



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104054336 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201380005840. 0

代理人 朱胜 李春晖

(22) 申请日 2013. 01. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04N 13/04 (2006. 01)

13/351, 470 2012. 01. 17 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/020736 2013. 01. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/109440 EN 2013. 07. 25

(71) 申请人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 巴里·D·西尔弗斯坦

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

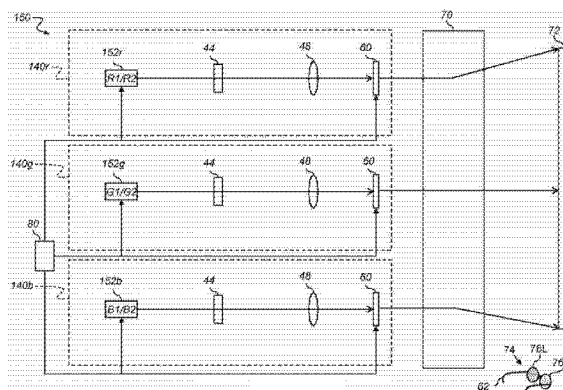
权利要求书3页 说明书26页 附图28页

(54) 发明名称

使用可调光发射器的立体投影系统

(57) 摘要

一种立体数字投影系统对包括第一眼图像和第二眼图像的立体图像进行投影。该系统包括一个或多个窄带固态可调光发射器，每一个均可控制以交替地提供对应的第一光谱带中的第一状态下的发射光以及对应的第二光谱带中的第二状态下的发射光。包括至少一个空间光调制器的图像形成系统用于通过调制来自可调光发射器的光来形成调制图像。控制器同步地控制可调光发射器的状态和空间光调制器像素，其中，当可调光发射器处于第一状态时，响应于第一眼图像数据而控制空间光调制器像素，而当可调光发射器处于第二状态时，响应于第二眼图像数据而控制空间光调制器。



1. 一种立体数字投影系统, 其将包括第一眼图像和第二眼图像的立体图像投影到显示表面上, 所述立体数字投影系统包括:

一个或多个窄带固态可调光发射器, 每一个均能够控制以交替地提供具有与相应的第一中心波长对应的第一光谱带的第一状态下的发射光以及具有与相应的第二中心波长对应的第二光谱带的第二状态下的发射光, 所述第一光谱带与所述第二光谱带基本不交叠;

包括至少一个空间光调制器的图像形成系统, 用于通过调制来自所述可调光发射器的光来形成调制图像, 每个空间光调制器均具有可控空间光调制器像素的阵列;

控制器, 同步地控制所述可调光发射器的状态以及所述空间光调制器像素, 其中, 当所述可调光发射器处于所述第一状态时, 响应于所述第一眼图像的图像数据来控制所述空间光调制器像素, 从而提供第一眼调制图像, 而当所述可调光发射器处于所述第二状态时, 响应于所述第二眼图像的图像数据来控制所述空间光调制器像素, 从而提供第二眼调制图像; 以及

投影光学器件, 用于将所述第一眼调制图像和所述第二眼调制图像传递至显示表面。

2. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述可调光发射器中的至少一个可调光发射器是可调激光器。

3. 根据权利要求 2 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述可调激光器包括微型机电系统 MEMS 可调控制装置。

4. 根据权利要求 2 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述可调激光器包括量子点。

5. 根据权利要求 2 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述可调激光器是双稳态激光器。

6. 根据权利要求 5 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述双稳态可调激光器是通过调整电流注入电平或电压电平来调节的。

7. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述可调光发射器中的至少一个可调光发射器是可调发光二极管 LED。

8. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 当控制所述可调光发射器以提供所述第一状态下的发射光时, 进一步控制所述可调光发射器以改变在相应的第一光谱带内的发射光的波长, 而当控制所述可调光发射器以提供所述第二状态下的发射光时, 进一步控制所述可调光发射器以改变在相应的第二光谱带内的发射光的波长, 从而提供散斑减少。

9. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述第一光谱带和所述第二光谱带均具有小于 15nm 的半峰全宽带宽。

10. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述第一光谱带和所述第二光谱带二者均落入红色光谱、绿色光谱或蓝色光谱内。

11. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统, 其中, 所述窄带固态可调光发射器包括:

红色可调光发射器, 能够调节和控制以交替地提供具有对应的第一红色光谱带的第一状态下的发射光以及具有对应的第二红色光谱带的第二状态下的发射光;

