准直光420 (1)、420 (2) 和420 (3),如图15中所示。在不包括准直透镜418的数字投影机1500的实施例中,束组合器1504组合未被准直的过滤光414 (1)、414 (2) 和414 (3)。

[0092] 在一个实施例中,数字投影机1500包括全内反射 (TIR) 棱镜1502 (1)、1502 (2) 和1502 (3),所述全内反射棱镜将输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 反射到相应的DMD 200 (1)、200 (2) 和200 (3),并将相应的调制光402 (1)、402 (2) 和402 (3) 透射到相应的滤光器400 (1)、400 (2) 和400 (3)。数字投影机1500可以被配置为具有反射镜1506和1508,所述反射镜将准直光420 (1) 和420 (3) 转向束组合器1504,如图15中所示。虽然在图15中被显示为十字二向色或x-立方体棱镜,但束组合器1504可以是本领域中已知的另一种类型的束组合器。

[0093] 在数字投影机1500的一种实施方式中,第一、第二和第三原色分别是红色、绿色和蓝色。当输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 是单色的时,每个输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 的波长可以被选择为使得输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 分别表示光谱纯的红色、绿色和蓝色原色。在一个这样的示例中,表示红色原色的输入光206 (1) 的波长是615nm、640nm和655nm之一,表示绿色原色的输入光206 (2) 的波长是525nm、530nm和545nm之一,并且表示蓝色原色的输入光206 (3) 的波长是445nm、450nm和465nm之一。替代地,输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 可以是多色的,使得红色、绿色和蓝色原色不是光谱纯色。在不脱离本发明的范围的情况下,三种原色可以是与红色、绿色和蓝色不同的一组颜色。

[0094] 数字投影机1500通过增大每种原色 (例如,红色、绿色和蓝色) 的PCR来增大PCR。数字投影机1500使用的几个光学过程取决于波长,包括DMD 200对输入光206的衍射、TIR棱镜1502对调制光402的折射以及透镜404对调制光402的聚焦。因此,每个调制光402 (1)、402 (2) 和402 (3) 的夫琅和费衍射图形取决于波长。在一个实施例中,基于相应输入光206 (1)、206 (2) 和206 (3) 中的每一个的波长单独配置滤光器掩模412 (1)、412 (2) 和412 (3),以便分别增大第一、第二和第三原色的PCR。

[0095] 图16示出了多色数字投影机1600的一个示例,所述多色数字投影机通过对不同颜色通道进行时分多路复用滤光来实现PCR增大。数字投影机1600包括一个DMD 200和一个具有滤光轮1612的滤光器1610。图17是用作数字投影机1600的输入光的时分多路复用光1601的光功率与时间的曲线图。图18和图19示出了滤光轮1612的示例。在以下描述中最好一起观看图16至图19。

[0096] 时分多路复用光1601包括多个时间分离的输入光206的重复序列1702。尽管数字投影机1600可以被配置为接受并输出具有三种不同颜色的输入光,但是图17至图19和以下

讨论内容可以涉及数字投影仪1600的三色实施例。在此实施例中,时分多路复用光1601包括时间分离的输入光206(1)、206(2)和206(3)。图17示出了时分多路复用光1601的一个示例,其中序列1702包括输入光206(1)的第一脉冲、输入光206(2)的第二脉冲和输入光206(3)的第三脉冲。输入光206(1)、206(2)和206(3)可以分别表示红色、绿色和蓝色原色。输入光206(1)、206(2)和206(3)的脉冲在空间上重叠以使用相同的DMD 200、滤光器1610和投影仪透镜112。在图17的示例中,输入光206(1)、206(2)和206(3)的脉冲被描绘为具有相似的功率(例如,脉冲高度)、持续时间(例如,脉冲宽度)以及脉冲之间的“关闭”时间(例如,脉冲间隔)。在不脱离本发明的范围的情况下,数字投影仪1600可以接受以功率、持续时间和“关闭”时间的其他配置为特征的输入光206。例如,输入光206(1)、206(2)和206(3)的第一、第二和第三脉冲中的一个选定脉冲可能具有较高的功率,以补偿在与选定脉冲相对应的输入光的波长下DMD 200的较低衍射效率。

[0097] DMD 200被配置为根据图像将时分多路复用光1601的输入光206(1)、206(2)和206(3)同步调制为时分多路复用调制光1602。换句话说,DMD 200的微镜202被操纵为当时分多路复用调制光1602是第一输入光206(1)时,具有第一配置,当时分多路复用调制光1602是第二输入光206(2)时,具有第二配置,以及当时分多路复用调制光1602是第三输入光206(3)时,具有第三配置。第一、第二和第三配置可以是不同的。DMD 200是SLM 102的实施例。在不脱离本发明的范围的情况下,在数字投影仪1600中,DMD 200可以由SLM 102的另一个实施例(例如,反射式LCOS或透射式LC相位调制器)代替。

[0098] 滤光器1610类似于图4的滤光器400,例外的是滤光轮1612代替滤光器掩模412。滤光轮1612包含多个滤光器掩模412,所述滤光器掩模被配置为对时分多路复用调制光1602的输入光206(1)、206(2)和206(3)进行同步过滤。例如,在滤光轮1612包含与第一、第二和第三输入光206(1)、206(2)和206(3)相对应的第一、第二和第三滤光器掩模的实施例中,马达1614旋转滤光轮1612,使得当时分多路复用调制光1602是第一输入光206(1)时,第一滤光器掩模412在傅里叶平面408处拦截并过滤时分多路复用调制光1602,当时分多路复用调制光1602是第二输入光206(2)时,第二滤光器掩模412在傅里叶平面408处截取并过滤时分多路复用调制光1602,并且当时分多路复用调制光1602是第三输入光206(3)时,第三滤光器掩模412在傅里叶平面408处拦截并过滤时分多路复用调制光1602。

[0099] 在数字投影仪1600的一个实施例中,马达1614以逐步的方式旋转滤光轮1612,以与输入光206(1)、206(2)和206(3)的脉冲序列同步地在不同的滤光器掩模412之间切换,同时在这些脉冲中的每一个脉冲传播通过傅里叶平面408期间保持滤光轮1612的固定位置。在此实施例中,马达1614如下操作:在输入光206(1)、206(2)和206(3)的脉冲到达傅里叶平面408之前,马达1614旋转滤光轮1612,以将对应的滤光器掩模412在傅里叶平面408处定位在时分多路复用调制光1602的路径上。在对应的过滤光脉冲已完成传播通过滤光器掩模412之后,马达1614然后旋转滤光轮1612,从而将下一个滤光器掩模412在傅里叶平面408处定位在时分多路复用调制光1602的路径上。

[0100] 在某些实施例中,实施在滤光器1610中以聚焦时分多路复用调制光1602的透镜404可以被配置为减小引起透镜404的焦距随波长改变的色差。在一个这样的实施例中,透镜404是消色差透镜,其被设计为类似地聚焦在输入光206(1)、206(2)、206(3)的波长上,使得对应于三个波长中的每一个的傅里叶平面被类似地定位。在另一个这样的实施例中,透

镜404是复消色差透镜,超消色差透镜、物镜、具有多个透镜元件的复合透镜、几个透镜和/或其他光学元件的组件、或本领域已知的另一种类型的透镜。透镜404可以具有一个或多个抗反射涂层,所述涂层在输入光206(1)、206(2)、206(3)的波长处增强时分多路复用调制光1602通过透镜404的透射。

[0101] 在一个实施例中,数字投影仪1600被配置为具有准直透镜1618,所述准直透镜将由滤光轮1612透射的经过滤的时分多路复用光准直成准直时分多路复用光1606,所述准直时分多路复用光被投影仪透镜112投影到屏幕上。在另一个实施例中,投影仪透镜112被配置为接受未准直的时分多路复用光,其中,数字投影仪1600不包括准直透镜1618。

[0102] 图18是具有三个扇区1802的一个滤光轮1800的前视图,每个扇区包含一个滤光器掩模。滤光轮1800是滤光轮1612的示例。马达1614使滤光轮1800绕轴线1804旋转,并且滤光轮1800的每一次旋转对应于时分多路复用光1602的一个序列1702。在一些实施例中,马达1614如前所述以逐步的方式旋转滤光轮1800。在图18的示例中,第一扇区1802(1)的第一滤光器掩模被显示为图9的示例滤光器掩模900,第二扇区1802(2)的第二滤光器掩模被显示为图13的示例滤光器掩模1300,并且第三扇区1802(3)的第三滤光器掩模被显示为图14的示例滤光器掩模1400。然而,在不脱离本发明的范围的情况下,扇区1802的滤光器掩模可以被配置为具有不同于图18中所示的其他形状、大小和位置的透射区域(例如,透射区域416)。

[0103] 在一个实施例中,数字投影仪1600被配置为显示没有某些时间伪像的图像,并且为此目的,序列1702的持续时间短于人类视觉系统的响应时间。例如,时分多路复用光1601的多路复用频率等于序列1702的持续时间的倒数,可以高于闪光融合率以利用视觉的持久性。多路复用频率可以是1千赫或更高,对应于每个输入光206(1)、206(2)和206(3)的小于1毫秒的脉冲宽度。

[0104] 图19是另一滤光轮1900的前视图,所述滤光轮具有六个扇区1902,每个扇区包含一个滤光器掩模。马达1614使滤光轮1900绕轴线1804旋转,使得滤光轮1900的每旋转一整圈对应于序列1702的两个连续迭代。滤光轮1900优于滤光轮1800的一个优点是,滤光轮1900以时分多路复用光1601的多路复用频率的一半旋转,从而由此减少了马达1614的功耗和速度要求。在另一个实施例中,滤光轮1612具有 $3 \times n$ 个扇区,其中 $n$ 是正整数。每一组三个扇区包含三个滤光器掩模,并且滤光轮1900每旋转一整圈对应于序列1702的 $n$ 次连续迭代,由此允许马达1614和滤光轮1612以 $1/n$ 乘以时分多路复用光1601的复用频率旋转。在一种使用情形中,马达1614以逐步的方式旋转滤光轮1900,使得滤光轮1900的每个滤光器掩模是固定的,同时对输入光206的对应脉冲进行过滤。

[0105] 图20示出了用于改善通过空间光调制器生成的图像的对比度的方法2000。方法2000可以由滤光器400执行。方法2000包括将来自空间光调制器的调制光空间傅里叶变换到傅里叶平面上的步骤2002。调制光包括多个衍射级。在步骤2002的一个示例中,透镜404将调制光402空间傅里叶变换到傅里叶平面408上。方法2000还包括对经步骤2002的傅里叶变换后的调制光进行过滤的步骤2004。步骤2004包括可以同时进行的两个步骤2006和2008。步骤2006在傅里叶平面处透射调制光的至少一个衍射级。步骤2008在傅里叶平面处阻挡调制光的其余部分。在步骤2006和2008的一个示例中,滤光器掩模412将调制光402的至少一个衍射级在傅里叶平面408处透射通过透射区域416,并且在傅里叶平面408处阻挡

调制光402的其余部分。在步骤2006和2008的另一个示例中,滤光器掩模412将调制光402的零级衍射级在傅里叶平面408处透射通过透射区域416,并且在傅里叶平面408处阻挡调制光402的其余部分。在方法2000的另一示例中,调制光402是单色光。在方法2000的另一示例中,调制光402是红光、绿光和蓝光之一。在方法2000的另一个示例中,调制光402是通过组合红光、绿光和蓝光形成的多色光。在这个示例中,调制光402可以是白光。在一个实施例中,方法2000在步骤2006之后还包括步骤2010:使透射的调制光的至少一个衍射级准直。在步骤2010的一个示例中,准直透镜418使过滤光414准直。

[0106] 图21示出了用于通过以空间多路复用的方式对每个颜色通道进行滤光来投影对比度增大的彩色图像的方法2100。方法2100可以由数字投影仪1500执行。方法2100包括步骤2102:根据所述图像在空间上调制第一输入光、第二输入光和第三输入光,以生成相应的第一调制光、第二调制光和第三调制光。第一输入光、第二输入光和第三输入光表示彩色图像的三个不同的相应颜色通道的光,例如,如上面参考图15所讨论的。第一调制光、第二调制光和第三调制光的每一个包括多个衍射级。在步骤2102的一个示例中,图15的DMD 200(1)、200(2)和200(3)将相应的第一输入光、第二输入光和第三输入光206(1)、206(2)和206(3)在空间上调制成相应的第一调制光、第二调制光和第三调制光402(1)、402(2)和402(3)。方法2100还包括步骤2104:将第一调制光、第二调制光和第三调制光(在步骤2102中生成)过滤成相应的第一过滤光、第二过滤光和第三过滤光。在一个实施例中,步骤2104对第一调制光、第二调制光和第三调制光中的每一个执行方法2002,以产生第一过滤光、第二过滤光和第三过滤光。在步骤2104的这种实施例的一个示例中,数字投影仪1500的滤光器掩模412(1)、412(2)和412(3)将傅里叶变换后的相应的第一调制光、第二调制光和第三调制光402(1)、402(2)和402(3)过滤成相应的第一过滤光、第二过滤光和第三过滤光414(1)、414(2)和414(3)。步骤2104包括可以同时进行的步骤2106和2108。步骤2106透射第一调制光、第二调制光和第三调制光中的每一个的至少一个衍射级。步骤2108阻挡第一调制光、第二调制光和第三调制光的其余部分。在步骤2106和2108的一个示例中,数字投影仪1500的滤光器掩模412(1)、412(2)和412(3)透射傅里叶变换后的第一调制光、第二调制光和第三调制光402(1)、402(2)和402(3)中的每一个的至少一个衍射级,并阻挡第一调制光、第二调制光和第三调制光402(1)、402(2)和402(3)的其余部分。方法2100还包括步骤2110:组合在步骤2104中生成的第一过滤光、第二过滤光和第三过滤光,以形成输出光。在步骤2110的一个示例中,束组合器1504将第一过滤光、第二过滤光和第三过滤光414(1)、414(2)和414(3)组合成输出光1510。在实施例中,方法2100还包括将输出光投影到屏幕上的步骤2112。在步骤2112的一个示例中,投影仪透镜112将输出光1510投影到屏幕上,诸如屏幕116。

[0107] 在不脱离本发明的范围的情况下,方法2100可以扩展为仅处理两个颜色通道,或者处理多于三个颜色通道,例如四个颜色通道。

[0108] 图22示出了用于生成和投影对比度增大的彩色图像的时分多路复用方法2200。方法2200可以由数字投影仪1600执行。方法2200包括步骤2202:根据要投影的彩色图像通过空间光调制器调制时分多路复用光,以生成具有第一调制光、第二调制光和第三调制光的重复序列的时分多路复用调制光。第一调制光、第二调制光和第三调制光表示彩色图像的三个不同的相应颜色通道的光,例如,如上面参考图16所讨论的。在步骤2202的一个示例中,数字投影仪1600的DMD 200将时分多路复用光1601调制为时分多路复用调制光1602。方

法2200还包括步骤2204:用透镜对(在步骤2202中生成的)时分多路复用调制光进行空间傅里叶变换。在步骤2204的一个示例中,透镜1604对时分多路复用调制光1602进行空间傅里叶变换。方法2200还包括步骤2206:通过与时分多路复用调制光同步地旋转滤光轮来对经步骤2204的空间傅里叶变换的时分多路复用调制光进行过滤。滤光轮包括多个滤光器掩模,每个滤光器掩模被配置为对在步骤2204中通过透镜进行空间傅里叶变换的第一调制光、第二调制光和第三调制光中的对应调制光进行过滤。当时分多路复用调制光是第一调制光、第二调制光和第三调制光中的对应一个调制光时,步骤2206旋转滤光轮以将每个滤光器掩模定位在经空间傅里叶变换的光中。在步骤2206的一个示例中,马达1614与时分多路复用调制光1602同步地旋转滤光轮1612,如上面参考图16所讨论的。在步骤2206的另一个示例中,马达1614以逐步的方式旋转滤光轮1612,使得每个滤光器掩模是固定的,同时过滤对应的调制光。在一个实施例中,方法2200还包括步骤2208:将过滤后的时分多路复用调制光投影到屏幕上。作为步骤2208的示例,投影仪透镜112将由滤光器掩模1612过滤并且可选地由准直透镜1618准直的时分多路复用光投影到投影仪屏幕上。

[0109] 在不脱离本发明的范围的情况下,方法2200可以扩展为仅处理两个颜色通道,或者处理多于三个颜色通道,例如四个颜色通道。

[0110] 数值分析

[0111] 以下讨论内容与数值分析有关,以研究配置有DMD 200的数字投影仪的对比度比率如何取决于各种参数,包括波长、微镜202的ON和OFF倾斜角度、ON和OFF倾斜角度的公差、滤光器掩模412的透射区域416的几何结构、输入光206的角度分集和光谱分集以及生成输入光206的照明源的有效大小。可以根据在这些数值分析中研究的参数来配置数字投影仪100、500、1500和1600。

[0112] 图23是模拟实验2300的侧视图,在该部分中呈现了模拟实验的数值结果。在模拟实验2300中,DMD 200将输入光206调制成包含多个衍射级的调制光402。计算调制光402的夫琅和费衍射图形,并根据空间滤光器2302的几何结构和配置,通过将夫琅和费衍射图形的每个衍射级标记为被空间滤光器2302透射或阻挡,来对空间滤光器2302进行建模。空间滤光器2302是滤光器掩模412的一个示例。一旦当DMD 200的微镜202被配置为处于ON位置时,以及同样当DMD 200的微镜202被配置为处于OFF位置时,通过以求被标记为由空间滤光器2302透射的衍射级的数值积分来获得模拟实验2300的对比度比率。这两个数值积分分别对应于ON和OFF发光强度,其比率定义了对比度比率。

[0113] 可以使用标量衍射理论的瑞利-索末菲形式体系(Rayleigh-Sommerfeld formalism)计算模拟实验2300的夫琅和费衍射图形。这种形式体系的特征是瑞利-索末菲积分,其将衍射电场的复振幅表示为球面波上的积分(例如,总和)。

[0114] 应当理解,本文中呈现的数值分析不限于DMD 200,而是可以轻松地扩展到SLM 102的其他实施例,诸如反射式LCOS相位调制器或透射式LC相位调制器。

[0115] 图24至图26是针对模拟实验2300获得的对比度比率和光效率与半角的数值曲线图。为了产生图24至图26的结果,空间滤光器2302被建模为以光轴422为中心并具有孔直径2304的圆形孔径。空间滤光器2302以调制光402(例如,第一ON和OFF衍射束504(1)和604(1))的零级衍射级为中心。空间滤光器2302的圆形孔径形成圆锥体的底部,圆锥体的顶点位于DMD 200的正面的中心,圆锥体的轴线与光轴422重合。半角2308在本文中被定义为圆

锥体的顶角的一半。

[0116] 在图24至图26中,在模拟实验2300中分别使用532nm、465nm和617nm的光波长。对于DMD 200的显微镜202,使用分别为+12度和-12度标称ON位置和OFF位置倾斜角度。DMD 200使用的尺寸和面积填充系数分别为81%和90%。

[0117] 当图24中半角2308减小时,因为空间滤光器2302越来越多地阻挡调制光402的衍射级,绿色对比度比率2402随着一系列“步长”而增大。当空间滤光器2302仅透射调制光402的零级衍射级时,获得757,000:1的最高绿色对比度比率。当增大半角2308时,因为空间滤光器2302越来越多地透射衍射级,绿色光效率2404随着一系列“步长”而增大。由于绿色调制光的大部分光功率处于低衍射级(例如,零级、一级和二级衍射级),所以绿色效率2404中最大的步长出现在半角2308的较小值处。在最高的绿色对比度比率处,绿色光效率2404约为80%,即80%的调制光402被空间滤光器2302透射。

[0118] 在图25中,蓝色对比度比率2502和蓝色光效率2504表现得分别与绿色对比度比率2402和绿色光效率2404相似。当空间滤光器2302仅透射调制光402的零级衍射级时,获得850,000:1的最高蓝色对比度比率。在最高蓝色对比度比率处,蓝色光效率2504从80%迅速下降至50%以下。

[0119] 在图26中,红色对比度比率2602和红色光效率2604表现得分别与绿色和蓝色对比度比率2402、2502以及绿色和蓝色光效率2404、2504相似。然而,最高红色对比度比率仅为450,000:1。最高红色对比度比率低于对应的最高绿色和蓝色对比度比率的原因之一是在617nm的红色波长处,DMD 200在距闪耀条件较远处被照射。在最高红色对比度比率下,红色光效率2604约为80%。

[0120] 图27是当光的波长是532nm并且DMD 200的所有显微镜202都处于ON位置时模拟实验2300的夫琅和费衍射图形。在图27中,四个最亮衍射级中的每一个被框2702之一围住。框2702(1)包含最大的光功率,并且对应于调制光402的零级衍射级。对于每个框2702,使用框2702作为空间滤光器2302的矩形孔径(例如,透射区域416)来计算DOCR。数值计算出的DOCR打印在每个框中。例如,在框2702(1)中,调制光402的零级衍射级具有758,075:1的DOCR。在一个实施例中,滤光器掩模412被配置为透射调制光402的零级衍射级,并阻挡所有其他衍射级;滤光器掩模900是此实施例可以使用的滤光器掩模412的一个示例。在另一个实施例中,数字投影仪1500的滤光器掩模412(1)、412(2)和412(3)可以各自被配置为透射调制光402(1)、402(2)和402(3)的零级衍射级,并阻挡所有其他衍射级。

[0121] 图28是当光的波长是617nm并且DMD 200的所有显微镜202都处于ON位置时模拟实验2300的夫琅和费衍射图形。在图28中,四个衍射级包含调制光402的大部分光功率。与图27相比,在该图中,使用532nm的波长,因为617nm的波长距DMD 200的闪耀条件更远,所以光功率在四个衍射级之间分布更均匀。通过形成仅在框2802(1)中透射衍射级的空间滤光器2302,可以获得高达852,000:1的对比度比率。然而,通过在框2802(2)、2802(3)和2802(4)中阻挡衍射级,光效率将大大降低。

[0122] 作为对比度比率与光效率之间的折衷,空间滤光器2302可以被配置为透射具有最高DOCR的三个衍射级,对应于框2802(1)、2802(2)和2802(4)。在空间滤光器2302的此示例中,与框2802(1)、2802(2)和2802(4)相对应的孔径不关于光轴422对称地定位。在一个实施例中,根据图28,滤光器400被配置为透射调制光402的三个衍射级;滤光器掩模1300是此实

施例可以使用的滤光器掩模412的一个示例。在其他实施例中,滤光器412被配置为透射调制光402的非零整数数量的衍射级,最高达由透镜404的通光孔径确定的最大数量。

[0123] 图29是针对当微镜202的ON和OFF倾斜角度分别为+12.1度和-12.1度时在617nm的波长下操作的模拟实验2300获得的对比度比率2902与光效率2904的数值曲线图。对比度比率可能对微镜倾斜角度的微小变化敏感。与图26相比,将倾斜角度改变0.1度会将最大红色对比度比率提高2倍以上,几乎达到1,000,000:1,而红色光效率2904保持在大约80%。为了进行比较,通常将商用DMD指定为具有 $\pm 0.5$ 度的倾斜角度公差。

[0124] 图30和图31是针对模拟实验2300获得的对比度比率与微镜倾斜角度的数值曲线图。在图30中,OFF位置倾斜角度固定在-12度,而ON位置倾斜角度在11.5度与12.5度之间变化。在图31中,ON位置倾斜角度固定在+12度,而OFF位置倾斜角度在-12.5度与-11.5度之间变化。在图30中,对比度比率3002、3004和3006分别对应于617nm、465nm和532nm的波长。在图31中,对比度比率3102、3104和3106分别对应于617nm、465nm和532nm的波长。在以下描述中最好一起观看图30和图31。

[0125] 通常,对比度比率的值对OFF发光强度的变化比对ON发光强度更敏感。因此,对比度比率可能相较于ON倾斜角度更加明显取决于OFF倾斜角度。如图30中所示,在ON倾斜角度在 $\pm 0.5$ 度的倾斜角度公差内的情况下,对比度比率3002、3004和3006显示出极小的变化。另一方面,在OFF倾斜角度在类似的角度公差范围内情况下,图31的对比度比率3102、3104和3106变化明显更大。

[0126] 图32是针对在532nm波长下的模拟实验2300获得的对比度比率3202和光效率3204随输入光206的角度分集而变的数值曲线图。图33和图34是模拟实验2300的夫琅和费衍射图形,示出了由于输入光206的角度分集而引起的衍射峰变宽。在图33中,输入光206是没有角度分集的平面波。在图34中,输入光206具有8度的角度分集的半角。为了获得图32中的数据,空间滤光器2302被配置成具有矩形孔径,由图33和图34中的框3302表示。在以下描述中最好一起观看图32至图34。

[0127] 在电影院和其他关键的观看环境中,图像的数字激光投影从角度分集和降低的激光照明相干性中受益,因为这会降低灰尘和其他有害衍射伪像的可见性。激光照明具有增加的带宽以减少屏幕上斑点的可见性也是有益的。

[0128] 激光照明的角度分集和带宽增加可能会降低本文中呈现的滤光系统和方法的对比度比率。具体而言,在傅里叶平面处,增加的角度分集和带宽可能会使衍射峰变宽,从而引起其尾巴与相邻峰的其他尾巴模糊。峰的这种变宽可以防止各个衍射级透射通过空间滤光器2302,而也不会透射一部分打算要被阻挡的相邻衍射级。如图32所示,随着输入光206的半角增加到8度,对比度比率降低一半,从721,000:1降低到346,000:1。

[0129] 因此,当考虑角度分集和光谱带宽时,在(1)灰尘的可见性和减少的斑点与(2)对比度比率之间需要折中。

[0130] 应当理解,对比度降低可能是由于除DMD 200对输入光206的衍射以外的其他因素引起的,诸如输入光206从微镜202的表面散射,放映室中不利的杂散光和反射、光学像差和/或偏振效应。然而,在大多数数字投影仪中,预期DMD 200的衍射是对比度下降的主要源头,或者至少一个主要源头。本发明公开的系统和方法可以轻松地扩展到除了衍射之外还通过其他因素(诸如以上列出的因素)使对比度降低的场景。本发明公开的系统和方法甚至