绿色可调光发射器, 能够调节和控制以交替地提供具有对应的第一绿色光谱带的第一状态下的发射光以及具有对应的第二绿色光谱带的第二状态下的发射光; 以及

蓝色可调光发射器, 能够调节和控制以交替地提供具有对应的第一蓝色光谱带的第一

状态下的发射光以及具有对应的第二蓝色光谱带的第二状态下的发射光；

并且其中，控制所述红色可调光发射器、所述绿色可调光发射器和所述蓝色可调光发射器在其相应的第一状态下发光以提供所述第一眼调制图像，并且控制所述红色可调光发射器、所述绿色可调光发射器和所述蓝色可调光发射器在其相应的第二状态下发光以提供所述第二眼调制图像。

12. 根据权利要求 11 所述的立体数字投影系统，其中，所述图像形成系统包括三个空间光调制器，对于所述红色可调光发射器、所述绿色可调光发射器和所述蓝色可调光发射器中的每一个，有一个所述空间光调制器与其相关联。

13. 根据权利要求 12 所述的立体数字投影系统，还包括光束组合系统，所述光束组合系统用于将由所述三个空间光调制器提供的光组合到公共光轴上以使用所述投影光学器件投影到所述显示表面上。

14. 根据权利要求 11 所述的立体数字投影系统，其中，第一白平衡操作用于对所述第一眼图像进行白平衡，并且不同于所述第一白平衡操作的第二白平衡操作用于对所述第二眼图像进行白平衡，所述第一白平衡操作适用于红色第一眼光谱带、绿色第一眼光谱带和蓝色第一眼光谱带中的发射光，以及所述第二白平衡操作适用于红色第二眼光谱带、绿色第二眼光谱带和蓝色第二眼光谱带中的发射光。

15. 根据权利要求 11 所述的立体数字投影系统，其中，第一颜色校正变换用于变换与所述第一眼图像相关联的数字图像数据，并且不同于所述第一颜色校正变换的第二颜色校正变换用于变换与所述第二眼图像相关联的数字图像数据，所述第一颜色校正变换适用于红色第一眼光谱带、绿色第一眼光谱带和蓝色第一眼光谱带中的发射光，并且所述第二颜色校正变换适用于红色第二眼光谱带、绿色第二眼光谱带和蓝色第二眼光谱带中的发射光。

16. 根据权利要求 1 所述的立体数字投影系统，还包括滤光眼镜，所述滤光眼镜包括：

第一眼滤光器，当所述一个或多个可调光发射器被控制以在所述第一状态下发射光时，所述第一眼滤光器透射多于 50% 的来自所述一个或多个可调光发射器的光，并且当所述一个或多个可调光发射器被控制以在所述第二状态下发射光时，所述第一眼滤光器透射少于 5% 的来自所述一个或多个可调光发射器的光；

第二眼滤光器，当所述一个或多个可调光发射器被控制以在所述第二状态下发射光时，所述第二眼滤光器透射多于 50% 的来自所述一个或多个可调光发射器的光，并且当所述一个或多个可调光发射器被控制以在所述第一状态下发射光时，所述第二眼滤光器透射少于 5% 的来自所述一个或多个可调光发射器的光；

所述第一眼滤光器和所述第二眼滤光器安装到其中的框架，所述框架适于将所述第一眼滤光器放置在观察者的第一眼的前方并且将所述第二眼滤光器放置在所述观察者的第二眼的前方。

17. 一种立体数字显示系统，其将包括第一眼图像和第二眼图像的立体图像显示在显示表面上，所述立体数字显示系统包括：

一个或多个窄带固态可调光发射器，每一个均能够控制以交替地提供具有与相应的第一中心波长相对应的第一光谱带的第一状态下的发射光以及具有与相应的第二中心波长相对应的第二光谱带的第二状态下的发射光，所述第一光谱带与所述第二光谱带基本不交

叠；

具有可控像素的阵列的图像显示系统，用于通过调制来自所述可调光发射器的光强度来在所述显示表面上形成显示图像；

控制器，同步地控制所述可调光发射器的状态以及所述可控像素，其中，当所述可调光发射器处于所述第一状态时，响应于所述第一眼图像的图像数据而控制所述可控像素，从而提供第一眼调制图像，而当所述可调光发射器处于所述第二状态时，响应于所述第二眼图像的图像数据而控制所述可控像素，从而提供第二眼调制图像。