在存在其他这样的因素的情况下也能够增强对比度。

#### [0131] 滤光器实验结果

[0132] 上面呈现的数值分析已经使用类似于图4所示的实验设置进行了验证。为了展示最高对比度,实验设置被配置为在532nm处过滤零级衍射级。滤光器掩模412被配置成具有以光轴422为中心的圆形孔径。选择圆形孔径的直径和透镜(例如,透镜404)以在傅里叶平面处形成2度半角。通过 $M^2 < 1.1$ 的532nm偏振激光器向DMD 200提供输入光。使用由两个双合透镜形成的伽利略扩束器将输入光扩展为填充DMD 200的正面,这样产生衍射受限的性能。为简单起见,没有使用TIR棱镜将光耦合到DMD 200。DMD 200在最亮(例如,白色水平)和最暗(例如,黑色水平)输出下运行,并使用分光计测量对比度。

[0133] 测量了两个相同的4K DMD的对比度比率。在532nm和2度半角处,由模拟实验2300预测的对比度比率为大约757,000:1(参见图24中的最高绿色对比度比率)。测得对比度比率为254,234:1和277,966:1。这些值大约是预测值的三分之一;所述差异归因于源自DMD的过量填充的杂散光,源自DMD的微镜之间的间隙的杂散光、以及从微镜的表面和边缘的散射。

[0134] 还已经观察到,如鉴于对比度比率对OFF倾斜角度的依赖性所预期的,输入光206朝向DMD 200的传播方向影响对比度比率。另外,已经观察到输入光106的偏振影响DMD 200的黑色电平,由此影响对比度比率。对于上述实验结果,使用波片旋转输入光的偏振以最大化对比度。

[0135] 鉴于对比度比率对微镜倾斜角度和输入光206的传播方向的敏感性,合并(bin)可以用于对具有相似倾斜角度的DMD进行分组。在三色数字投影仪1500的一个实施例中,具有相似倾斜角度的三个合并的DMD被用于DMD 200(1)、200(2)和200(3)。在另一个实施例中,具有不同的倾斜角度的三个合并的DMD(例如,来自三个不同的仓)用于DMD 200(1)、200(2)和200(3),每个DMD具有被选择为最大化DMD使用的输入光206的特定波长的对比度比率的倾斜角度。

#### [0136] 滤光器的优点

[0137] 本文中呈现的滤光器系统和方法的一个优点是可以在不使用附加DMD的情况下增大对比度比率。例如,作为本发明公开的系统和方法的替代方案,可以通过使用多级调制来增大对比度比率,即,两个或更多个DMD串联连接,使得来自第一DMD的OFF衍射束被第二DMD阻挡。作为增大对比度比率的方法,由于第二DMD和对应的电子装置,多级调制不利地增加了数字投影仪的成本和复杂性。此外,一种类型的数字投影仪使用三个DMD,红光、绿光和蓝光各一个DMD;在这种类型的数字投影仪中,每种颜色使用两个DMD会使DMD的总数从三个增加到六个,从而进一步增加成本和复杂性。

[0138] 本文中呈现的滤光系统和方法的另一个优点是,经滤光的投影光可以减少由于未过滤的投影光与投影光被投影到的屏幕的周期性穿孔之间的干涉引起的莫尔图形(Moiré pattern)的出现。具体地,滤光可以被配置为减少投影光的高频分量,由此“平滑化”出现在屏幕上的像素之间的硬边缘。平滑化减少了投影光的周期性强度和屏幕的周期性穿孔之间的差拍(beat)。

[0139] 本文呈现的滤光系统和方法的又一个优点是滤光可以增大具有来自美国德州仪器公司的倾斜与滚动像素(TRP)DLP芯片的数字投影仪的对比度比率。TRP DLP芯片的微镜

不围绕定向为45度的轴线(例如,图2的显微镜旋转轴线208)倾斜。结果,与其他类型的DMD芯片相比,调制光从TRP芯片传播开,使得OFF状态光的衍射级(例如,图6的OFF衍射束604)更亮,由此增大了OFF发光强度并降低对比度比率。通过减小OFF发光强度,本文提出的滤光系统和方法有利地使得TRP芯片能够包括在用于要求高对比度比率的应用的投影仪中,这些应该是诸如根据数字电影倡导组织(DCI)规范的投影。

[0140] 示例投影透镜系统

[0141] 在一些实施方式中,在投影透镜架构内提供滤光器。图35是根据本公开的各个方面的示例性投影透镜系统的分解视图。投影透镜系统3500是图1所示的投影透镜112的一个示例。为了允许接近傅里叶光圈,投影透镜系统3500具有模块化设计。投影透镜系统3500包括傅里叶部分3501(例如,傅里叶透镜组件、透镜404)、光圈3502和变焦部分3503(也称为变焦透镜组件),所述傅里叶部分被配置为如先前所述在出射光瞳处形成物体的傅里叶变换。由傅里叶部分3501施加的空间傅里叶变换将调制光的每个衍射级的传播角度转换为傅里叶平面上的对应空间位置。傅里叶部分3501由此能够通过傅里叶平面处进行空间过滤来实现选择期望的衍射级并拒绝不期望的衍射级。调制光在傅里叶平面处的空间傅里叶变换等效于调制光的夫琅和费衍射图形。

[0142] 傅里叶部分3501包括第一附接段3504,所述第一附接段可以包括螺纹、紧固件等。变焦部分3503包括第二附接段3505,所述第二附接段可以包括互补螺纹、紧固件等,以允许与第一附接段3504进行配合。在一个示例中,第一附接段3504包括带外螺纹的部分,并且第二附接段3505包括带内螺纹的部分,或者相反。在另一示例中,第一附接段3504和第二附接段3505被配置为摩擦装配,在这种情况下,可以提供一个或多个紧固元件,诸如螺钉、凸轮、凸缘等。在又另一示例中,第一附接段3504可以包括一个或多个径向销,并且第二附接段3505可以包括对应数量的L形槽,或者相反,从而使用卡口式连接来连接傅里叶部分3501与变焦部分3503。通过这些示例,傅里叶部分3501可以可移除地附接到变焦部分3503以提供如下文将更详细描述模块化组件。

[0143] 虽然图35将傅里叶部分3501和变焦部分3503图示为可完全分离,但是本公开不限于此。在一些实施方式中,例如通过将接近部分设置在傅里叶部分3501和变焦部分3503之一中而使傅里叶部分3501和变焦部分3503仅可部分分离。接近部分可以是使得操作者可以经由所述接近部分接近和/或更换光圈3502的槽、门、窗等。在这样的实施方式中,傅里叶部分3501和变焦部分3503可以(例如,经由第一附接段3504和/或第二附接段3505上的粘合剂)粘合以防止完全分离。替代性地,傅里叶部分3501和变焦部分3503可以设置有包括附接部分的一体式壳体。

[0144] 光圈3502可以是图4中所示的滤光器掩模412的一个示例。光圈3502被配置为阻挡投影透镜系统3500中的一部分光(例如,对应于一个或多个衍射级的调制光)。如图35图示的,光圈3502是具有例如长度为6mm的边的正方形开口。图35还图示了投影透镜系统3500的光轴3510。在组装后,傅里叶部分3501和变焦部分3503彼此基本上同轴,并且与光轴3510基本上同轴。在一些实施方式中(例如,取决于照明角度),光圈3502进一步与光轴3510基本上同轴。

[0145] 投影透镜系统3500可以包括一个或多个非光学元件或者与一个或多个非光学元件相关联,所述一个或多个非光学元件包括诸如散热器(或冷却翅片)等散热设备、一种或

多种粘合剂(或紧固件)等。在一些实施方式中,光圈3502可以阻挡并且因而吸收大约15%的入射光,并且因此散热器或冷却翅片可以被定位和配置,以便从光圈3502适当地耗散热量。在一些实施方式中,光圈3502与投影透镜系统3500的其他部分热隔离。

[0146] 傅里叶部分3501和光圈3502共同作为具有空间滤光器的傅里叶透镜操作,所述傅里叶透镜还可以用作固定投射投影透镜。换句话说,傅里叶部分3501和光圈3502可以共同用作滤光器110或滤光器400。图35中图示的变焦部分3503可以是被配置为附接到傅里叶部分3501的、一系列变焦透镜组件中的一个变焦透镜组件,从而产生一系列投影变焦透镜系统并且适应不同的剧院。换句话说,傅里叶部分3501和光圈3502可以适用于任何剧院设置,同时变焦部分3503提供针对特定剧院定制的特定投影光图案。因此,通过从一系列变焦透镜组件中选择特定的变焦部分3503,并且将所选择的变焦部分3503附接到傅里叶部分3501和光圈3502,可以实现适应特定剧院的投影透镜系统3500。

[0147] 傅里叶部分3501和变焦部分3503两者都可以包括多个单独的透镜元件。傅里叶部分3501和变焦部分3503的透镜元件的示例性配置分别在图36和图37中图示。

[0148] 图36图示了示例性傅里叶部分3600的示例性光学器件,所述示例性傅里叶部分包括棱镜3601(图36中仅示出了所述棱镜的一部分)和包括多个透镜(也被称为透镜元件)的傅里叶透镜系统3602。还图示了傅里叶透镜系统3602的傅里叶平面3603、以及用于说明傅里叶部分3600的光学行为的示例性光线3610。傅里叶透镜系统3602可以包含在图35图示的傅里叶部分3501的壳体内。在一些示例中,棱镜3601也包含在傅里叶部分3501的壳体内;然而,在其他示例中,棱镜3601可以位于投影透镜系统3500的光学上游和调制器(诸如DMD 200)的光学下游。傅里叶平面3603可以大约(例如,在10mm以内)对应于光圈3502的位置。

[0149] 可以选择构成傅里叶透镜系统3602的各个透镜元件,以便在出射光瞳在傅里叶平面3603处的情况下在无穷远处产生低失真图像。减少傅里叶透镜系统3602的像差可以使得更容易设计一个或多个相关联的变焦部分。图36中图示的特定傅里叶透镜系统3602的失真小于0.1%。

[0150] 傅里叶透镜系统3602是远心的;展现低波前误差,从而最小化对傅里叶平面3603成像的任何影响;展现低横向色差;引入低失真;并且包括距最近的光学元件距离为 $d_f$ 的出射光瞳(大致与傅里叶平面3603重合),从而减轻最近的光学元件上的小面积热负荷。如图示的,最近的光学元件是包括在傅里叶透镜系统3602中的最后一个透镜的下游表面。用于充分地减轻热负荷的距离 $d_f$ 的最小大小取决于傅里叶透镜系统3602的参数,包括傅里叶透镜系统3602中的透镜的材料类型和/或将大致位于傅里叶平面3602处的光圈3502的材料类型。 $d_f > 12\text{mm}$ 的大小可以充分地减轻小面积热负荷;然而,在一些实施方式中,距离 $d_f$ 优选地大约等于40mm(例如,在其10%以内)。

[0151] 除了棱镜3601和傅里叶透镜系统3602之外,傅里叶部分3600还可以包括其他光学元件。在一些示例中,傅里叶部分3600可以包括一个或多个电子晶体(例如,透射式液晶部件,所述透射式液晶部件基于施加的电压曲线对穿过其的光赋予偏转)或者其他偏转元件,从而使屏幕116上的投影图像偏移。

[0152] 此外,如果重新对焦,则傅里叶透镜系统3602可以用作投影透镜,从而允许在无需拆卸整个投影透镜系统3500的情况下调整傅里叶光圈和/或投影图像的对比度,以便有助于进行校准或缺陷检测等。

[0153] 除了用作投影透镜系统3500的部分之外,由于傅里叶部分3600与投影透镜系统3500中的其他元件的可分离性,因此所述傅里叶部分可以有另外的应用。这样的另外的应用可以包括有助于校准或安装投影仪100。例如,傅里叶部分3600可以用作独立的光学系统来测试DMD(包括但不限于DMD 200)的会聚和聚焦;可以用于提供对投影仪100的元件的潜在图像质量问题的初步观察;可以用于促进确定傅里叶光圈3502的大小和对所述傅里叶光圈进行定位;或者可以用于测量投影仪100的开/关对比度。替代性地,为了校准、测试、缺陷检测、确定大小和定位、测量等目的,可以将简化的固定透镜附接到傅里叶部分3600。

[0154] 图37图示了处于几种变焦配置的示例性变焦部分3700的示例性光学器件。变焦部分3700包括固定透镜组3701、第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第四可移动透镜组3704。还图示了傅里叶平面3705、以及用于说明变焦部分3700的光学行为的示例性光线3710。图37图示的透镜组可以包含在图35图示的变焦部分3503的壳体内。当将变焦部分3700与傅里叶部分3600组装在一起时,傅里叶平面3603和傅里叶平面3705可以彼此对应,并且可以进一步大致定位在光圈3502的位置处。

[0155] 除了固定透镜组3701、第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第三可移动透镜组3704之外,变焦部分3700还可以包括其他光学元件。在一些示例中,变焦部分3700可以包括电子晶体或其他偏转元件,从而使屏幕116上的投影图像偏移。

[0156] 变焦部分3700以类似于望远镜的方式起作用。即,假设变焦部分3700的物体接近无穷远,并且变焦部分3700的像侧被配置为在常见屏幕距离(例如,10-30m)处产生实像。图37中图示的变焦部分3700针对一系列变焦配置进行配置,取决于第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第三可移动透镜组3704的特定位置。通过适当地移动第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第三可移动透镜组3704,可以改变变焦部分3700的投射比率(即,变焦部分3700与屏幕116之间的距离除以屏幕116的宽度)。在图37图示的特定示例中,变焦部分3700被配置为利用示例性DMD提供从2:1投射比率(顶部配置)到3:1投射比率(底部配置)的一系列变焦配置。然而,在实际实施方式中,变焦配置的范围不限于此。在一些示例中,投射比率可以在1.2:1与4:1之间(包括端点)。

[0157] 在一些实施方式中,变焦部分3700不是针对一系列变焦配置进行配置,而是设置有固定的投射比率。在这样的实施方式中,图37的第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第三可移动透镜组3704可以替换为对应的固定透镜组。例如,为了提供具有2:1的固定投射比率的变焦部分3700,图37中的顶部配置的第一可移动透镜组3702、第二可移动透镜组3703和第三可移动透镜组3704可以分别替换为第二固定透镜组、第三固定透镜组和第四固定透镜组。固定投射比率可以在1.2:1与4:1之间(包括端点)。变焦部分3700仍然可以被称为“变焦”部分,而不管变焦部分是包括可移动透镜组从而提供一系列投射比率,还是仅包括固定透镜组从而提供固定的投射比率。

[0158] 因为傅里叶透镜系统3602在无穷远处产生DMD(例如,DMD 200)的图像(如果这样放置的话),所以变焦部分3700作为变焦望远镜操作。此外,变焦部分3700中的透镜和透镜组的特定设计可以与傅里叶透镜系统3602的特定设计无关。变焦透镜组件的复杂性与所实现的像差校正程度有关。在本公开的一些方面,完整的投影透镜系统3500的性能满足数字影院倡导组织(DCI)图像规范;例如,DCI数字影院系统规范(DCSS)版本1.3或更新版本。

[0159] 可以组合傅里叶部分3600和变焦部分3700以实现完整的透镜系统。图38图示了根

据这样的组合的示例性组装透镜配置。在图38中,具有与先前描述相同的附图标记的元件使用相同的附图标记来指示,并且在此不再重复对这些元件进行详细描述。图38图示了变焦部分3700处于2:1投射比率配置(顶部,对应于图38的顶部)以及变焦部分3700处于3:1投射比率配置(底部,对应于图38的底部)的组装透镜配置。

[0160] 组装傅里叶部分3600和变焦部分3700,使得傅里叶部分3600的傅里叶平面3603和变焦部分3700的傅里叶平面3705共面。因为这两个部分在准直或基本上准直的光学空间中连结,所以对这两个部分进行配合的公差要求得以放宽。例如,即使在傅里叶部分3600和变焦部分3700的光轴未对准(例如,这两个部分之一在垂直于光轴的方向上偏移)从而使得光圈光斑从光轴移位的情况下,也可能并没有明显的图像质量损失,虽然屏幕116上的投影图像可能会发生偏移。在一些示例中,如果傅里叶部分3600的光轴与变焦部分3700的光轴平行并且在彼此1mm以内,则傅里叶部分3600和变焦部分3700被认为是基本上同轴的。

#### [0161] 棱镜投影系统

[0162] 图1的滤光器110可以在各种光投影仪系统内实施。图39图示了图像投影仪显示系统3900的一个可能的实施例。投影仪显示系统3900可以是双调制器/多调制器投影仪系统3900。投影仪显示系统3900采用光源3902,所述光源向投影仪显示系统3900供应期望的照明,使得最终的投影图像对于投影图像的预期观看者而言足够亮。光源3902可以包括任何可能的合适光源,诸如氙灯、激光器、发光设备(LED)、相干光源、部分相干光源等。

[0163] 在一些实施例中,光源3902投影照射第一调制器3906的光3904。第一调制器3906继而可以经由一组光学部件3908照射第二调制器3910。来自第二调制器3910的光可以由投影透镜3912(或其他合适的光学部件)投影,以在屏幕3914上形成最终的投影图像。投影透镜3912例如可以是投影透镜系统3500。第一调制器3906和第二调制器3910可以由控制器3916控制,所述控制器可以接收输入图像和/或视频数据。控制器3916可以对输入图像/视频数据执行某些图像处理算法、色域映射算法或其他合适的处理,并将控制/数据信号输出到第一调制器3906和第二调制器3910,以便实现期望的最终投影图像。另外,在一些投影仪系统中,光源3902可以被调制,以便实现对最终投影图像的图像质量的附加控制。

[0164] 光回收模块3903在图39中被描绘为虚线框,其可以被放置在从光源3902到第一调制器3906的光路中。应当理解,光回收可以在投影仪显示系统3900中的各个点处插入到投影仪显示系统3900中。例如,可以将光回收放置在第一调制器3906与第二调制器3910之间。另外,可以将光回收放置在显示系统的光路中的多于一个点处。虽然由于部件数量的增加,这样的实施例可能更昂贵,但这种增加可以与由于多个点的光回收而节省的能量成本相平衡。

[0165] 虽然图39的实施例是在双调制、多调制投影系统的背景下呈现的,但是应当理解,本申请的技术和方法将应用于单调制或其他双调制、多调制显示系统。例如,包括背光、第一调制器(例如,LCD等)和第二调制器(例如,LCD等)的双调制显示系统可以采用合适的模糊光学部件以及图像处理方法和/或技术来影响本文在投影系统的上下文中讨论的性能和效率。

[0166] 还可以理解,即使图39描绘了两级或双调制器显示系统,本申请的方法和技术也可以应用于仅具有一个调制器的显示系统或具有三个或更多个调制器(多调制器)显示系统的显示系统。

[0167] 在至少一些实施例中,本公开提供了一种以减小的大小和成本来简化多芯片(例如,3芯片)投影系统的方法。在一些实施例中,多芯片投影系统可以对每个颜色通道使用单独的照明组件,从而允许独立控制照明角度。所公开的技术可以与例如美国专利申请17/043,734、美国专利申请17/439,786、美国专利申请17/280,009、PCT专利申请PCT/US2021/028827、PCT专利申请PCT/US2020/063169中所公开的投影系统一起使用,所述专利申请的全部公开内容出于所有目的特此通过引用整体并入本文。

[0168] 图40图示了包括九件式棱镜系统和多个照明组件的示例投影系统4000。投影系统4000包括若干个独立的彩色照明组件4004,所述彩色照明组件分别接收每个彩色棱镜的光纤输入4002。例如,投影系统包括与提供给第一照明组件4004A的红光相关联的第一光纤输入4002A。第二光纤输入4002B与提供给第二照明组件4004B的蓝光相关联。第三光纤输入4002C与提供给第三照明组件4004C的绿光相关联。将从每个照明组件4004输出的色束馈送到调制器4006中。调制器4006包括九件式棱镜4008和至少一个反射器设备4010。反射器设备4010的功能可以类似于如先前所描述的SLM 102。九件式棱镜4008将从每个照明组件4004接收的每个色束中继到投影光学器件4014(例如,投影透镜)中。在一些实施例中,每个色束在组合之前由相应的反射器设备4010单独调制。然后,将经调制的色束组合成提供给投影光学器件4014的输出。控制器4012可以耦合到反射器设备4010以控制每个色束的调制。九件式棱镜4008可以是例如在美国专利申请15/540,946中公开的High-9棱镜,所述专利申请的全部公开内容出于所有目的特此通过引用整体并入本文。

[0169] 在一些实施例中,每个照明组件4004包括从相应的光纤输入4002接收光的积分棒(例如,积分管、积分盒)。积分棒可以在其内部包括基本上反射的表面,使得入射在其表面上的光被反射直到光离开。一旦光离开积分棒,照明组件4004就可以包括一组光学元件,诸如透镜、滤光器和/或偏振器,所述光学元件在将光传递到调制器4006之前光学地作用于所述光。

[0170] 另外,在一些实施例中,白光3芯片TIR棱镜(例如,5个零件或6个零件)可以与单个照明组件一起使用。这是通过调制器条件和性能要求实现的,所述条件和性能要求使得能够使用跨颜色通道通用的单个照明角度。

[0171] 图41图示了包括单个照明组件4104的示例投影系统4100。照明组件4104从白光光纤4102接收白光,并将白光馈送到调制器4106中。调制器4106包括白光棱镜4108和至少一个反射器设备4110。虽然传统的白光棱镜包括三个零件,但白光棱镜4108包括附加的棱镜零件。例如,可以在白光棱镜4108中提供诸如黄色陷波过滤器的光谱过滤器。附加零件可以用作TIR棱镜。在一些实施例中,调制器4106可以包括用于调制接收到的白光的三个反射器设备(例如,3芯片)。白光棱镜4108将白光拆分成若干个色束(例如,三个颜色通道),每个反射器设备4110一个色束。控制器可以耦合到每个反射器设备4110以控制每个色束的调制。然后,反射器设备4110在组合经调制的色束之前调制它们相应的色束。在其他实施例中,反射器设备4110可以直接调制白光。在这两个实施例中,调制器4106然后将输出束中继到投影系统4100的投影光学器件4114中。在一些实施例中,投影光学器件4114包括在如先前所描述的投影透镜中。在其他实施例中,投影光学器件4114的一部分或一段被包括在投影透镜中。

[0172] 在一些实施例中,照明组件4104包括从白光光纤4102接收光的积分棒(例如,积分

管、积分盒)。积分棒可以在其内部包括基本上反射的表面,使得入射在其表面上的光被反射直到光离开。一旦光离开积分棒,照明组件4104就可以包括一组光学元件,诸如透镜、滤光器和/或偏振器,所述光学元件在将光传递到调制器4106之前光学地作用于所述光。

#### [0173] 棱镜

[0174] 如先前所述,图40的投影系统4000将来自每个照明组件4004的色束输出提供给调制器4006。图42图示了用于单颜色通道输入的调制器4006。调制器4006从用于单颜色通道的照明组件4004接收输入光4200(例如,入射光、单通道色光)。输入光4200可以例如由九件式棱镜4006接收。反射器设备4010对输入光4200进行调制。反射器设备4010可以包括反射器(例如,反射镜)的数字微镜设备(DMD)阵列、微机电系统(MEMS)阵列、硅基液晶(LCOS)调制器或可以在至少两个或更多个路径中反射光的任何其他合适的反射器组。

[0175] 反射器设备4010可以在ON状态、OFF状态或FLAT状态下反射输入光4200。当反射器设备4010被设置为ON状态时,反射的ON光束4220可以透射通过投影光学器件4014以提供用于进一步调制和/或投影的光。在一些实施例中,当处于ON状态时,反射器设备4010的反射镜被设置在大约11度至13度之间。当反射器设备4010被设置为OFF状态时,反射的OFF光束4215可以被引导到光捕集器(未示出)以被吸收和/或处理,从而不影响显示器的动态范围。当反射器设备4010被设置为FLAT状态时,反射的FLAT光束4210被引导背离可以包括进一步调制和/或投影的操作性下游光路。通常,当处于FLAT状态时,反射器设备4010和/或投影系统4000整体可能不在使用中。

[0176] 如先前所述,图41的投影系统4100将来自单个照明组件4104的白光提供给调制器4106。图43图示了根据一个实施例的调制器4106。调制器4106从照明组件4104接收输入光4300(例如,入射光、白光)。输入光4300可以例如由白光棱镜4108接收。在图41的示例中,调制器4106包括第一棱镜段4330和第二棱镜段4335。第一棱镜段4330可以是在第二棱镜段4335的界面处的全内反射(TIR)棱镜。第一棱镜段4330和第二棱镜段4335共同形成白光棱镜4108(在图41中示出)。反射器设备4110对输入光4300进行调制。反射器设备4110可以包括反射器(例如,反射镜)的数字微镜设备(DMD)阵列、或微机电系统(MEMS)阵列、或可以在至少两个或更多个路径中反射光的任何其他合适的反射器组。

[0177] 反射器设备4110可以在ON状态、OFF状态或FLAT状态下反射输入束4300。当反射器设备4110被设置为ON状态时,反射的ON光束4320可以透射通过投影光学器件4114以提供用于进一步调制和/或投影的光。在一些实施例中,当处于ON状态时,反射器设备4110的反射镜被设置在大约11度至13度之间。当反射器设备4110被设置为OFF状态时,反射的OFF光束4315可以被引导到光捕集器(未示出)以被吸收和/或处理,从而不影响显示器的动态范围。当反射器设备4110被设置为FLAT状态时,反射的FLAT光束4310被引导背离可以包括进一步调制和/或投影的操作性下游光路。通常,当处于FLAT状态时,反射器设备4110和/或投影系统4100整体可能不在使用中。