18. 根据权利要求 19 所述的立体数字显示系统，其中，所述立体数字显示系统是立体数字投影系统。

19. 根据权利要求 19 所述的立体数字显示系统，其中，所述立体数字显示系统是立体数字软拷贝显示系统。

使用可调光发射器的立体投影系统

技术领域

[0001] 本发明涉及使用光谱相邻的光源来形成左眼图像和右眼图像的立体数字投影系统,更具体地,涉及使用可调光发射器提供光谱相邻的光源的立体数字投影系统。

背景技术

[0002] 为了被当作传统胶片投影仪的适合的替代物,数字投影系统必须满足对于图像质量的苛刻要求。这对于多色影院投影系统来说尤其如此。对传统的影院级投影仪的有竞争力的数字投影替换物必须满足高性能标准,从而提供高分辨率、广色域、高亮度和超过 2000:1 的帧序列对比率。

[0003] 立体投影是电影工业尤其关注的日益发展的领域。三维 (3D) 图像或感知的立体内容向消费者提供了增强的视觉体验,特别是在大型场馆中。使用胶片实现了传统的立体系统,其中,两组胶片与投影仪同时投影正交偏光,一组针对一只眼睛,这在本公开的上下文中被称为“左眼图像”和“右眼图像”。观众佩戴对应的正交偏光眼镜,该正交偏光眼镜在透射正交偏振光图像的同时针对每只眼睛阻挡一个偏振光图像。

[0004] 在电影工业正在过渡到数字成像的过程中,诸如 IMAX 的一些厂商继续使用双投影系统来提供高质量的立体图像。然而,最近,修改了传统的数字投影仪以使得能够进行 3D 投影。

[0005] 用于从这些数字投影仪形成立体图像的传统方法使用了用于区分左眼图像和右眼图像的两种主要技术之一。例如,由 Dolby 实验室使用的一种技术使用光谱或颜色空间分离。所使用的方法与在 Maximus 等人的题目为“Method and device for performing stereoscopic image display based on color selective filters”的美国专利 7,832,869 中所描述的方法类似,其中,使用颜色空间分离来区分左眼图像内容和右眼图像内容。使用基色红色、绿色、蓝色分量颜色来投影针对每只眼睛的图像,但是所使用的精确的红色、绿色、蓝色波长在左眼图像与右眼图像之间不同。为了实现该分离,在白光照射系统中使用滤光器来在帧时间的一部分内暂时地阻挡每种基色的部分。例如,针对左眼,将阻挡红色、绿色、蓝色 (RGB) 中的较短波长光谱一段时间。随后要针对另一只眼睛而阻挡红色、绿色、蓝色 (RGB) 中的较长波长光谱。将与每只眼睛相关联的适当的颜色调整后的立体内容呈现至针对这只眼睛的每个空间光调制器。观看者佩戴具有相应的滤光器组的观看眼镜,该滤光器组类似地将两个三色 (RGB) 光谱组中的仅一个透射至每只眼睛。

[0006] 第二种方法使用偏振光。授予 Svardal 等人的美国专利 6,793,341 中所公开的一种方法使用传递至两个单独的空间光调制器的两个正交偏振状态中的每一个。然后,同时投影来自两个调制器的偏振光。观看者佩戴针对左眼和右眼的偏光透射轴相对于彼此正交定向的偏光眼镜。

[0007] 每种方法均存在优点和缺点。例如,光谱分离方案的优点在于能够更容易地与较便宜的显示屏一起使用。利用光谱分离,调制器或者相关联的光学器件的偏振特性不会显著地影响性能。然而,所需要的滤光眼镜昂贵并且图像质量由于诸如角偏移、头部活动和倾

斜的因素而降低。昂贵的滤光眼镜也常遭受刮花损坏和被盗。包括使用通过 3M 公司的非蒸发方法制造的分层的光学膜的滤光眼镜设计的有前途的发展可以有助于解决成本问题并且使得光谱分离技术更节省成本。

[0008] 光谱分离方法的另一缺点涉及难以调整颜色空间以及由于滤光引起显著的光损失,从而导致所需的灯输出较高或者图像亮度降低。在 Silverstein 的题目为“Projector using independent multiple wavelength light sources”的美国专利申请公布 2009/0153752 中解决了滤光器损耗,其中,分束器组合独立的光谱相邻源以有效地引导至空间光调制器。此方法的一个缺点是,由于调制器在一定时间内仅可以提供眼睛图像,所以只有大约一半时间使用这些光源。虽然光源可能将具有较长的寿命,但是显示器的初始成本由于两组独立光源的成本需求而增加。