[0178] 在一些实施例中,第一棱镜段4330和第二棱镜段4335将输入光4300分离成若干个颜色通道(例如,红色通道、绿色通道、蓝色通道)。颜色通道各自被提供给白光棱镜4108中的颜色通道路径。在这样的实施例中,调制器4106包括用于每个颜色通道的反射器设备4110,使得每个颜色通道被单独调制。然后,第一棱镜段4330和第二棱镜段4335可以将每个颜色通道重新组合成反射的ON光束4320。在其他实施例中,每个颜色通道在调制器4106的

下游光学地重新组合。例如,在调制器4106的光学下游的束组合器(未示出)可以重新组合每个颜色通道。每个颜色通道可以具有相等的照明角度,诸如大约介于24度与28度之间。另外,每个反射器设备4110可以包括用于其相应的颜色通道的其自己的色光捕集器。

[0179] 图44图示了根据另一个实施例的调制器4106。具体地,图44的调制器4106不具有接收输入束4300的第一棱镜段4330(例如,TIR棱镜),而是包括将输入光4300向第二棱镜段4335反射的折叠镜4430。

[0180] 表1提供了用于绿色通道照明路径的图42、图43和图44的调制器的透射效率。在表1中,具有TIR棱镜的白光棱镜4108(如图43所示)和不具有TIR棱镜的白光棱镜4108(如图44所示)的照明路径透射是相等的,因为折叠镜4430具有与第一棱镜段4330(例如,TIR棱镜)大致相同的效率。

[0181]

	9件式棱镜	具有TIR的白光棱镜	不具有TIR的白光棱镜
照明路径	99.1%	94.8%	94.8%
投影路径	93.1%	93.4%	95.7%
总透射	92.3%	88.5%	90.7%
相对效率	1	0.959	0.983

[0182] 表1:透射效率

[0183] 在一些实施例中,可以与九件式棱镜4008或白光棱镜4108结合使用摆频振荡器。例如,图45图示了光学地安置在调制器4006与投影光学器件4014之间的示例摆频振荡器4500。摆频振荡器4500放大调制器4006的输出(例如,从2K分辨率放大到4K分辨率)。图46A图示了光学地安置在调制器4106的第一棱镜段4330(参见图43)与投影光学器件4114之间的示例摆频振荡器4600。图46B图示了光学地安置在第二棱镜段4335(参见图43)与投影光学器件4114之间的示例摆频振荡器4650。在一些实施例中,摆频振荡器4650与折叠镜4430耦合或以其他方式与所述折叠镜接触。

[0184] 在一些实施例中,滤光器(诸如滤光器110或傅里叶部分3501)被包括在投影光学器件4114(例如,投影透镜)中。在其他实施例中,滤光器光学地安置在调制器4106与投影光学器件4114之间。

[0185] 在一些情况下,滤光器可以是反射过滤器。例如,可以将未穿过滤光器的光引导到光捕集器(未示出)。在其他示例中,滤光器使光折射或散射,使得所述光被引导背离下游光学器件,从而防止某些衍射级被投影在屏幕3914上。在一些实施例中,滤光器可以是过滤没有傅里叶平面的光的过滤器(诸如具有一定F数的透镜),而不是傅里叶过滤器。

[0186] 图47示出了用于利用投影系统4100来投影图像的方法4700。在框4705处,方法4700包括用调制器4106接收白光输入。例如,白光棱镜4108从照明组件4104接收白光。在框4710处,方法4700包括将白光输入分离成第一颜色通道、第二颜色通道和第三颜色通道。例如,白光棱镜4108将输入光4300分离成第一颜色通道(例如,红色)、第二颜色通道(例如,绿色)和第三颜色通道(例如,蓝色)。

[0187] 在框4715处,方法4700包括调制第一颜色通道、第二颜色通道和第三颜色通道,以生成相应的第一调制光、第二调制光和第三调制光。例如,第一颜色通道、第二颜色通道和第三颜色通道各自由相应的反射设备4110调制。在框4720处,方法4700包括将第一颜色通道、第二颜色通道和第三颜色通道组合成白光输出。例如,在调制之后,白光棱镜4108将第

一调制颜色通道、第二调制颜色通道和第三调制颜色通道组合成单个白光输出。

[0188] 在框4725处,方法4700包括对白光输出进行过滤以生成经过滤的白光输出。例如,如先前所描述的,包括在投影透镜中的滤光器110对白光输出进行空间傅里叶变换。在框4730处,方法4700包括将经过滤的白光输出投影到屏幕(诸如屏幕3914)上。

[0189] 投影系统4000、4100内的照明角度可以基于由滤光器(例如,滤光器110)过滤的衍射级来控制。例如,在投影系统4100中,白光光纤4102的输出可以具有基于滤光器的衍射配置选择的照明角度。另外,可以选择反射设备4110的倾斜角度,以确保所述角度的光和/或所选择的衍射级被滤光器过滤。

[0190] 根据本公开的系统、方法和设备可以采用以下配置中的任何一种或多种。

[0191] (1) 一种使用白光照明的投影系统,所述投影系统包括:照明组件,所述照明组件被配置为接收白光输入;棱镜,所述棱镜被配置为将所述白光输入分离成单独的色光输入,将所述色光输入重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的色光输入组合成白光输出;滤光器,所述滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换以生成经过滤的白光输出;以及投影透镜组件,所述投影透镜组件被配置为投影所述经过滤的白光输出。

[0192] (2) 根据(1)所述的投影系统,其中,所述色光输入包括红光、绿光和蓝光,并且其中,所述相应的调制器包括被配置为调制所述红光的第一调制器、被配置为调制所述绿光的第二调制器和被配置为调制所述蓝光的第三调制器。

[0193] (3) 根据(1)至(2)中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器包括透镜,所述透镜被配置为将所述白光输出聚焦到傅里叶平面上,其中,所述傅里叶平面与所述透镜的焦平面重合。

[0194] (4) 根据(1)至(3)中任一项所述的投影系统,还包括:光学地安置在所述多个调制器中的至少一个调制器与所述投影透镜组件之间的摆频振荡器。

[0195] (5) 根据(1)至(4)中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器被配置为阻挡所述白光输出的一个或多个衍射级。

[0196] (6) 根据(1)至(5)中任一项所述的投影系统,其中,所述滤光器集成在所述投影透镜组件内。

[0197] (7) 根据(1)至(6)中任一项所述的投影系统,其中,所述棱镜包括全内反射(TIR)棱镜段,所述TIR棱镜段被配置为将所述白光分离成所述色光输入。

[0198] (8) 根据(1)至(7)中任一项所述的投影系统,还包括:折叠镜,所述折叠镜被配置为将所述白光输入引导到所述棱镜。

[0199] (9) 根据(1)至(8)中任一项所述的投影系统,其中,所述色光输入中的每一个具有相同的照明角度。

[0200] (10) 根据(1)至(9)中任一项所述的投影系统,其中,宽带抗反射涂层被施加到所述棱镜。

[0201] (11) 根据(1)至(10)中任一项所述的投影系统,其中,当所述相应的调制器中的第一调制器处于OFF状态时,由所述第一调制器调制的相应色光输入被引导朝向光捕集器。

[0202] (12) 根据(1)至(11)中任一项所述的投影系统,其中,所述相应的调制器中的每一个是选自由以下各项组成的组的调制器:数字微镜设备、微机电系统阵列和硅基液晶阵列。

[0203] (13) 一种用于在投影仪系统中调制白光的方法,所述方法包括:用棱镜组件接收白光输入;用所述棱镜组件将所述白光分离成多个单独的色光输入,每个色光输入以照明角度被提供给单独的棱镜路径;在每个单独的棱镜路径中用色光调制器调制每个色光输入;在所述棱镜组件内,将每个经调制的色光输入组合成白光输出;将所述白光输出提供给投影透镜组件;在所述投影透镜组件内对所述白光输出进行过滤;以及投影经过滤的白光输出。

[0204] (14) 根据(13)所述的方法,其中,所述色光输入包括红光、绿光和蓝光,并且其中,在每个单独的棱镜路径中用色光调制器调制每个色光输入包括:用第一色光调制器调制所述红光;用第二色光调制器调制所述绿光;以及用第三色光调制器调制所述蓝光。

[0205] (15) 根据(13)至(14)中任一项所述的方法,还包括:用所述投影透镜组件中包括的透镜将所述白光输出聚焦到傅里叶平面上,其中,所述傅里叶平面与所述透镜的焦平面重合。

[0206] (16) 根据(13)至(15)中任一项所述的方法,其中,在所述投影透镜组件内对所述白光输出进行过滤包括阻挡所述白光输出的一个或多个衍射级。

[0207] (17) 一种使用白光照明的投影系统,所述投影系统包括:棱镜,所述棱镜被配置为将白光分离成多个颜色通道,将所述颜色通道重新引导到相应的调制器,并且将来自所述相应的调制器的经调制的颜色通道组合成白光输出;以及投影透镜组件,所述投影透镜组件被配置为投影所述白光输出,所述投影透镜组件包括滤光器,所述滤光器被配置为对所述白光输出进行空间傅里叶变换。

[0208] (18) 根据(17)所述的投影系统,其中,所述多个颜色通道包括红色通道、绿色通道和蓝色通道,并且其中,所述相应的调制器包括被配置为调制所述红色通道的第一调制器、被配置为调制所述绿色通道的第二调制器和被配置为调制所述蓝色通道的第三调制器。

[0209] (19) 根据(17)至(18)中任一项所述的投影系统,其中,所述棱镜包括全内反射(TIR)棱镜段,所述TIR棱镜段被配置为将所述白光分离成所述多个颜色通道。

[0210] (20) 根据(17)至(19)中任一项所述的投影系统,其中,所述颜色通道中的每一个具有相同的照明角度。

[0211] 关于本文描述的过程、系统、方法、启发法等,应当理解,虽然这些过程等的步骤已经被描述为按照特定有序的顺序进行,但是这些过程可以利用与本文描述的顺序不同的顺序执行的所描述步骤来实践。进一步应当理解,某些步骤可以同时执行,可以添加其他步骤,或者可以省略本文描述的某些步骤。换句话说,本文的过程描述是出于说明某些实施例的目的而提供的,并且决不应当被解释为为了限制权利要求。

[0212] 因此,应当理解,以上描述旨在是说明性的而非限制性的。通过阅读以上描述,除了所提供的示例之外的许多实施例和应用将是显而易见的。范围不应当参考以上描述来确定,而是应当参考所附权利要求以及这些权利要求有资格考虑的等效物的全部范围来确定。预期并希望的是,本文讨论的技术将在未来有所发展,所公开的系统和方法将结合进这种未来实施例中。总之,应当理解,本申请是能够进行修改和改变的。

[0213] 权利要求中所使用的所有术语都旨在被赋予其如了解本文描述的技术的人所理解的最广泛的合理解释及普通含义,除非本文中出现的明确指示。特别地,诸如“(a)”、“该(the)”、“所述(said)”等单数冠词的使用应当被理解为叙述一个或多个所指示的

要素,除非权利要求叙述了相反明确限制。

[0214] 提供本公开的摘要以允许读者快速确定本技术公开的性质。基于其将不被用于解释或者限制权利要求的范围或者含义的理解提交本摘要。另外,在前述的具体实施方式中,可以看到,出于将本公开连成一个整体的目的而将各种特征一起组合到各种实施例中。本公开的方法不应当被解释为反映所要求保护的实施例并入了比每项权利要求中所明确叙述的特征多的特征的意图。相反,如所附权利要求所反映的,创造性主题在于少于单个公开的实施例的全部特征。因此,所附权利要求由此被并入具体实施方式中,每项权利要求独自作为单独要求保护的主体。

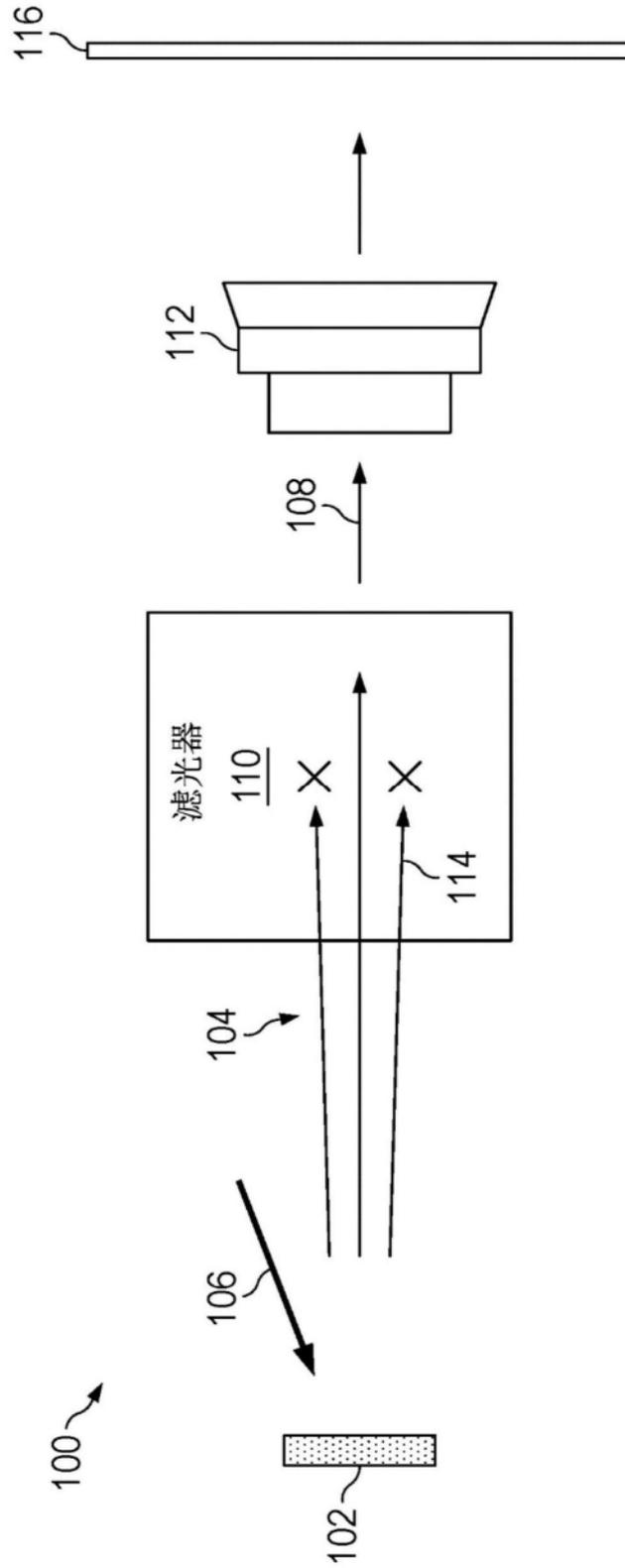


图1

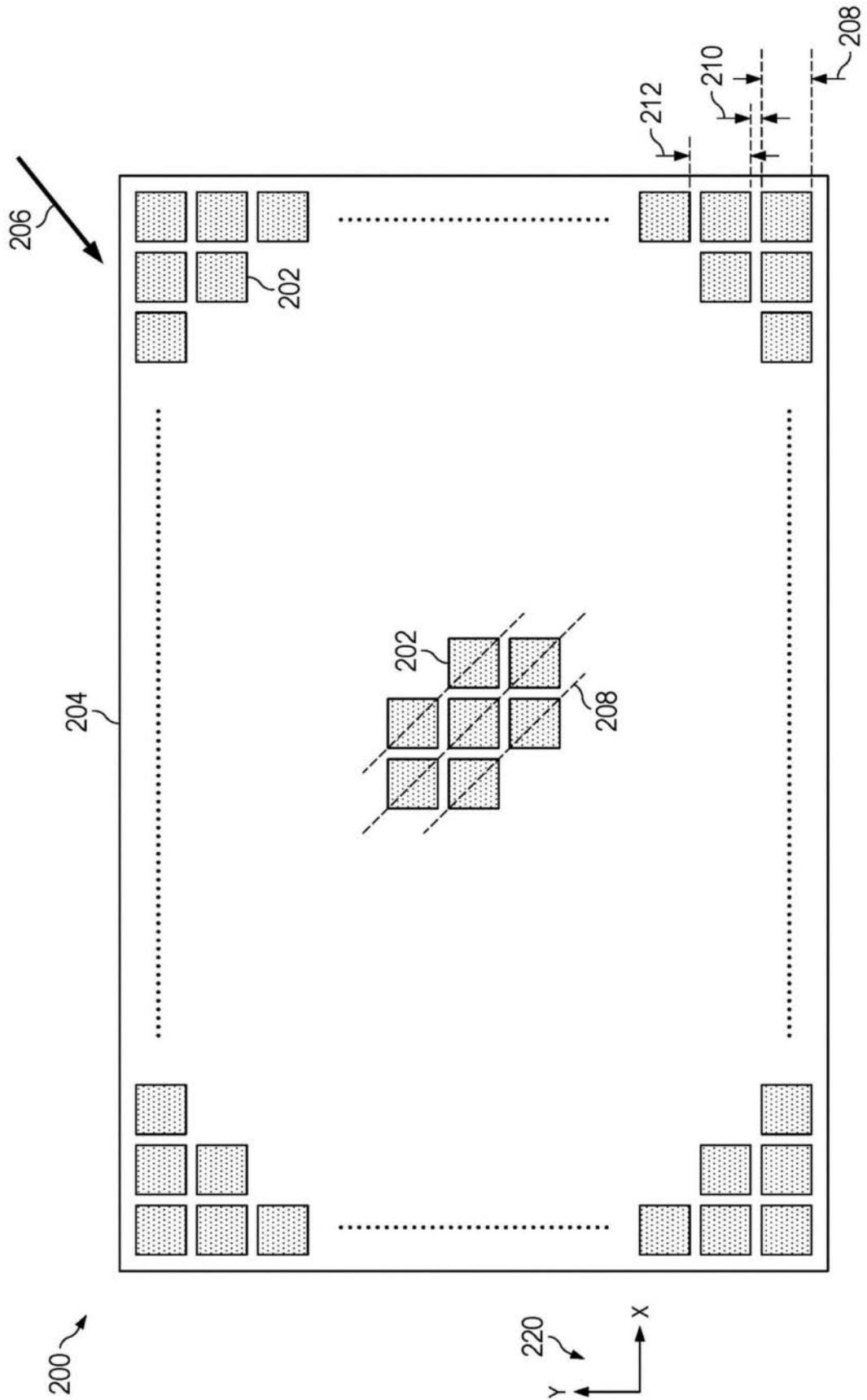


图2 (现有技术)

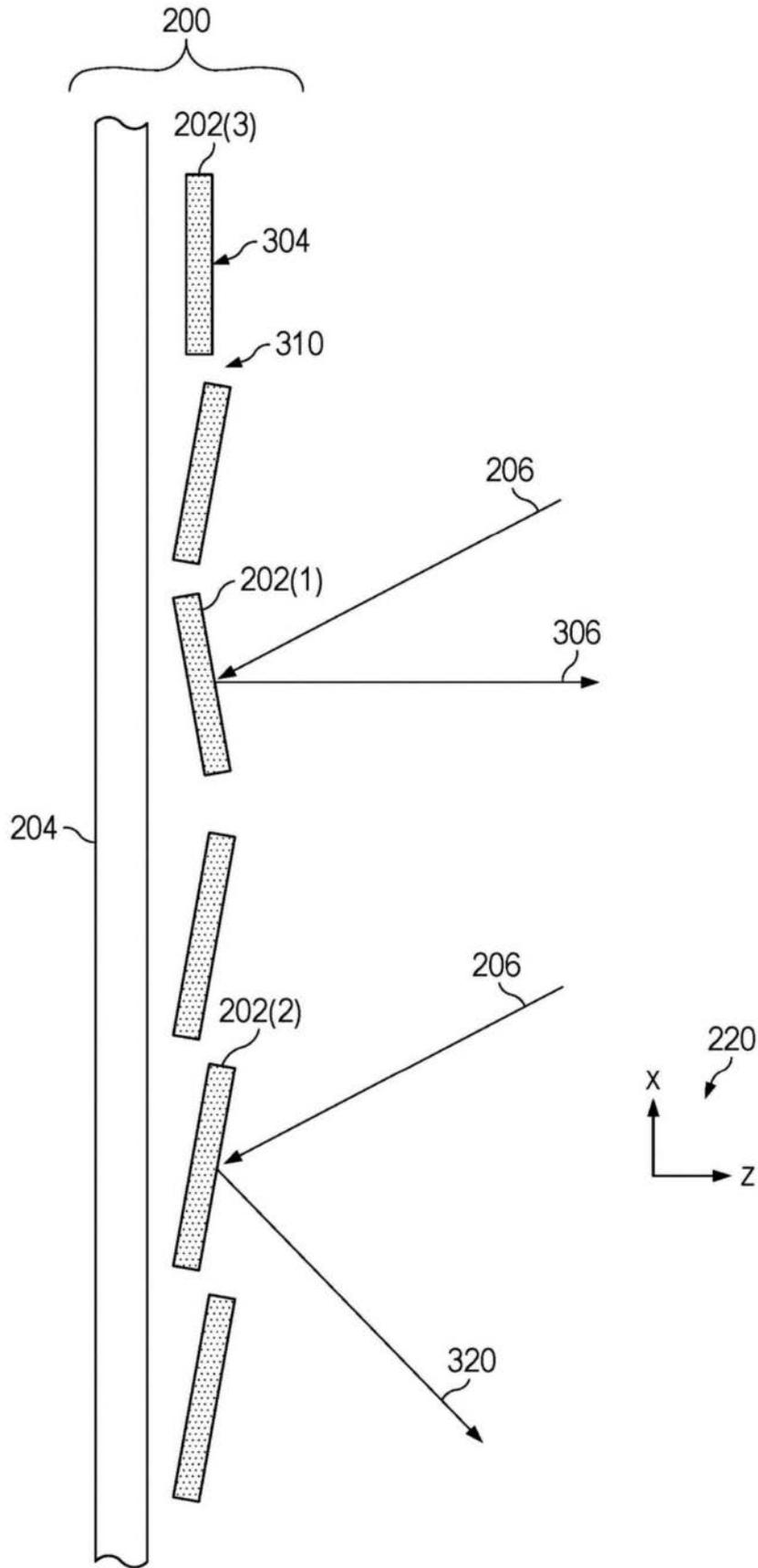


图3 (现有技术)