[0009] 利用用于分离左眼图像和有眼图像的偏振,可以更有效地使用光。在授予 Silverstein 等人的题目为“Stereo projection using polarized solid state light sources”的美国专利 7,891,816 以及授予 Silverstein 等人的题目为“Etendue maintaining polarization switching system and related methods”的美国专利 8,016,422 中描述了针对两种偏振状态完全使用光源的投影系统配置。然而,偏振技术的缺点在于通常使用结构化金属涂层的偏振保持屏幕的附加成本和灵敏性。这些涂层是高增益,这改进了轴上观看,但是对于离轴观看来说较差。此外,利用该方法的镜面反射会对一些观看者造成困扰。在使用相干光时该影响进一步加剧,这是因为相干光导致观看者觉察的较高水平的散斑 (speckle)。由于难以通过高角度光学器件保持高偏振控制以及对污垢和缺陷更灵敏,所以使用偏振光的投影仪通常更昂贵。因此,效率的任何增益会由其他问题在一定程度上抵消。

[0010] 照射效率的持续问题涉及集光率 (etendue),或者类似地涉及拉格朗日不变量。如光学领域中众所周知的那样,集光率涉及可以由光学系统处理的光量。大概地,集光率越大,图像越明亮。从数值上来说,集光率与两个因素 (即,图像面积和数值孔径) 的乘积成比例。就图 1 中所表示的具有光发射器 12、光学器件 18 和空间光调制器 20 的简化光学系统而言,光源的集光率是光源面积 A_1 与其输出角 θ_1 的乘积。同样地,空间光调制器 20 的集光率等于调制器面积 A_2 与其接收角 θ_2 的乘积。为了提高亮度,期望从光源 12 的区域提供尽可能多的光。作为一般原理,在光发射器 12 处的集光率与空间光调制器 20 处的集光率最紧密匹配时,光学设计是有利的。

[0011] 例如,增大数值孔径使集光率增加,以使得光学系统捕获更多的光。类似地,增大光源尺寸以使得在更大的区域上产生光,从而增大了集光率。为了使用在照射侧的增大的集光率,空间光调制器 20 的集光率必须大于或等于光源 12 的集光率。然而,通常,空间光调制器 20 越大,其成本就将越高。这在使用诸如 LCOS 和 DLP 部件的装置时尤其如此,其中,硅衬底和缺陷潜在性随着尺寸而增大。作为一般规则,集光率增大导致光学设计更复杂且成本更高。

[0012] 在光源的集光率与空间光调制器的集光率很好地匹配时,效率提高。集光率不太匹配意味着光学系统要么光量不足而不能向空间光调制器提供足够的光,要么效率低,从而实际上丢弃了针对调制而生成的光的相当大的部分。

[0013] 固态激光器有望改进集光率、持久性以及整体光谱和亮度稳定性。最近,诸如

VCSEL(垂直腔面发射激光器)激光器阵列的装置已经商业化,并且在以各种方式组合时展示了作为数字影院投影的潜在光源的一些前景。然而,亮度本身还不足够高;为了提供每种颜色所需的亮度,需要来自多达9个独立阵列的组合光。

[0014] 投影应用尤其关注的激光器阵列是各种类型的VCSEL阵列,包括来自美国加利福尼亚州的桑尼维尔的Novalux的VECSEL(垂直延长腔面发射激光器)和NECSEL(Novalux延长腔面发射激光器)装置。

[0015] 然而,即使激光器技术以及滤光器制备和成本得到改进,立体成像投影的方法的改进仍然存在相当大的空间。使用左眼图像和右眼图像的光谱分离的传统解决方案通常光量不足,这是由于最多所生成的光的仅一半可用于每只眼睛。因此,需要提供增大的光学效率以及降低的操作和设备成本的立体成像解决方案。

发明内容

[0016] 本发明提出了一种立体数字投影系统,其将包括第一眼图像和第二眼图像的立体图像投影到显示表面上,该立体数字投影系统包括:

[0017] 一个或多个窄带固态可调光发射器,每一个均能够控制以交替地提供具有与相应的第一中心波长相对应的第一光谱带的第一状态下的发射光以及具有与相应的第二中心波长相对应的第二光谱带的第二状态下的发射光,第一光谱带和第二光谱带基本不交叠;

[0018] 包括至少一个空间光调制器的图像形成系统,用于通过调制来自可调光发射器的光来形成调制图像,每个空间光调制器均具有可控空间光调制器像素的阵列;

[0019] 控制器,同步地控制可调光发射器的状态以及空间光调制器像素,其中,当可调光发射器处于第一状态时,响应于第一眼图像的图像数据而控制空间光调制器像素,从而提供第一眼调制图像,而当可调光发射器处于第二状态时,响应于第二眼图像的图像数据而控制空间光调制器像素,从而提供第二眼调制图像;以及