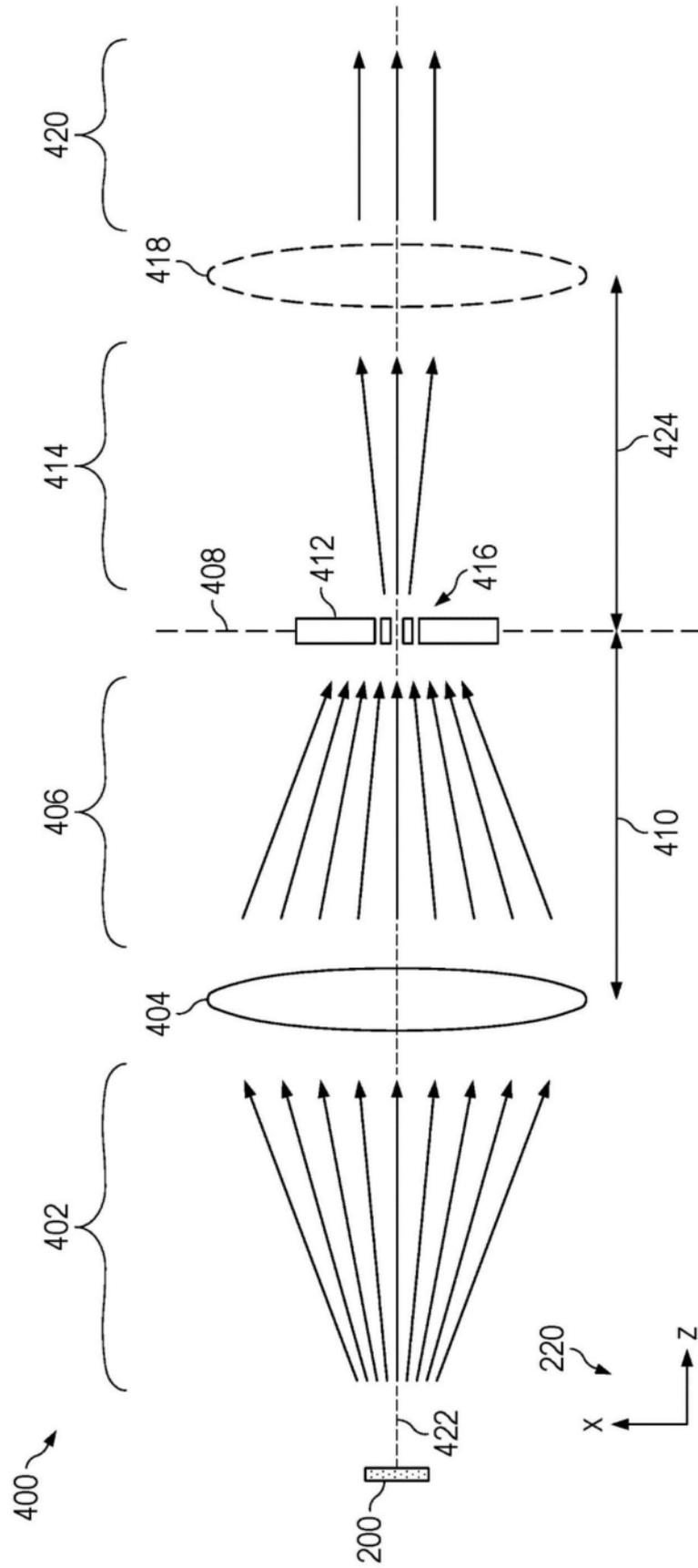


图4

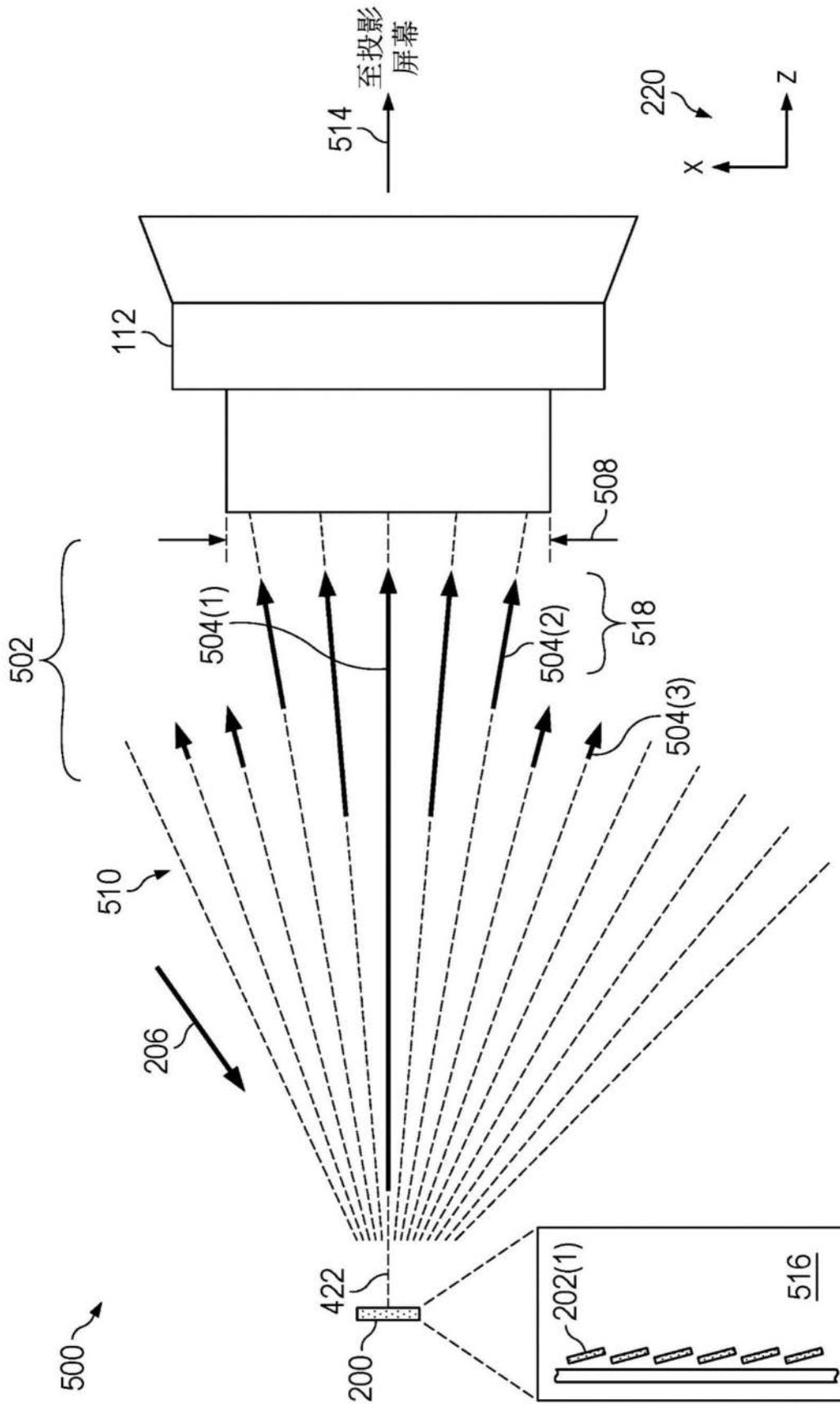


图5

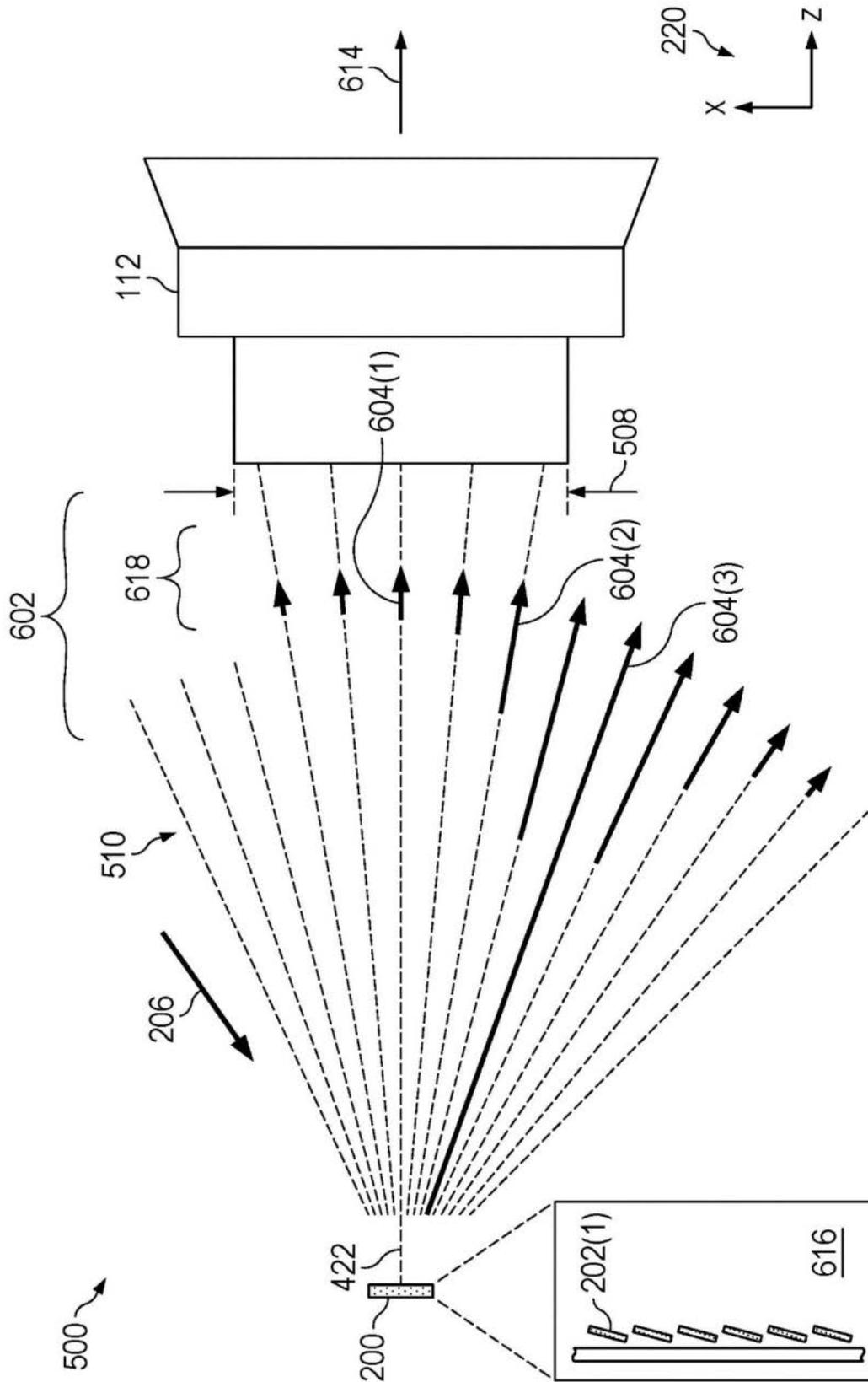


图6

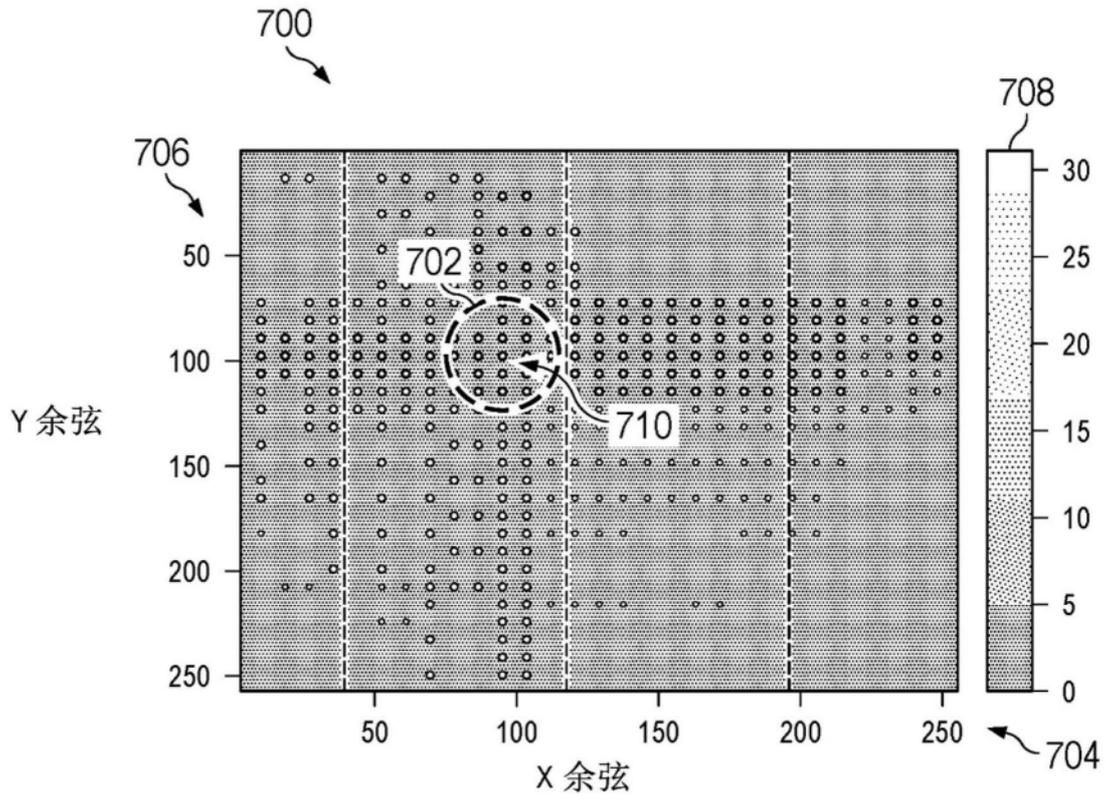


图7

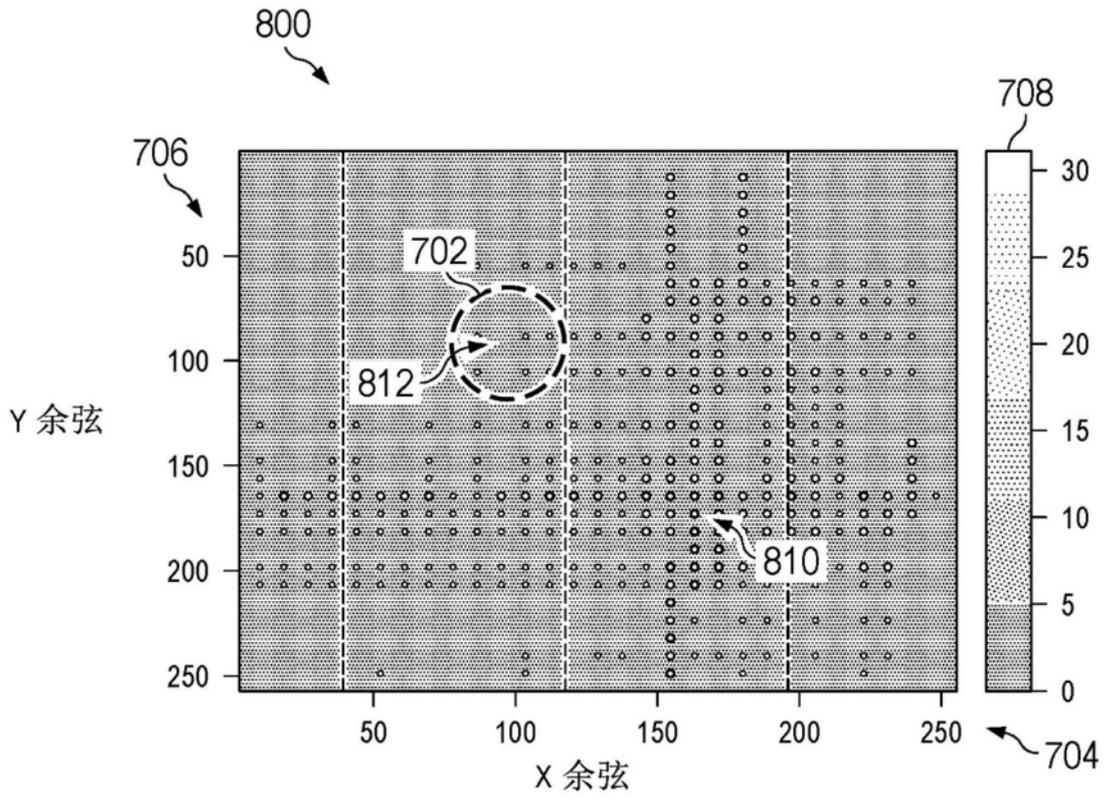


图8

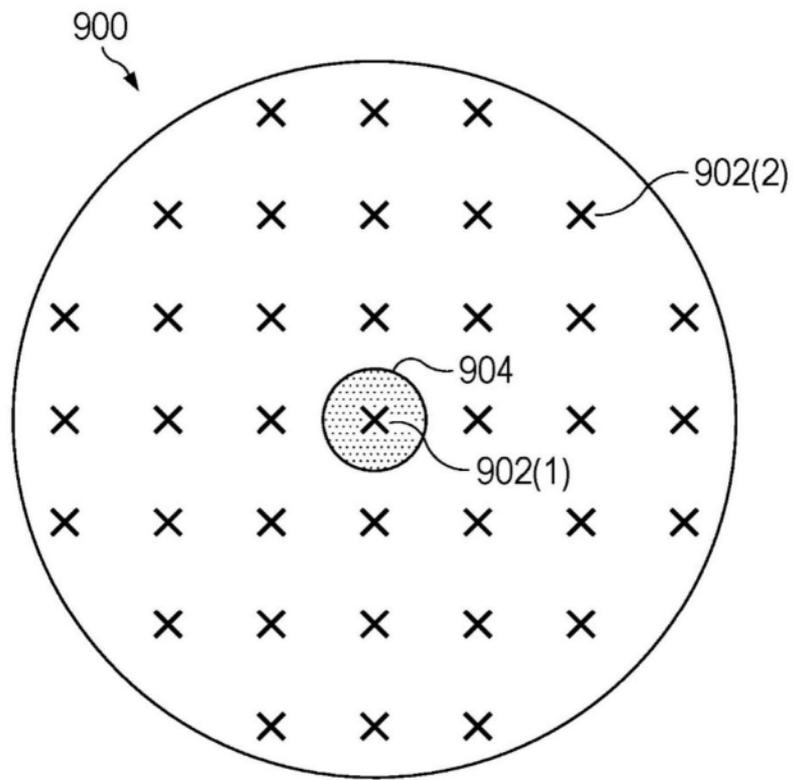


图9

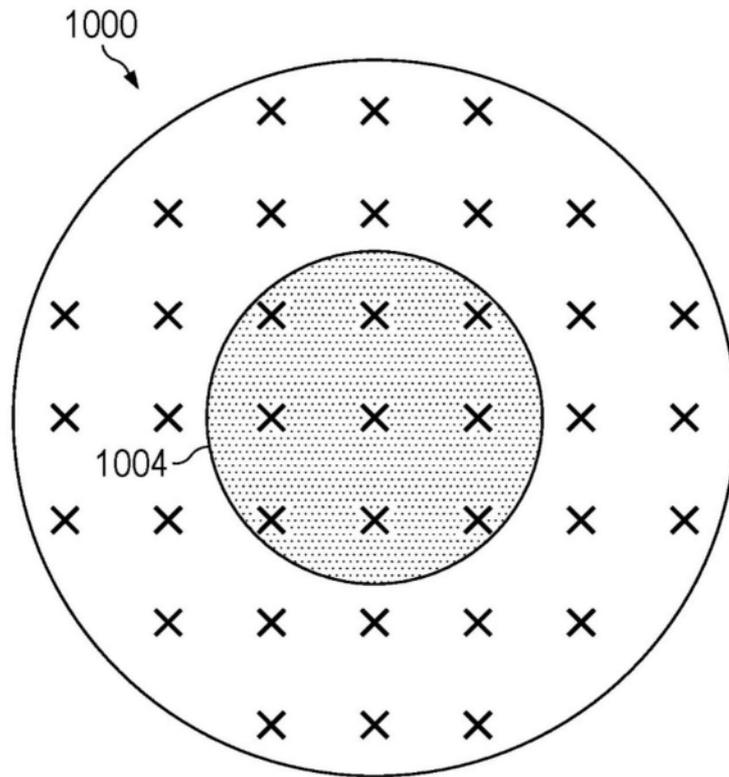


图10

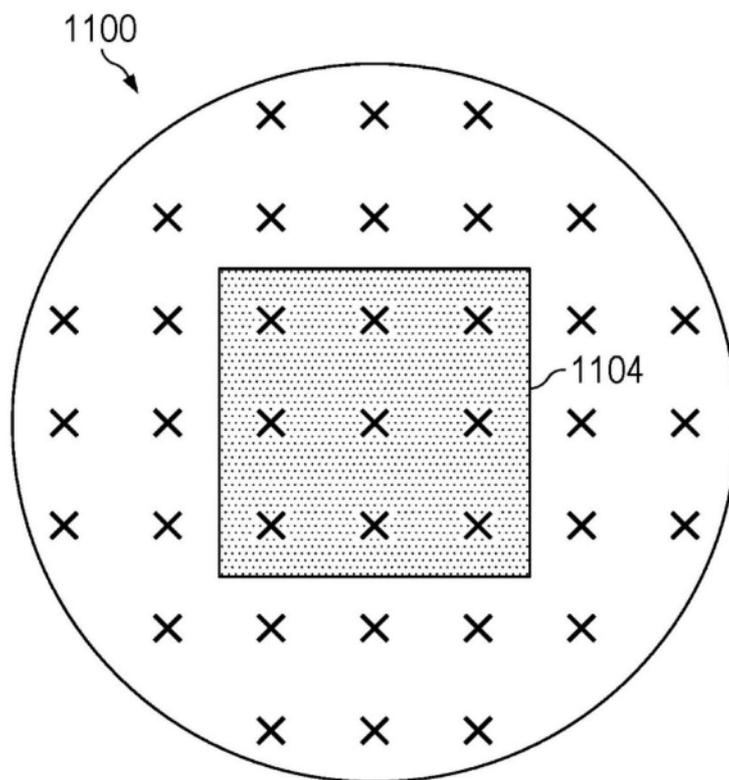


图11

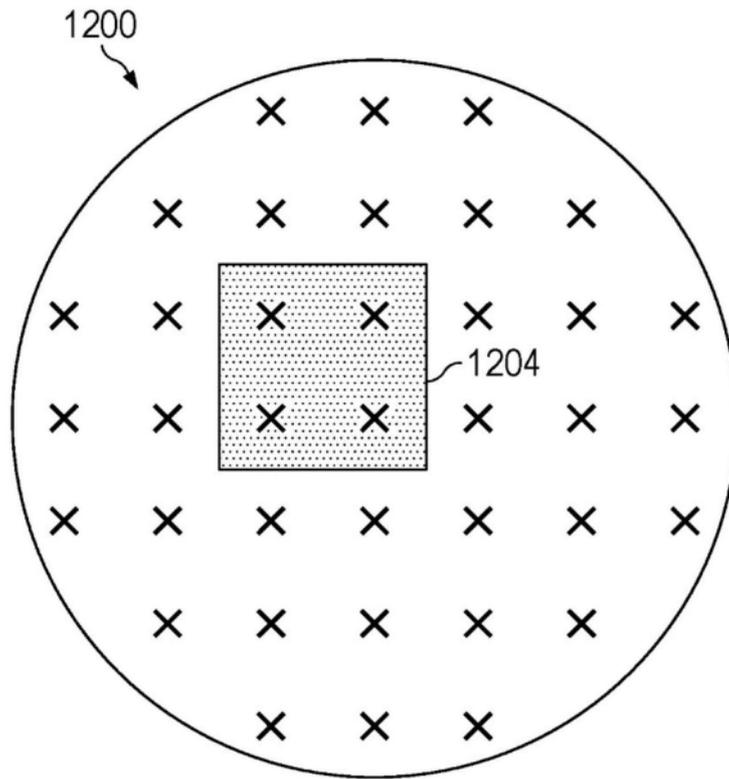


图12

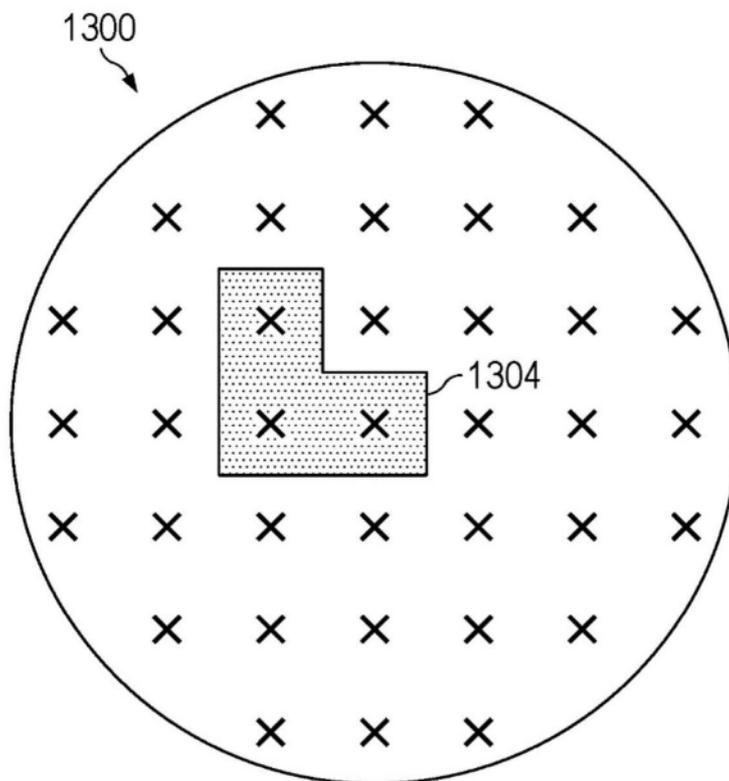


图13

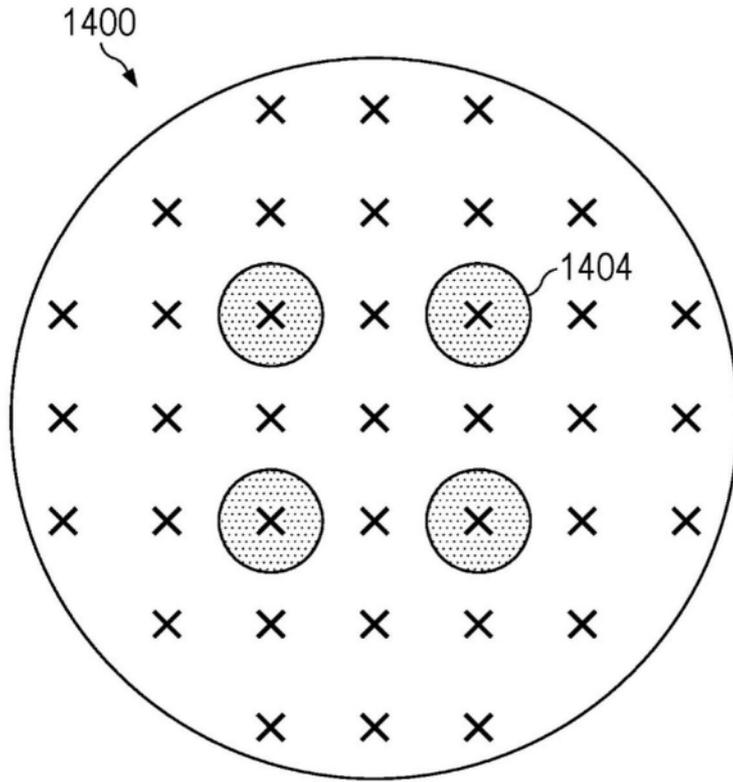


图14

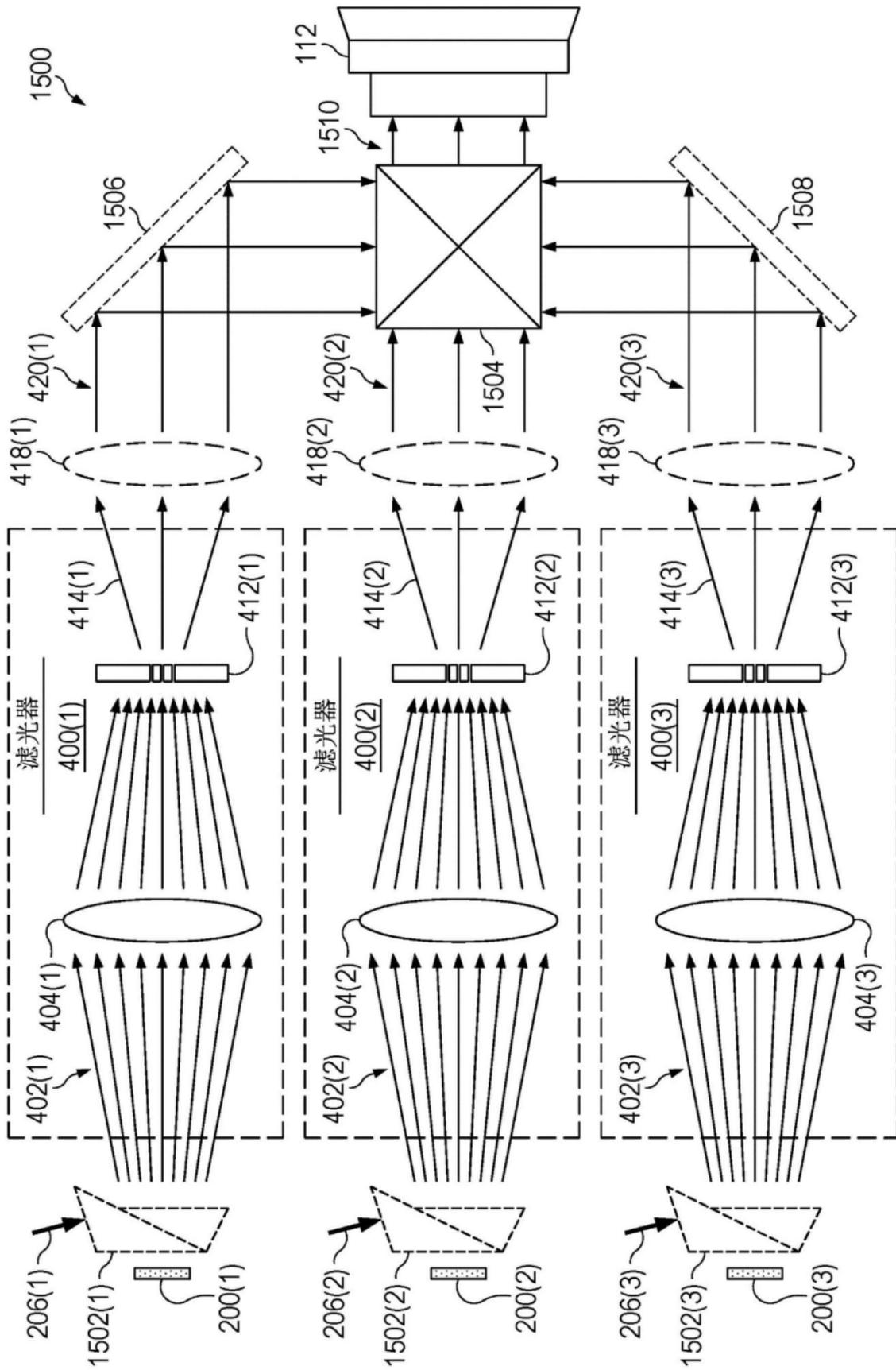


图15

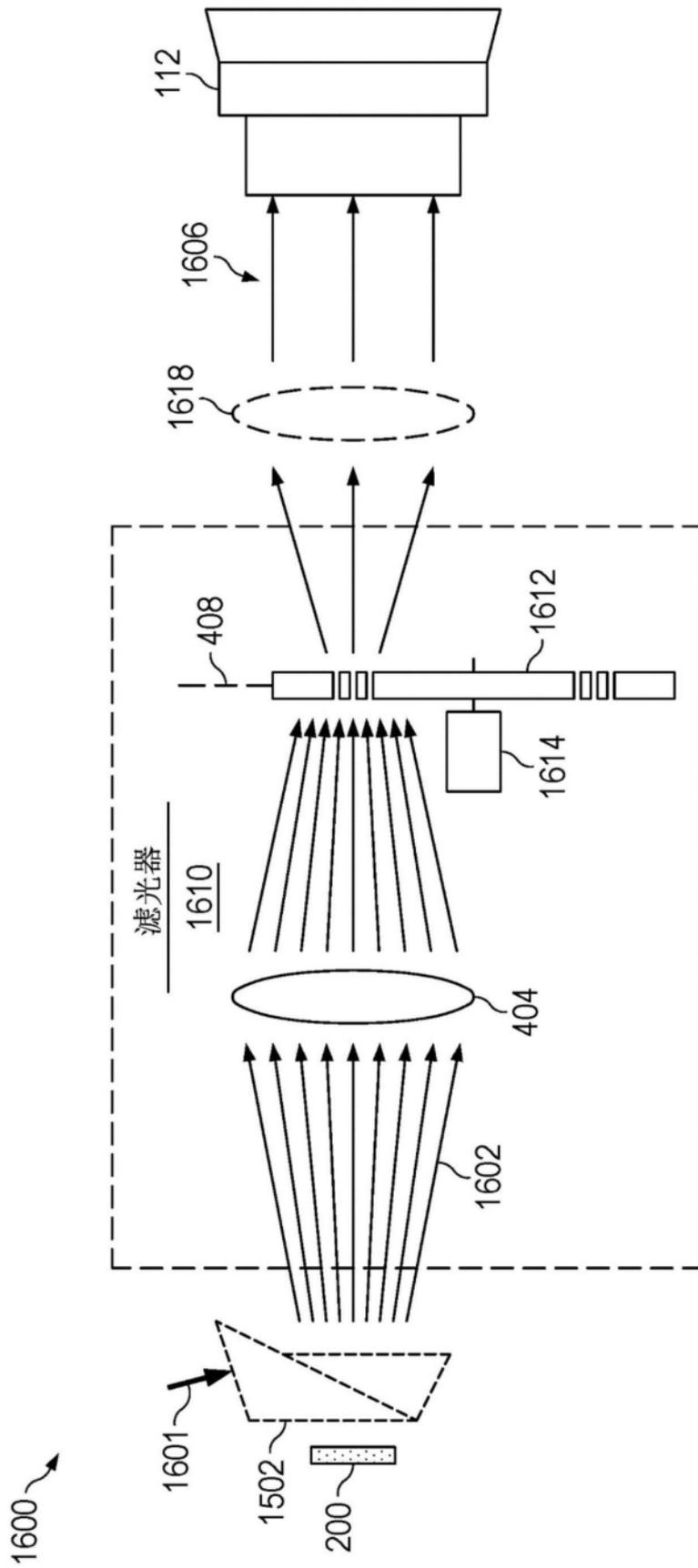


图16

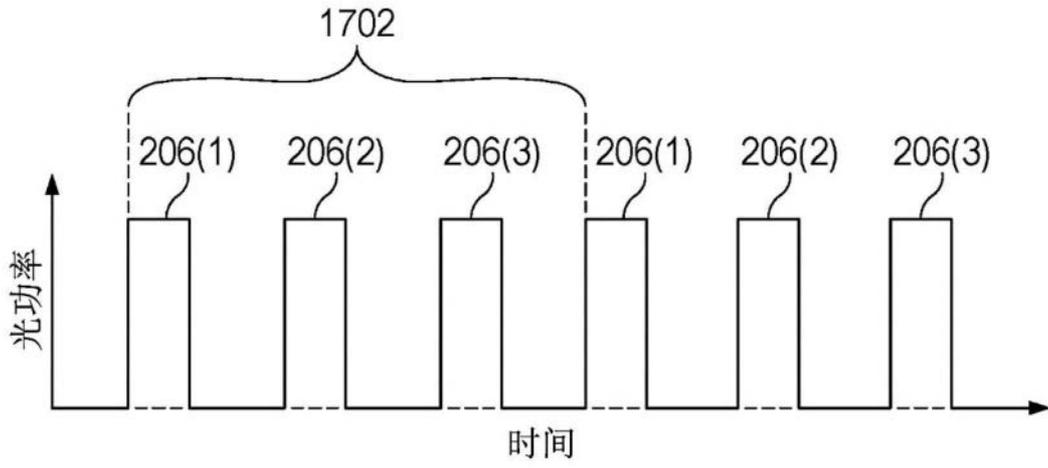


图17

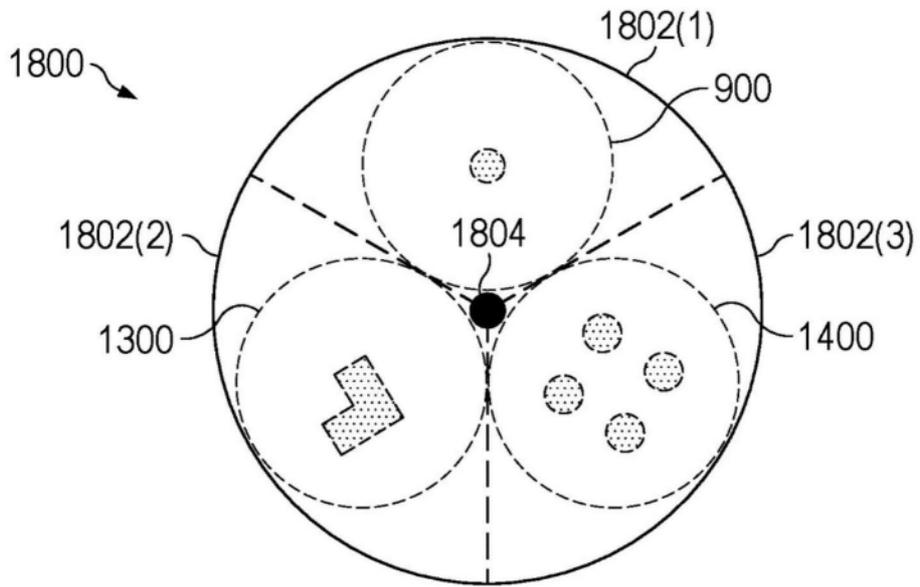


图18

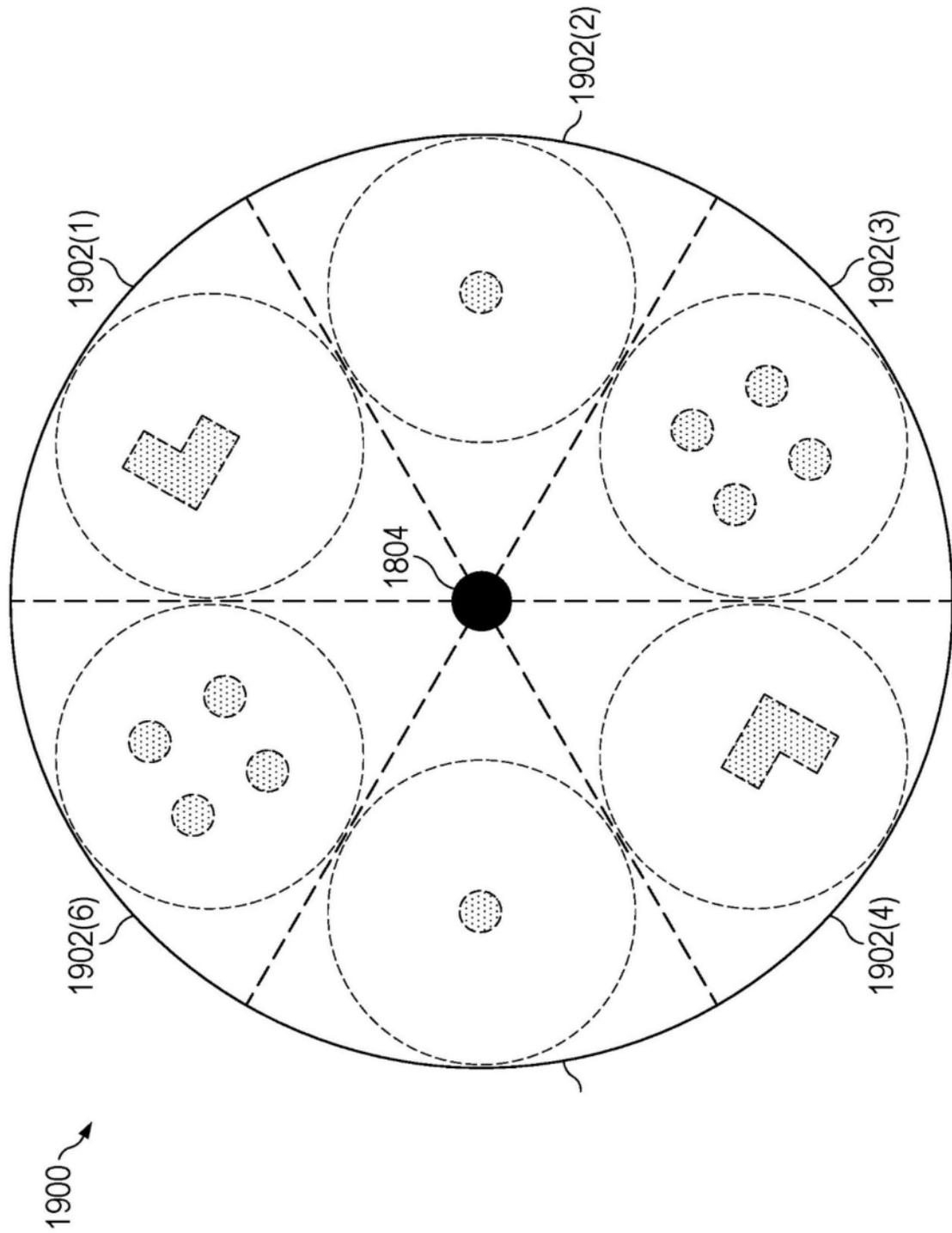


图19

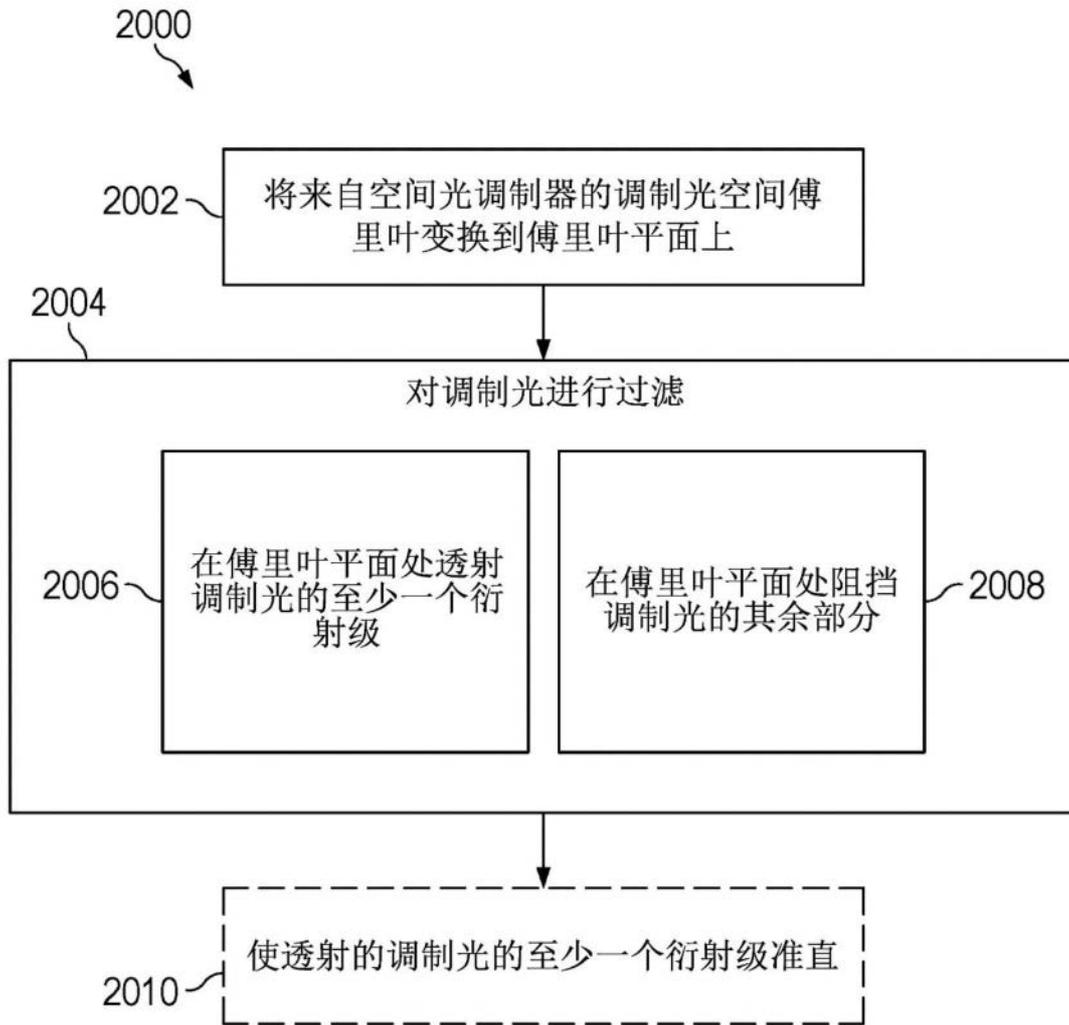


图20

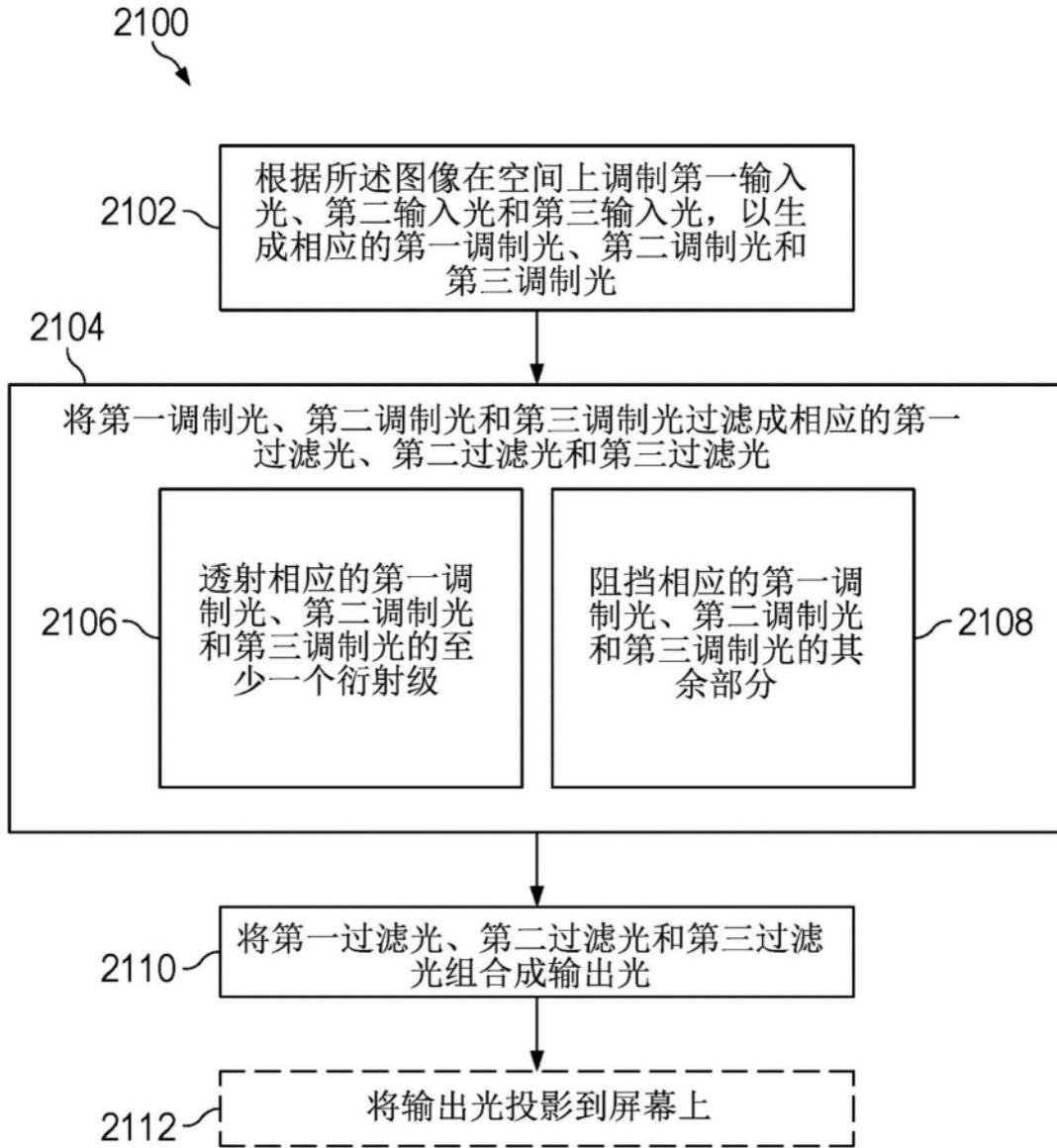


图21

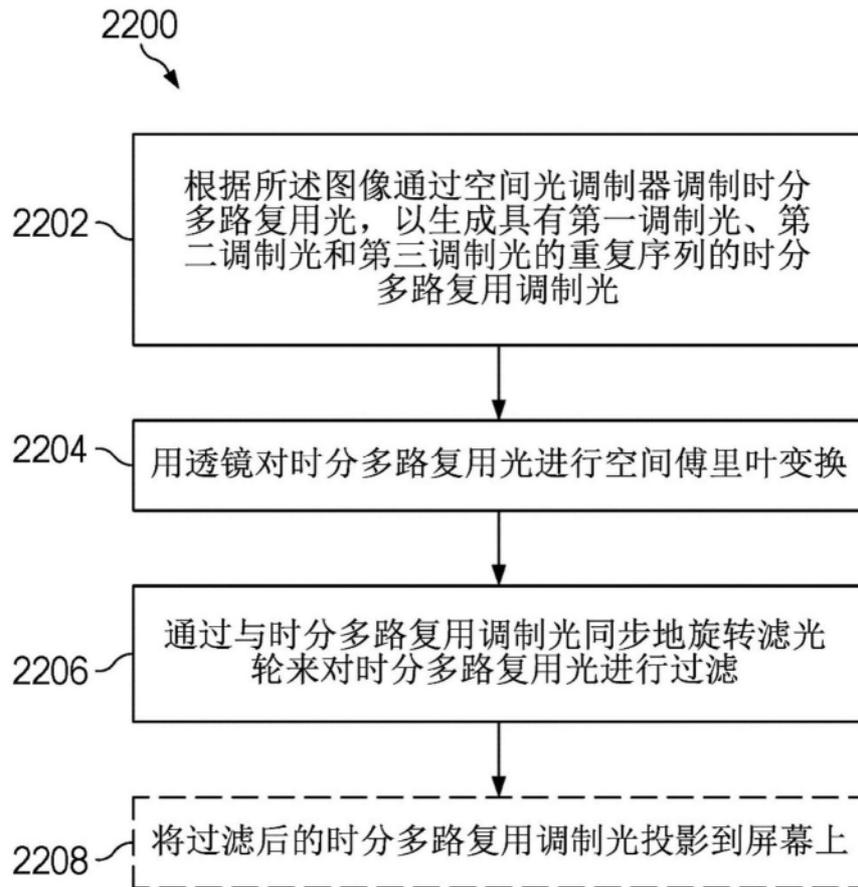


图22

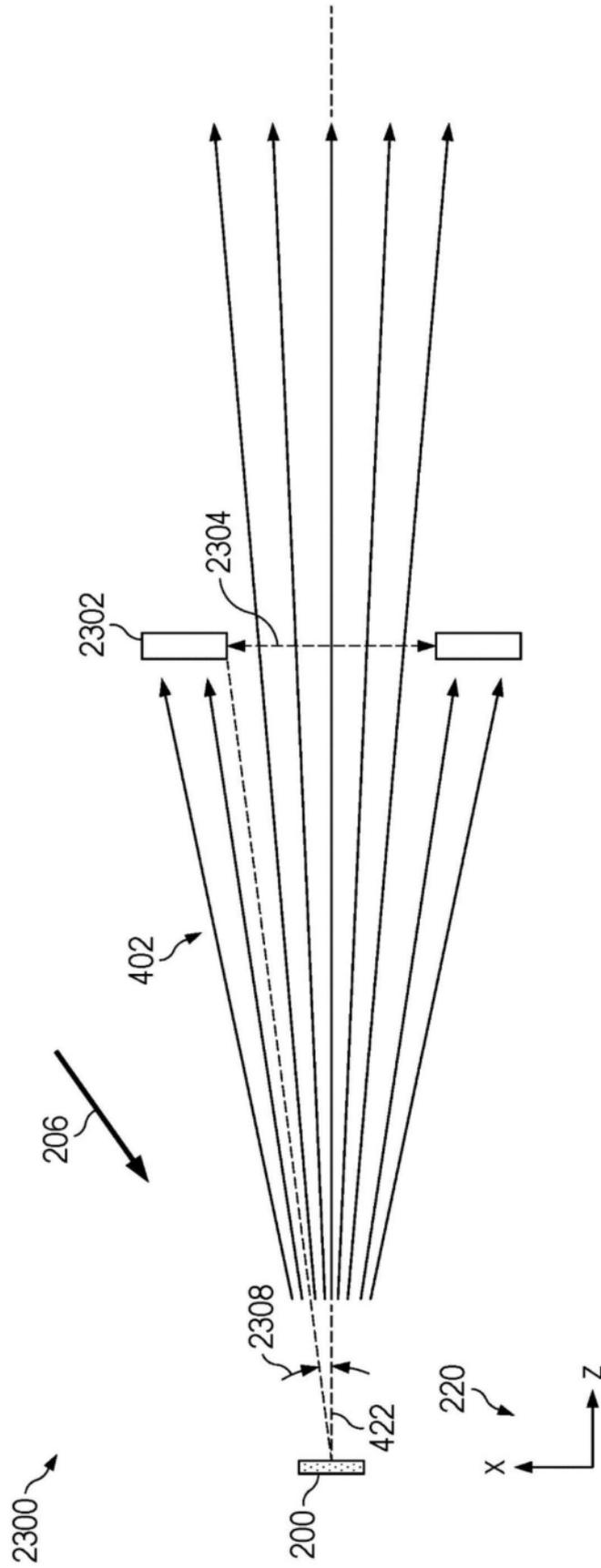


图23

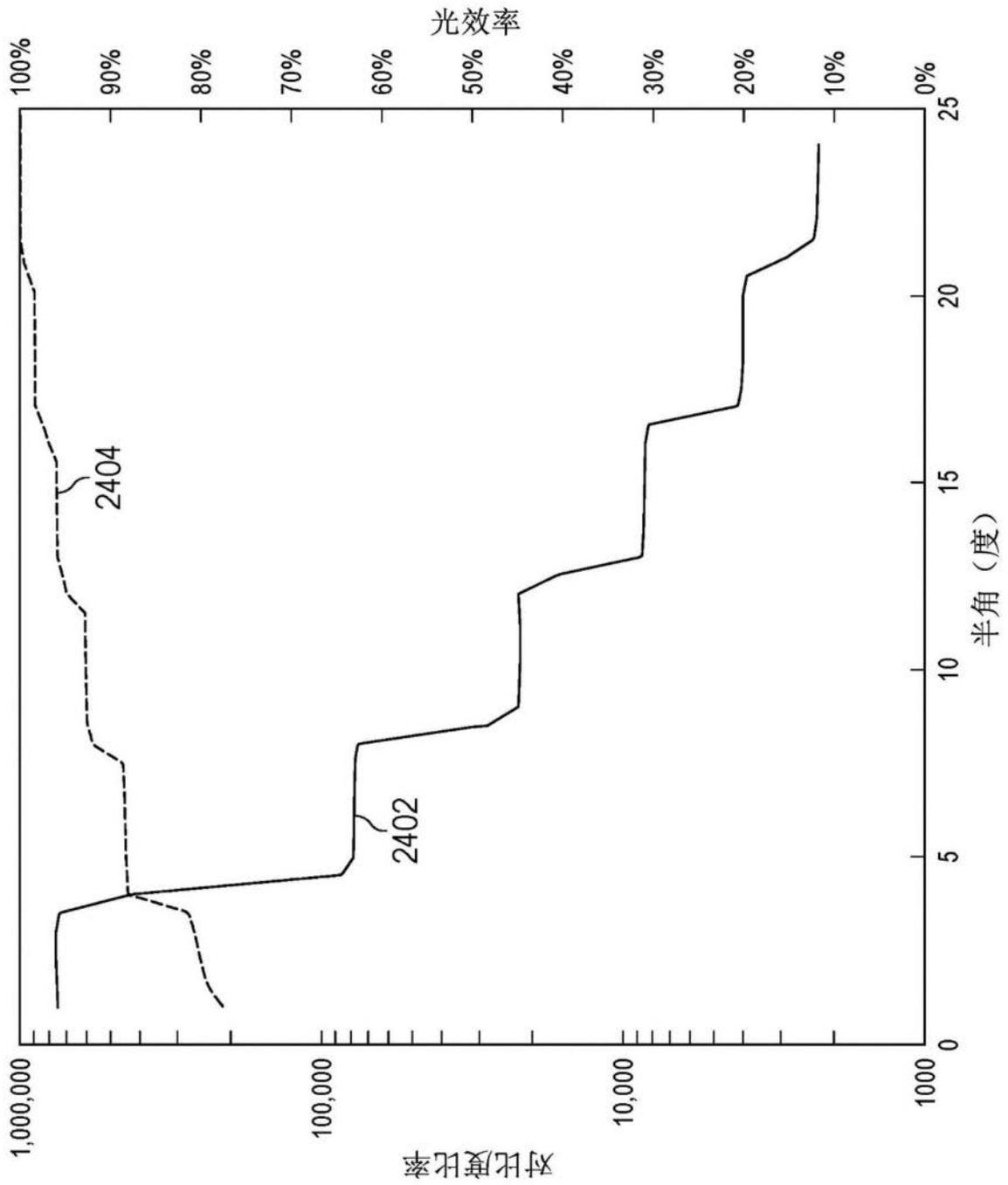


图24

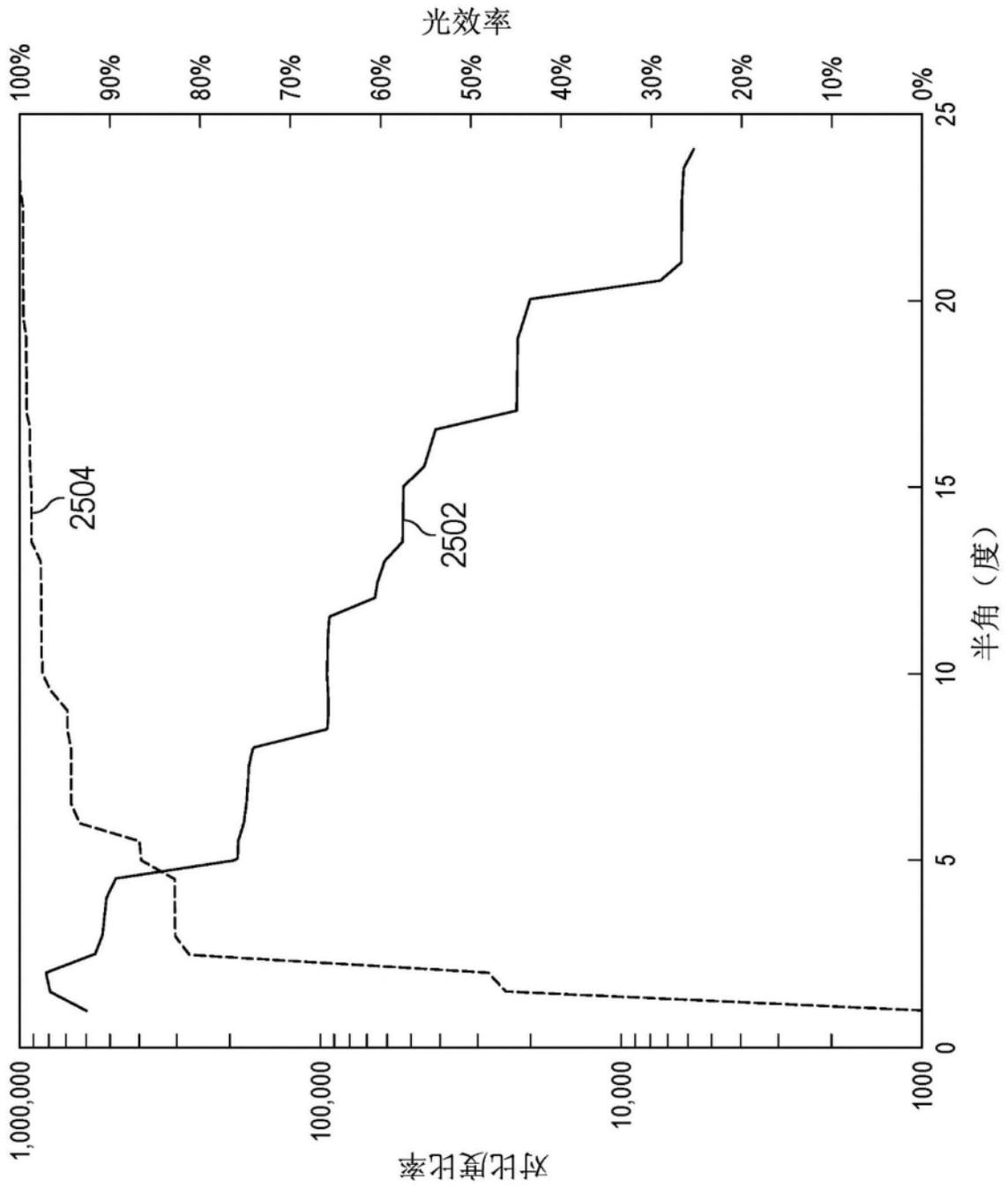


图25

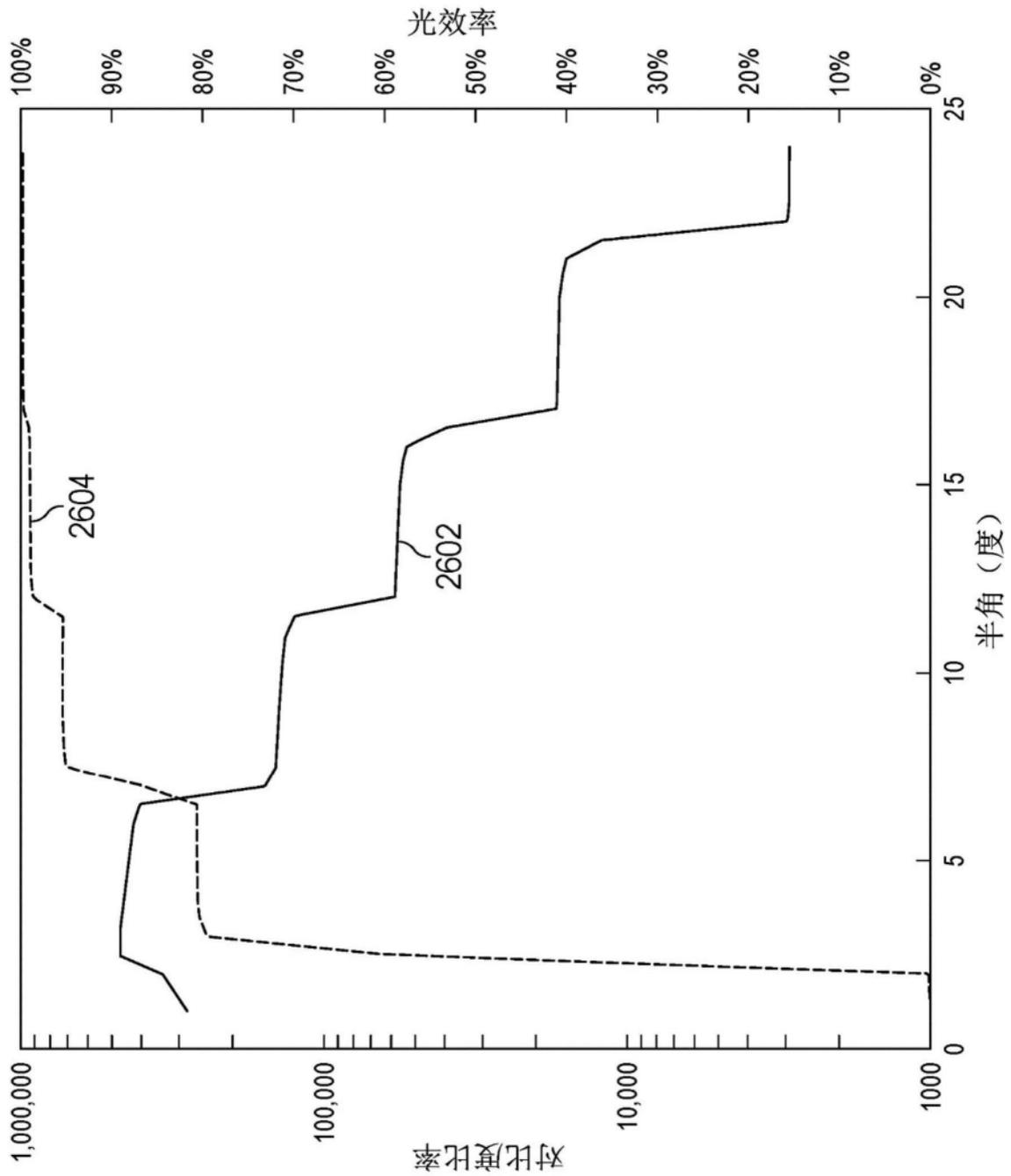


图26

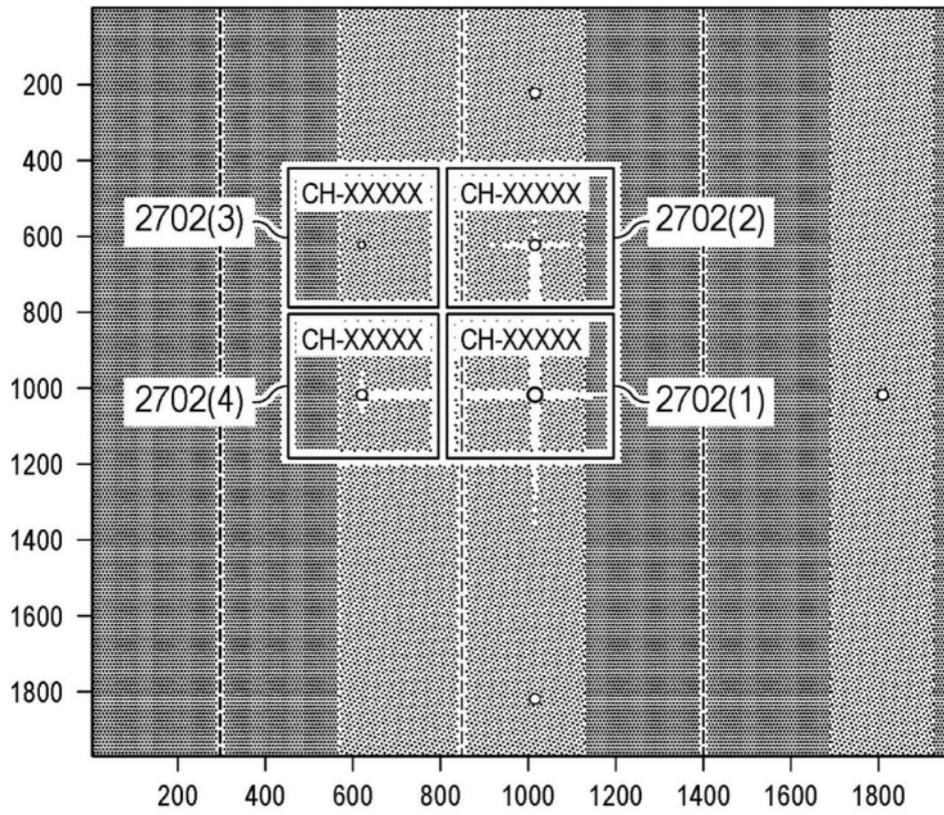


图27

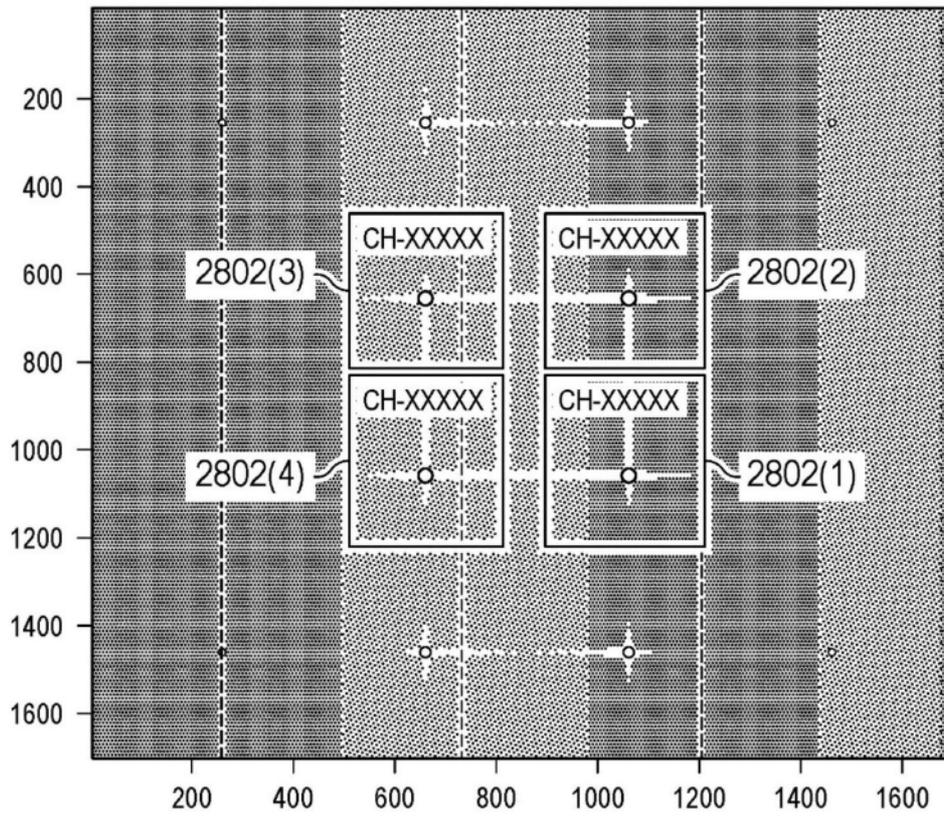


图28

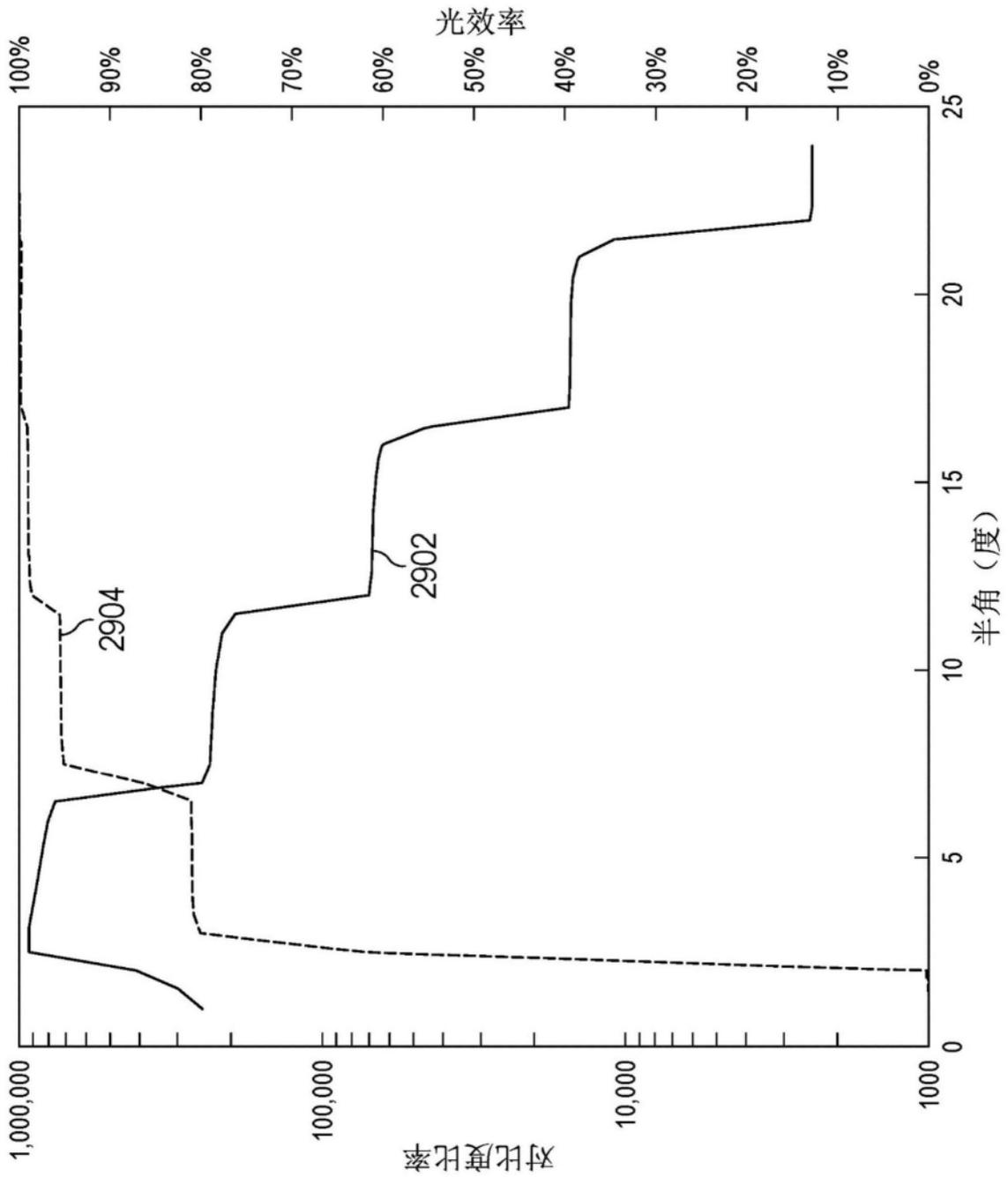


图29

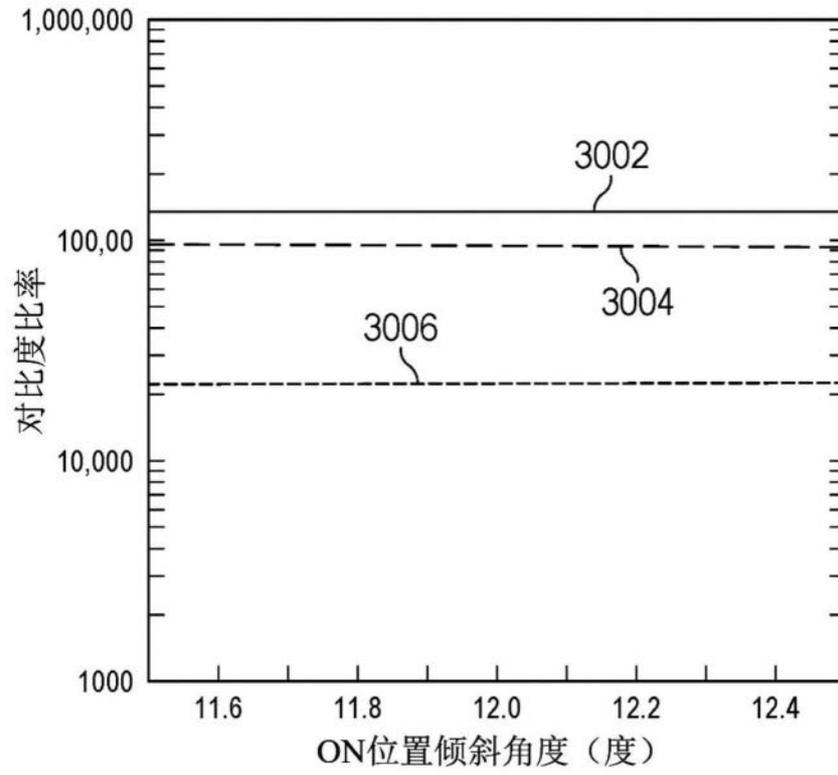


图30

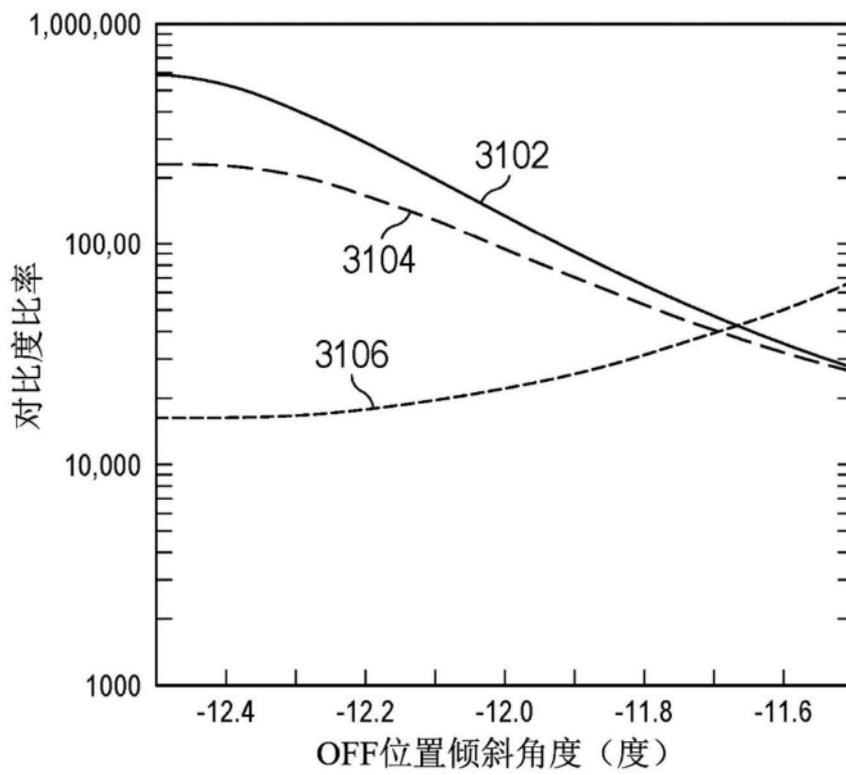


图31

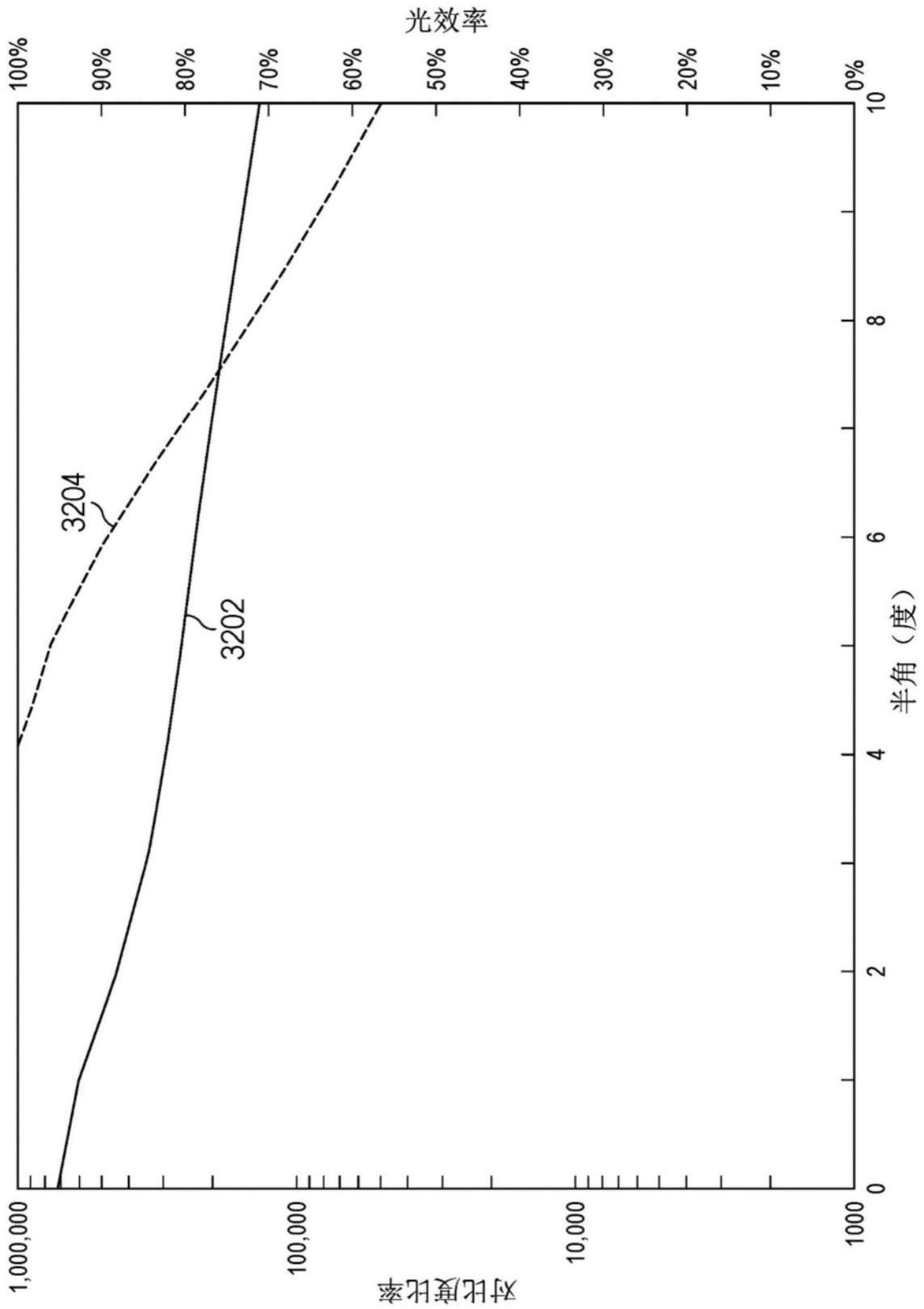


图32

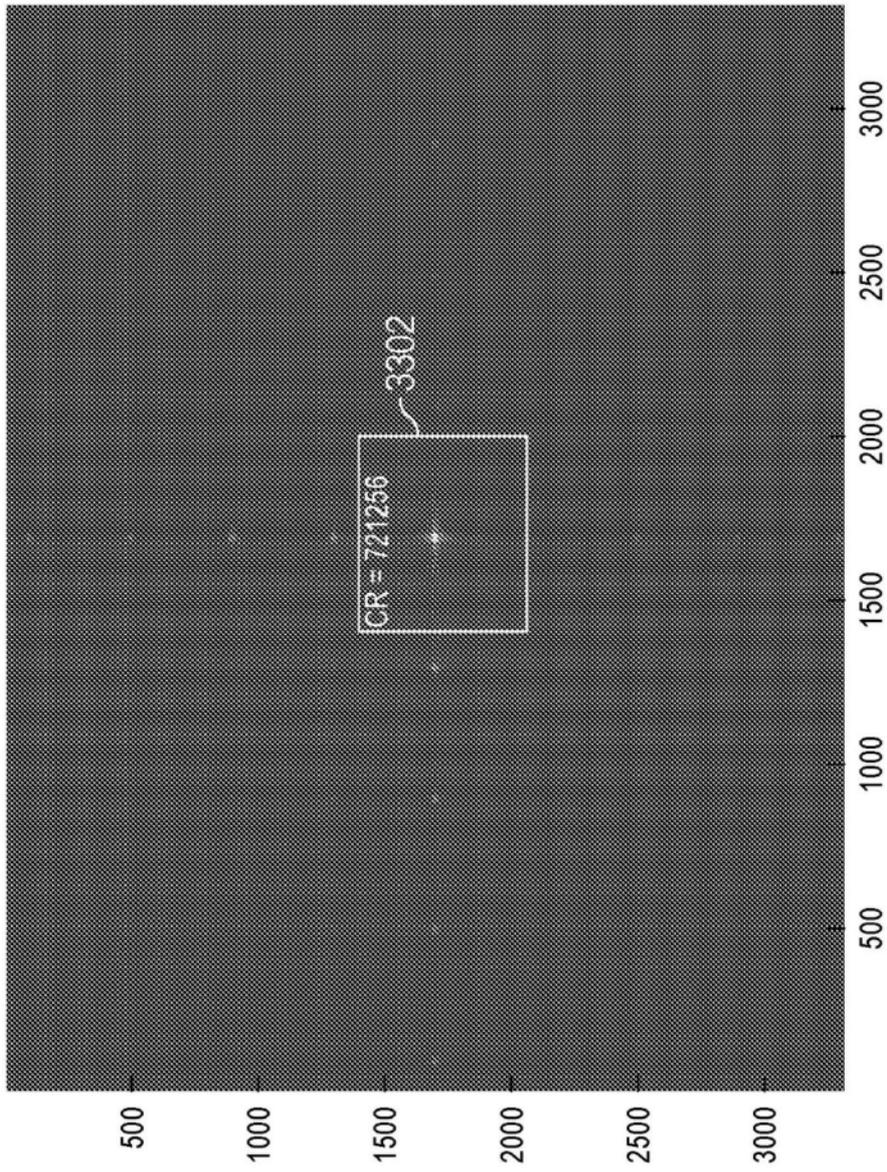


图33

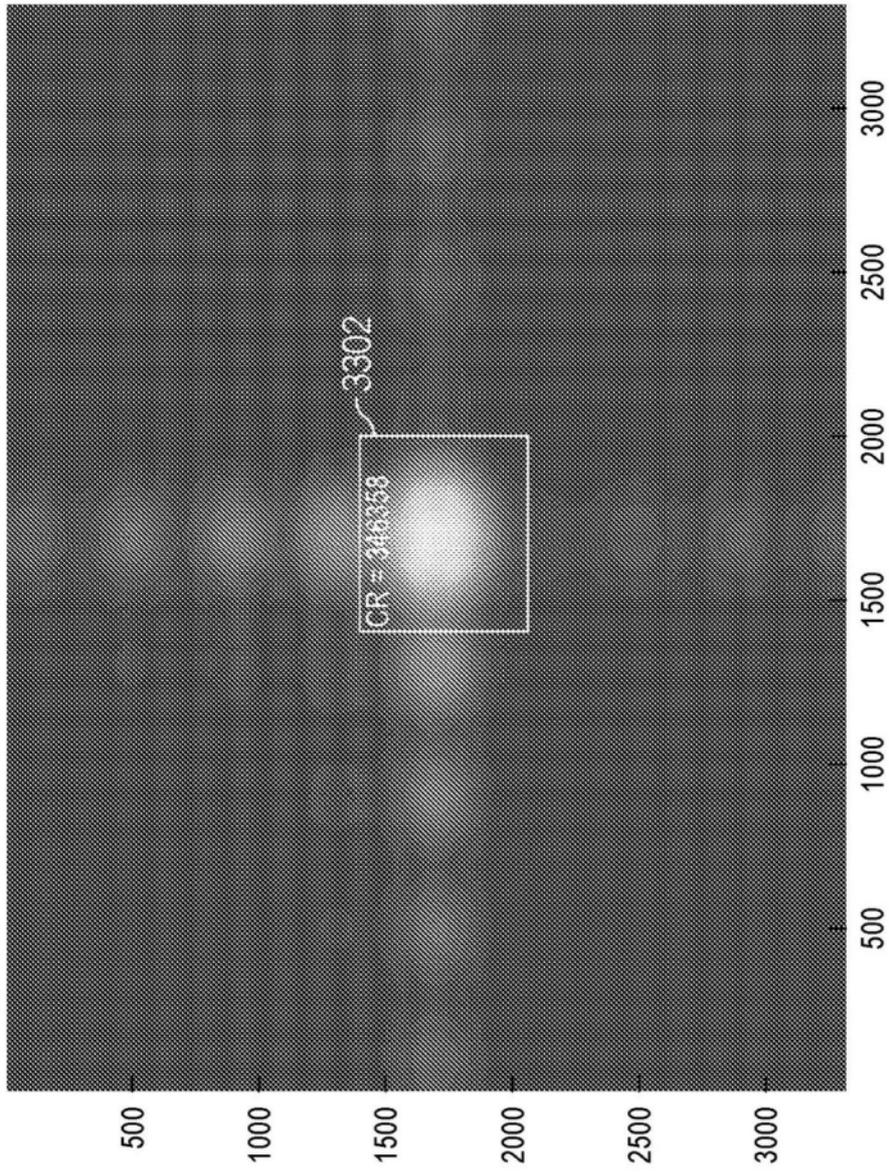


图34

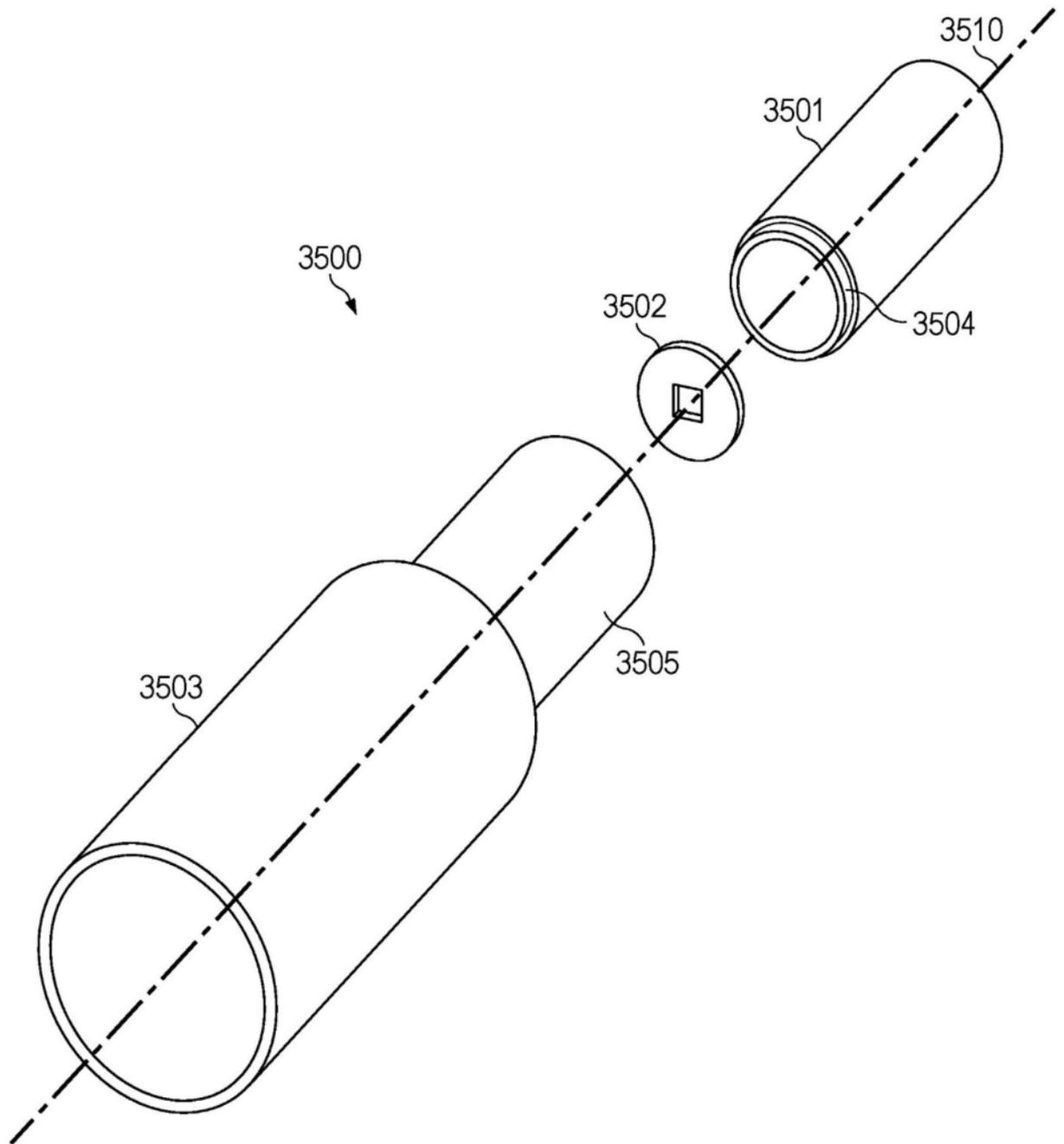


图35

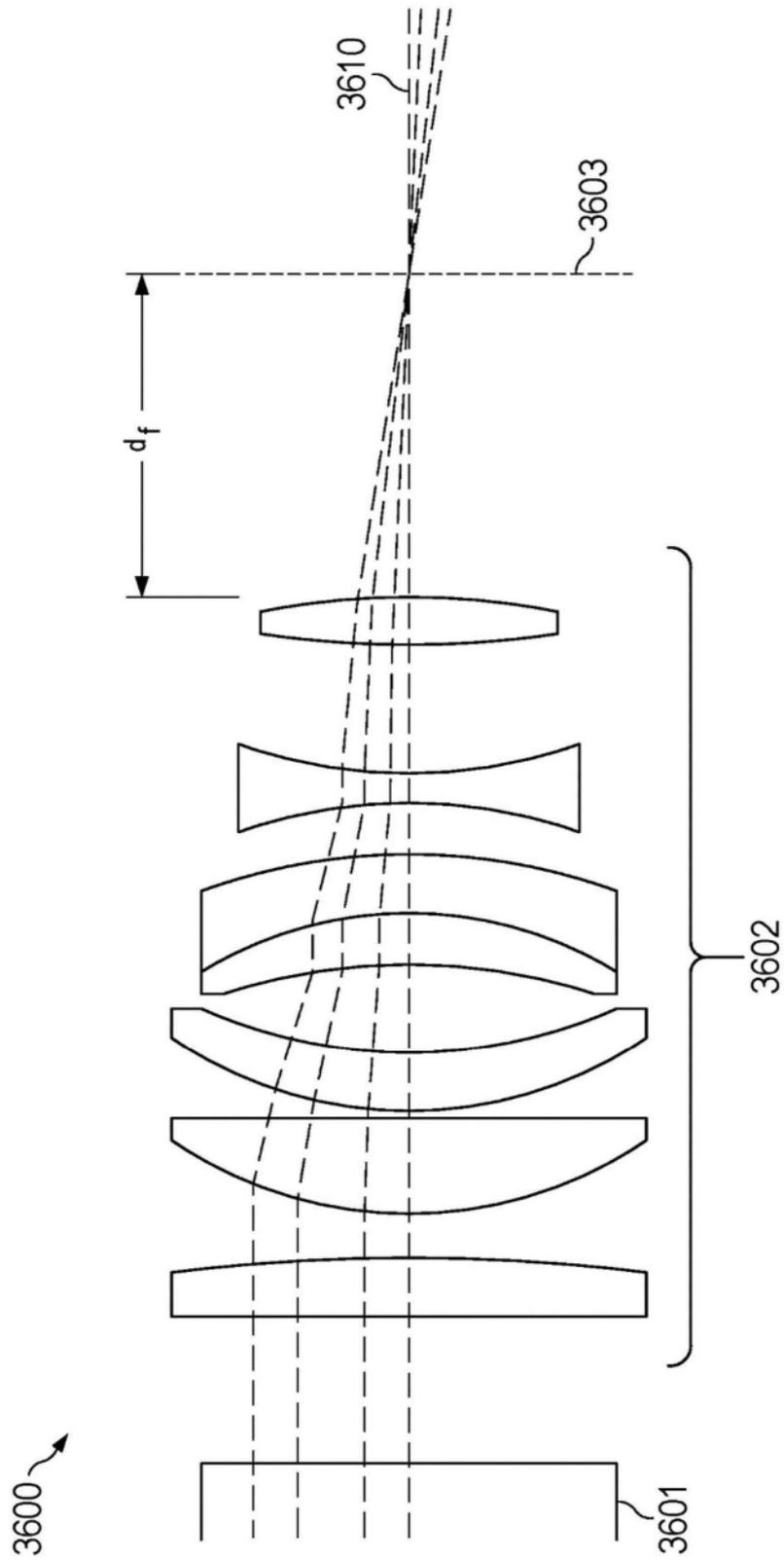


图36

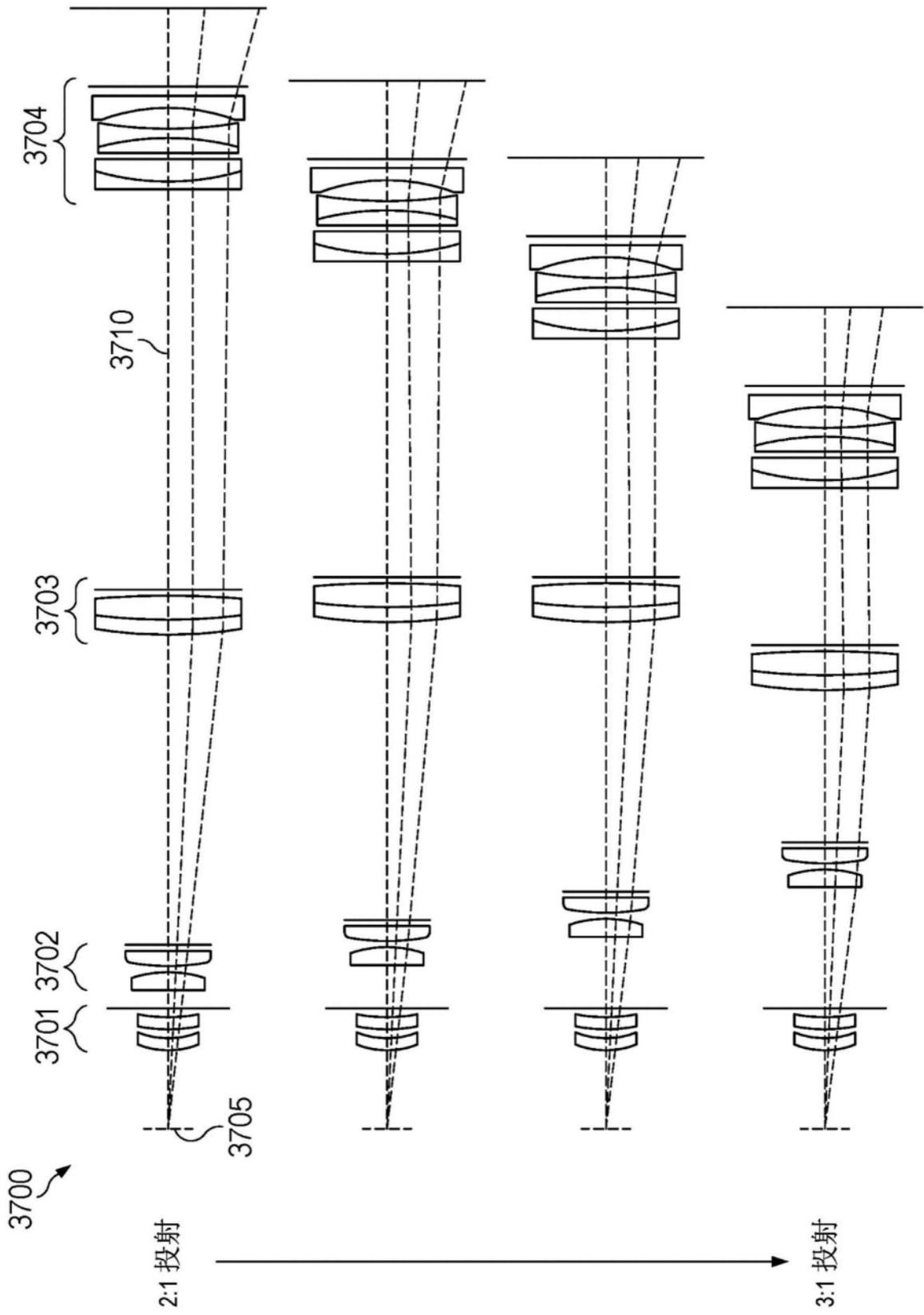


图37

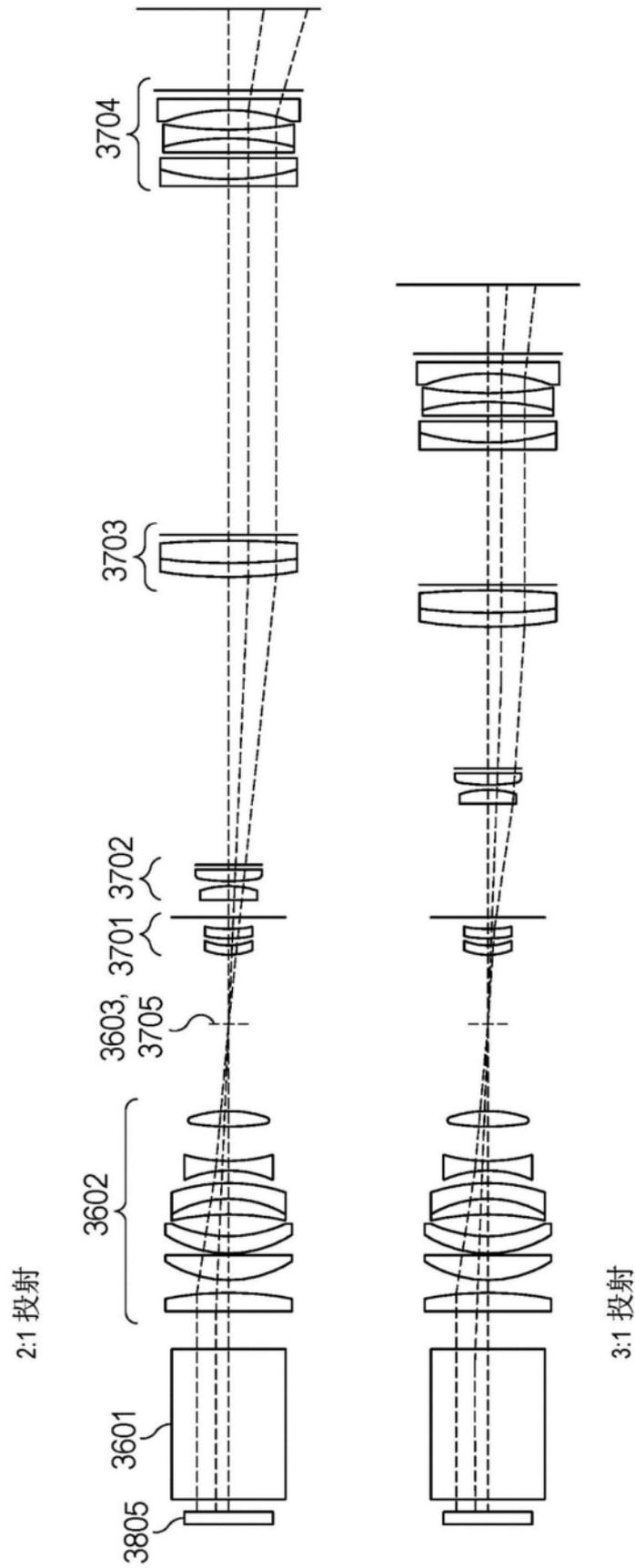


图38

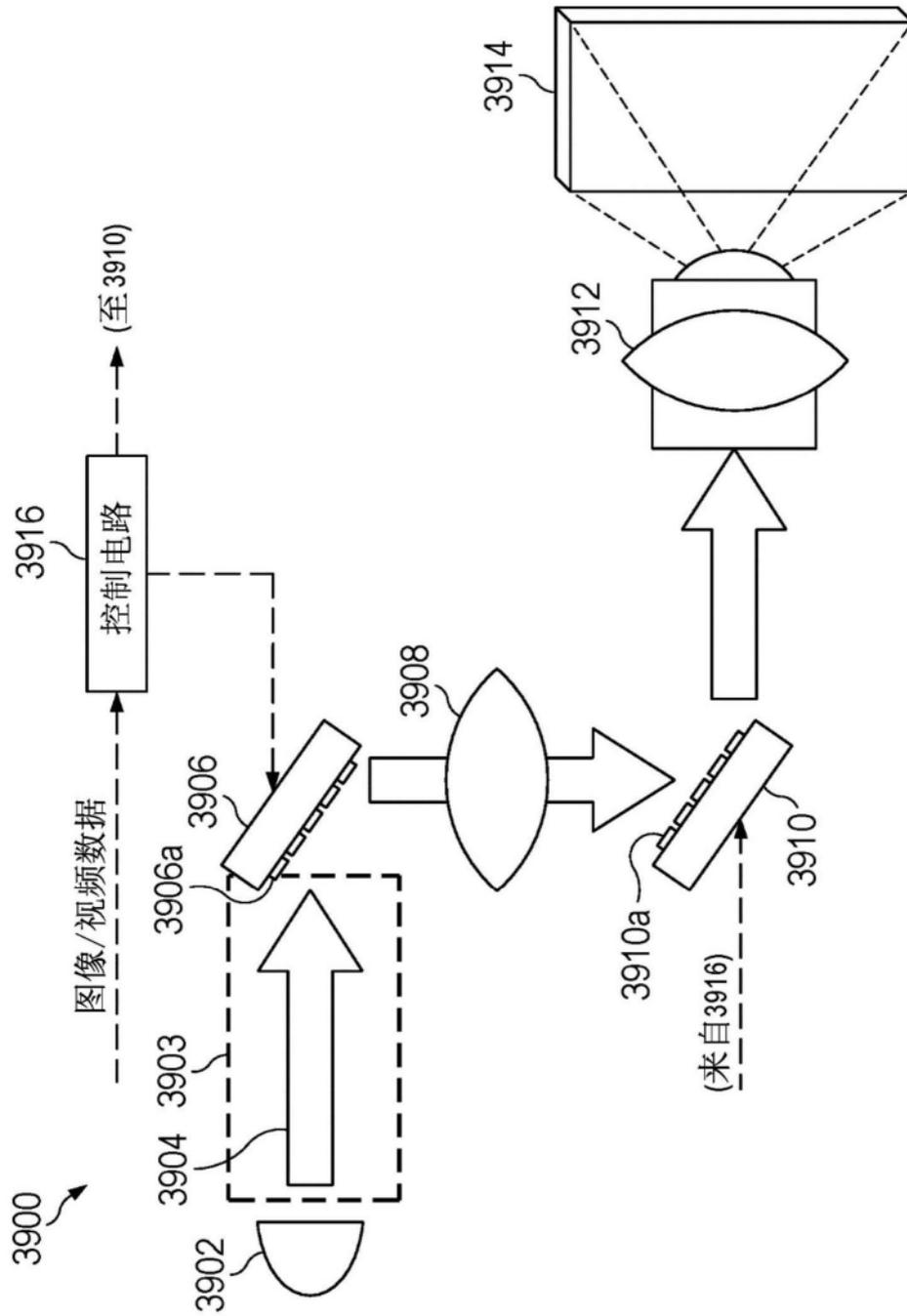


图39

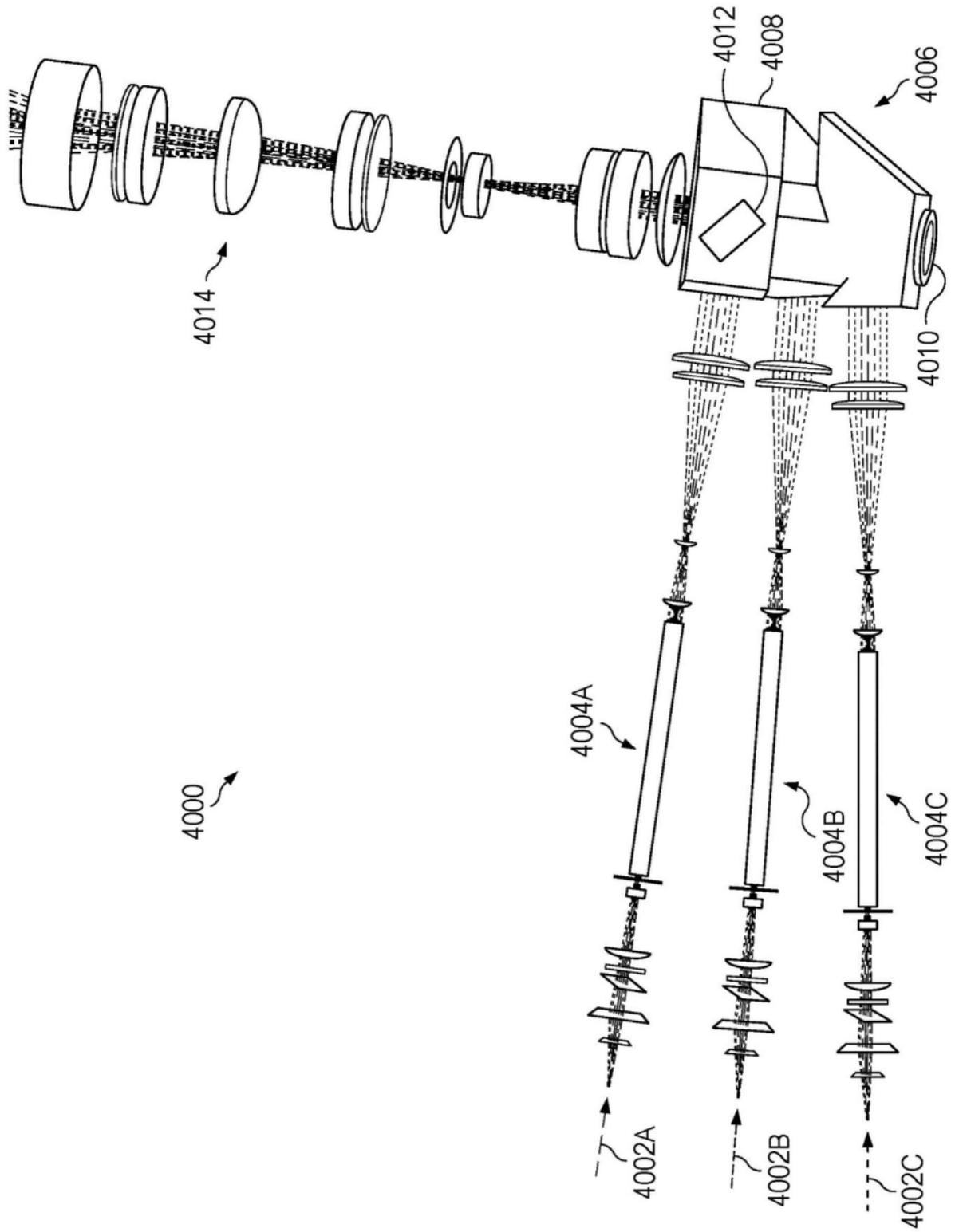


图40

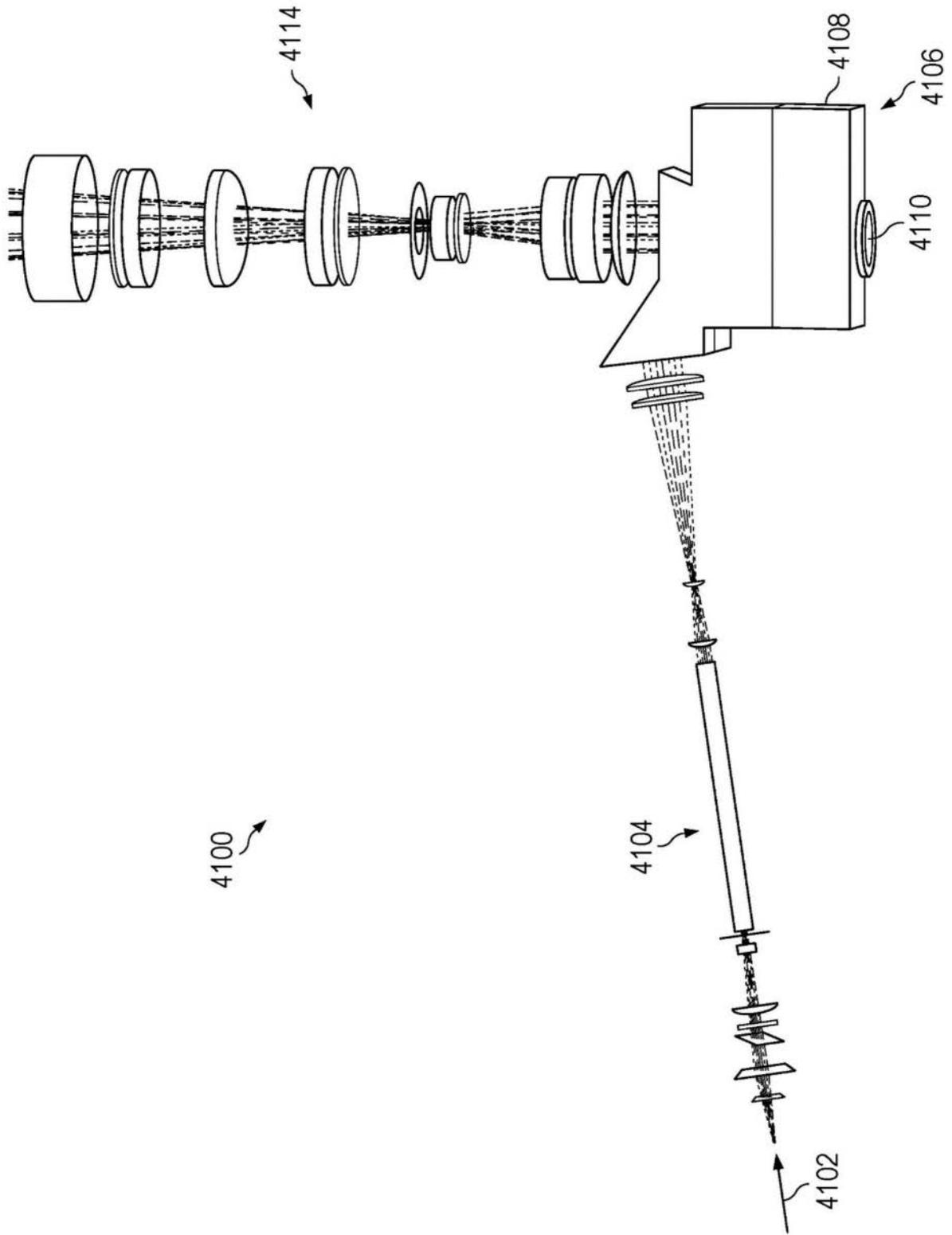


图41

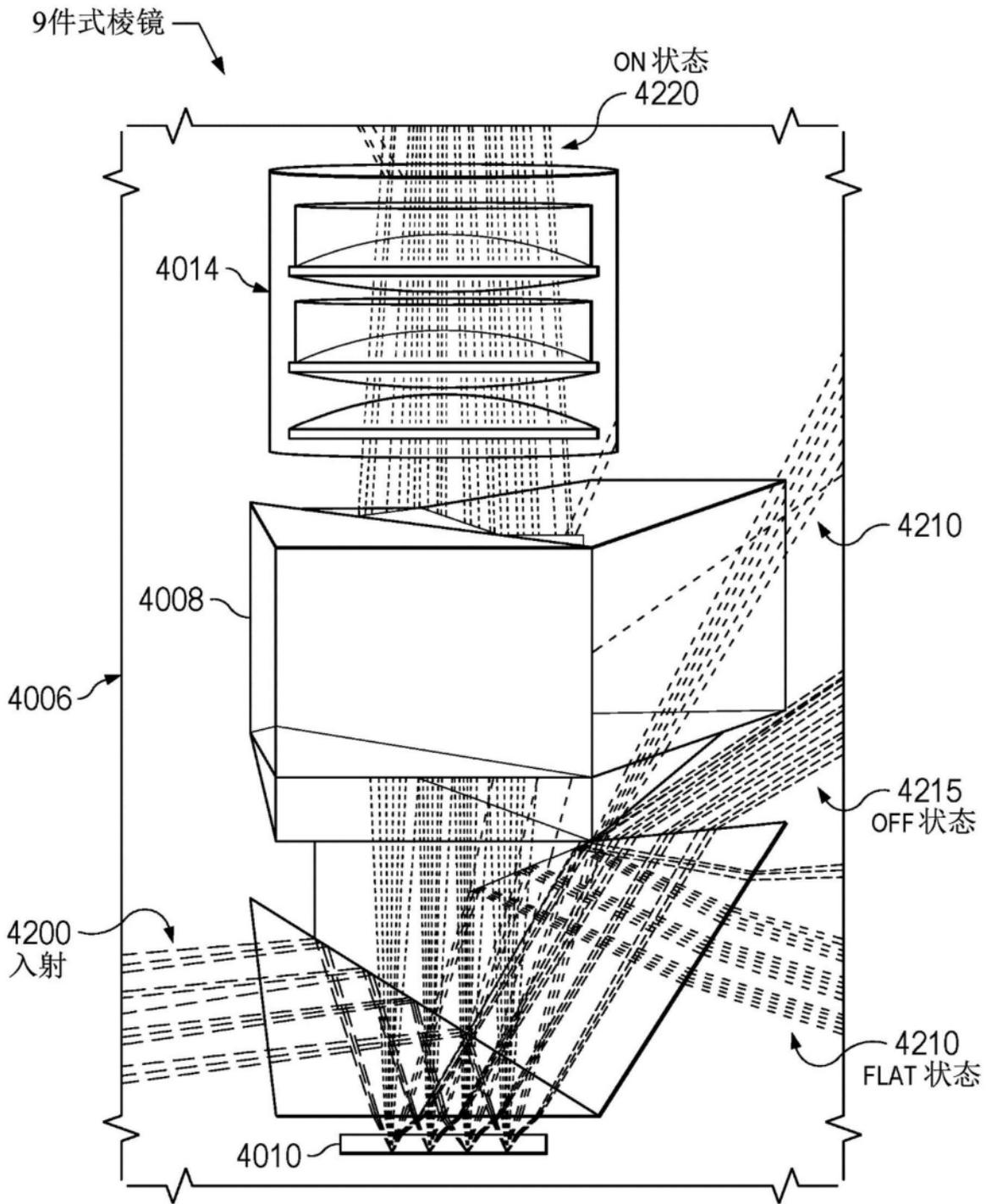


图42

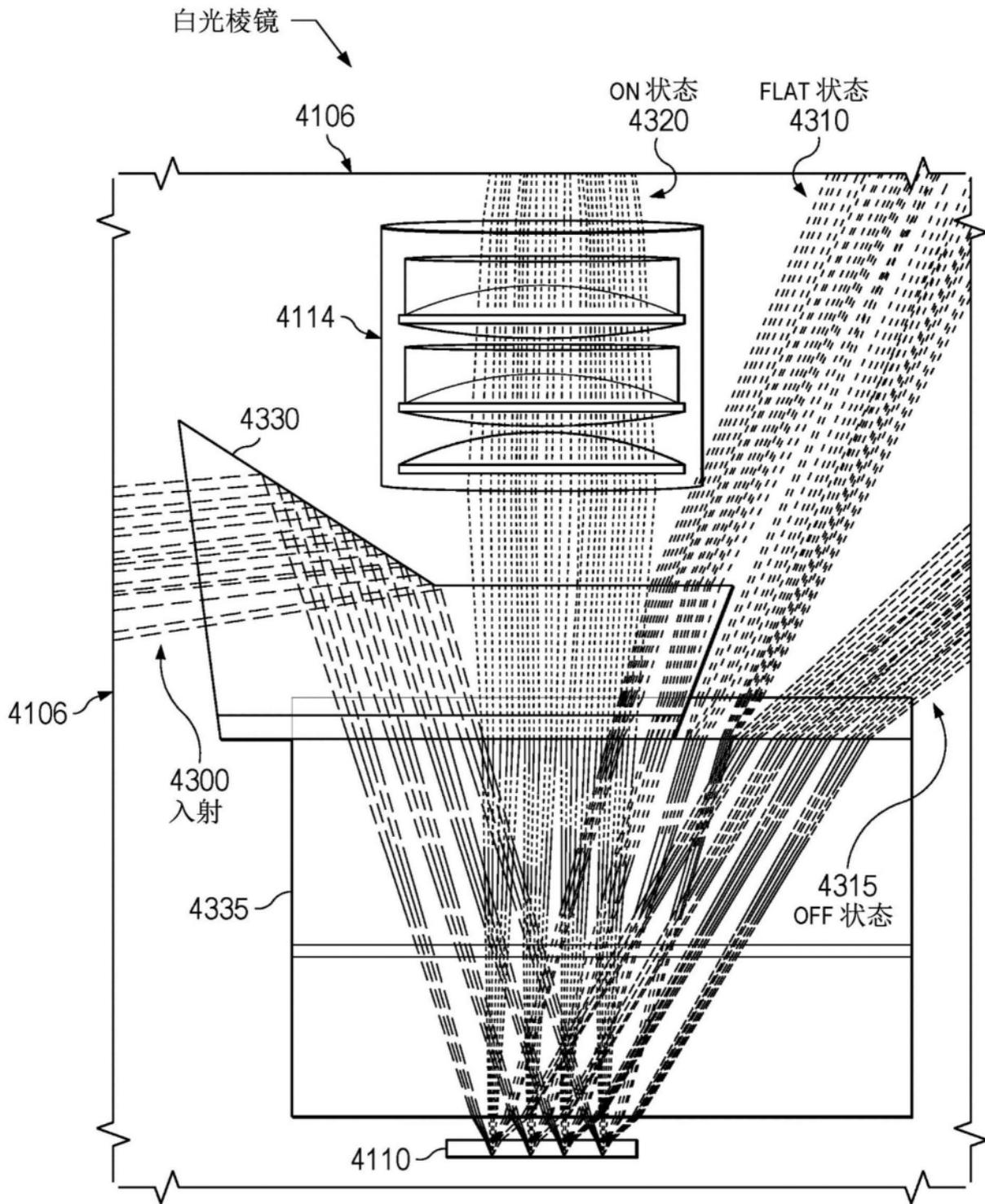


图43

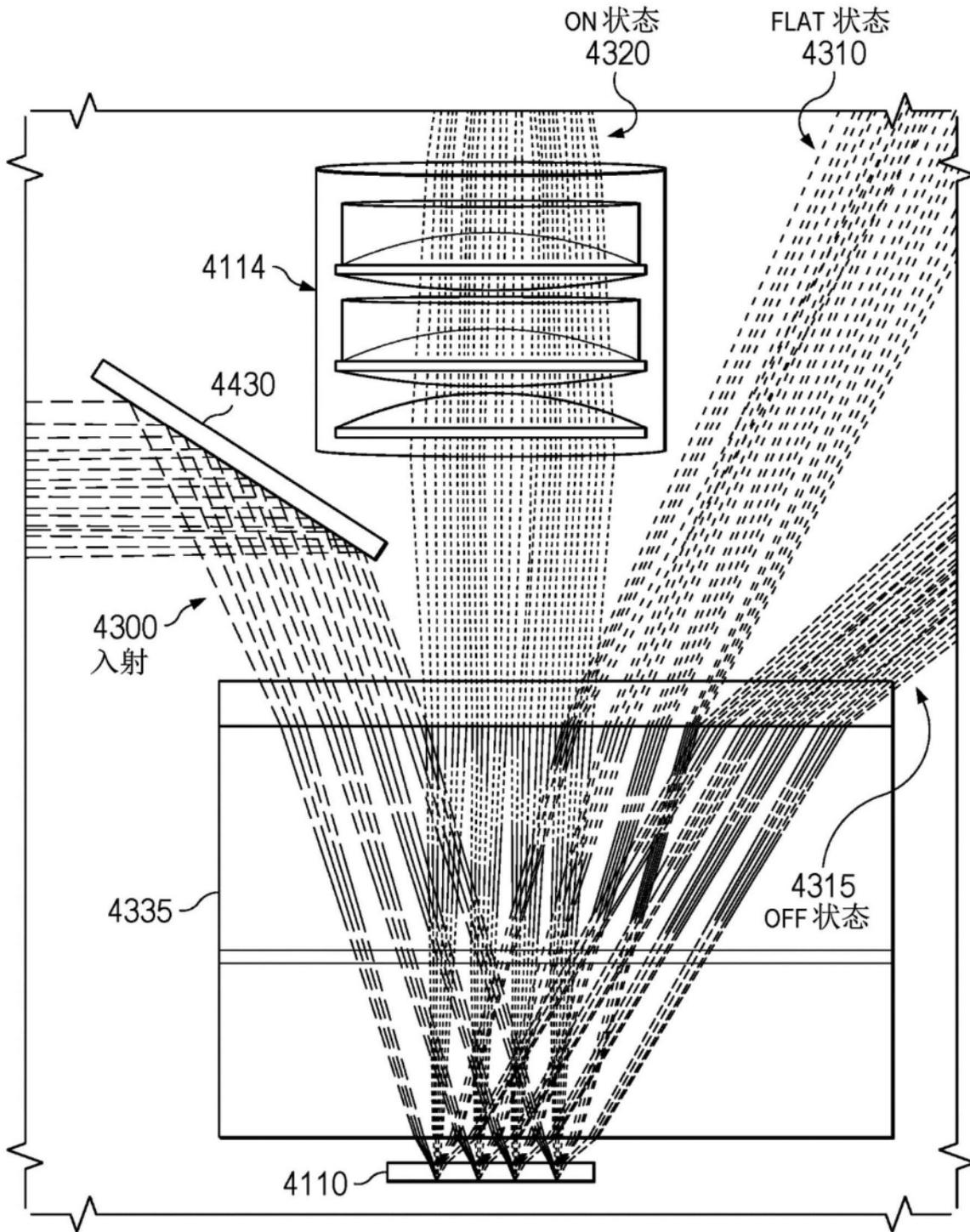


图44

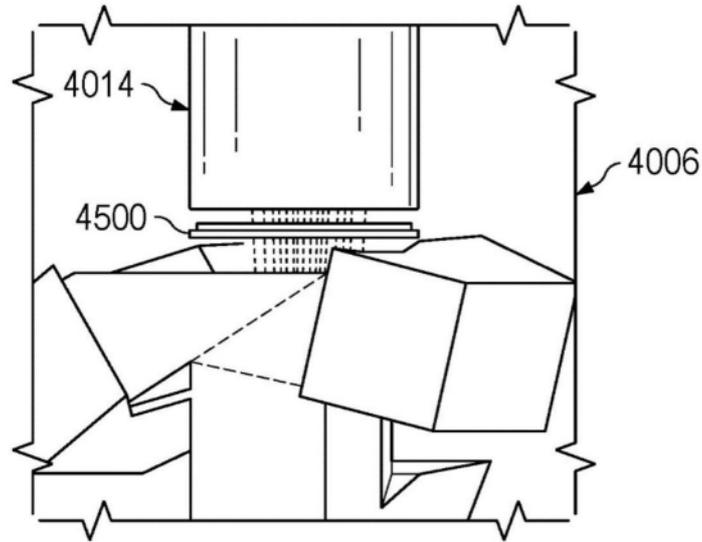


图45

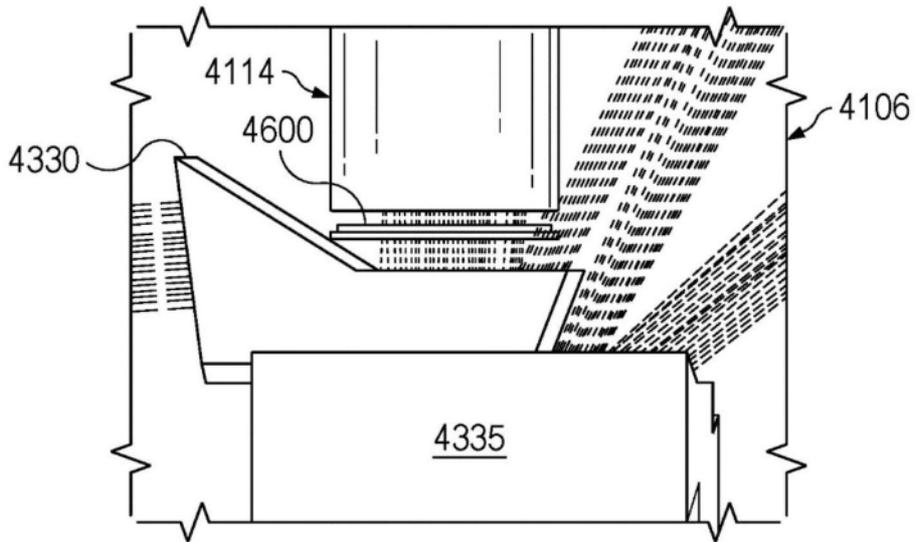


图46A

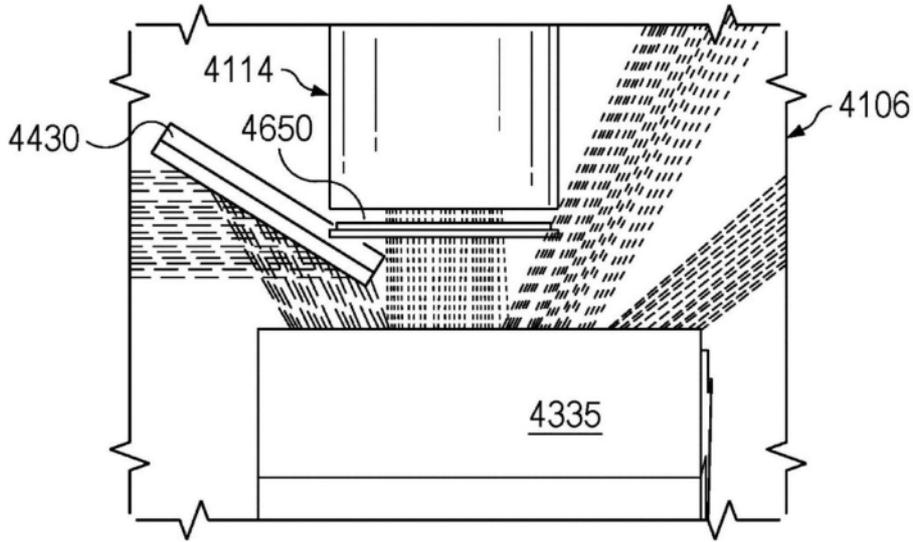


图46B

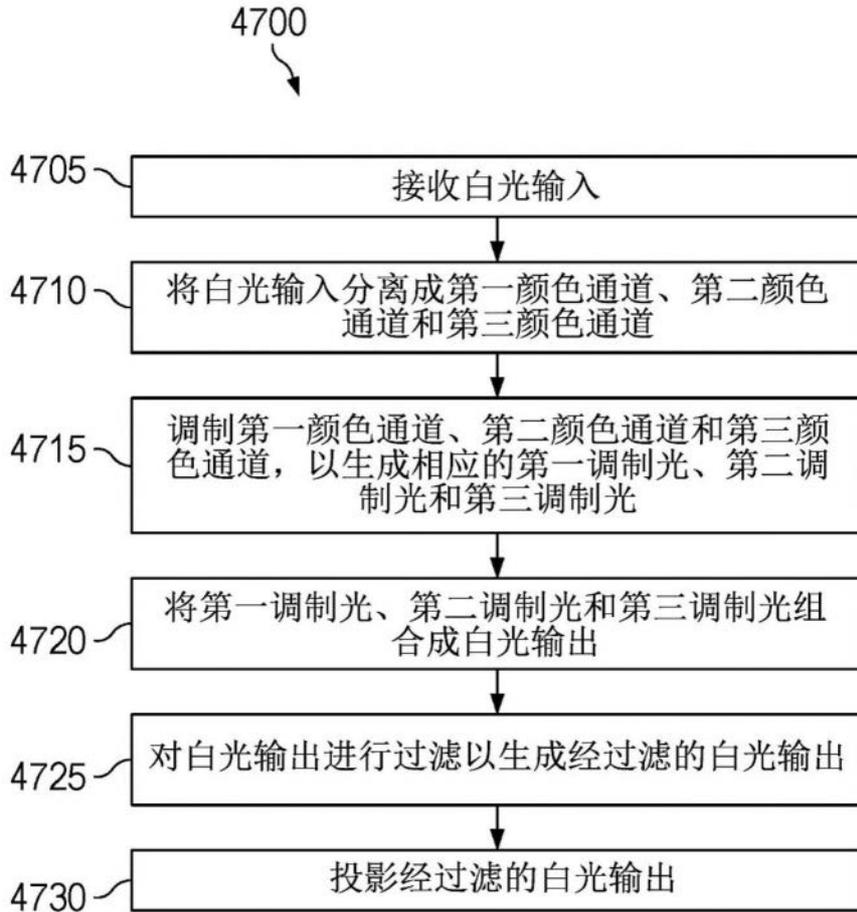


图47