[0020] 投影光学器件,用于将第一眼调制图像和第二眼调制图像传递至显示表面。

[0021] 本发明具有下述优点:可调光发射器的使用通过减少所需部件的数量来降低系统成本。

[0022] 另外的优点在于:可调光发射器可以用来通过改变相关联的光谱带内的发射光的波长来提供散斑减少。

附图说明

[0023] 图1是示出了用于光学系统的集光率计算的因素的表示图;

[0024] 图2是示出了使用针对左眼图像和右眼图像的光谱分离的立体投影设备的示意性框图;

[0025] 图3A是示出了现有技术的颜色滚动顺序的示意图;

[0026] 图3B是示出了根据本发明的实施例的使用光谱相邻的色带的单通道颜色滚动顺序的示意图;

[0027] 图4A是示出了使用单个光束扫描器(beam scanner)来提供两个光谱相邻的色带的立体数字投影系统中的单色通道的部分的示意图;

[0028] 图4B是示出了使用单独的光束扫描器来提供每个光谱相邻的色带的立体数字投

影系统中的单色通道的部分的示意图；

[0029] 图 5 是示出了具有三个颜色通道的立体数字投影系统的示意图，每个颜色通道使用图 4A 的配置；

[0030] 图 6A 是示出了用于扫描单个色带的旋转棱镜的使用的示意图；

[0031] 图 6B 是示出了用于扫描两个色带的旋转棱镜的使用的示意图；

[0032] 图 6C 是示出了用于使用用于扫描两个色带的旋转棱镜的另一配置的示意图；

[0033] 图 7A 是示出了包括两个微透镜 (lenslet) 阵列的均匀化光学器件的示意图；

[0034] 图 7B 是示出了包括两个集成条的均匀化光学器件的示意图；

[0035] 图 8 是示出了根据本发明的实施例的光束扫描配置的示意图；

[0036] 图 9 是使用用于固态光发射器的阵列的组合光学器件并且具有三个颜色通道的立体颜色滚动数字投影系统的示意图；

[0037] 图 10 是使用两个空间光调制器的根据替选实施例的具有三个颜色通道的立体颜色滚动数字投影系统的示意图；

[0038] 图 11A 是示出了用于在交织布置中使用光谱分离的立体投影的光谱带的曲线图；

[0039] 图 11B 是示出了用于在替选的非交织布置中使用光谱分离的立体投影的光谱带的曲线图；

[0040] 图 12A 是示出了用于图 3A 的交织光谱带布置的右眼滤光器和左眼滤光器的光谱透射率的曲线图；

[0041] 图 12B 是示出了用于图 3B 的非交织光谱带布置的右眼滤光器和左眼滤光器的光谱透射率的曲线图；

[0042] 图 13 是示出了基于波长的立体成像系统中的串扰的来源的曲线图；

[0043] 图 14 是示出了在市售的滤光眼镜中使用的左眼滤光器和右眼滤光器的光谱透射特性的角度依赖性的曲线图；

[0044] 图 15A 和图 15B 是示出了具有二向色滤光器叠层 (filter stack) 的右眼滤光器的实施例的截面图；

[0045] 图 16A 是示出了使用二向色滤光器叠层的示例右眼滤光器的光谱透射率特性的曲线图；

[0046] 图 16B 是示出了由图 16A 的右眼滤光器提供的透射光的曲线图；

[0047] 图 16C 是示出了图 16A 的右眼滤光器的光谱反射率特性的曲线图；

[0048] 图 16D 是示出了由图 16A 的右眼滤光器提供的反射光的曲线图；

[0049] 图 17A 至图 17D 是示出了具有二向色滤光器叠层和一个或多个吸收滤光器层的右眼滤光器的实施例的截面图；

[0050] 图 18 是示出了适用于右眼滤光器的示例二向色滤光器叠层和示例吸收滤光器层的光谱透射率特性的曲线图；

[0051] 图 19A 是示出了将二向色滤光器叠层与吸收滤光器层组合的示例混合型右眼滤光器的光谱透射率特性的曲线图；

[0052] 图 19B 是示出了由图 19A 的混合型右眼滤光器提供的透射光的曲线图；

[0053] 图 19C 是示出了针对图 19A 的混合型右眼滤光器的光谱反射率特性的曲线图；

[0054] 图 19D 是示出了由图 19A 的混合型右眼滤光器提供的反射光的曲线图；

[0055] 图 20A 是示出了来自头部处于同一高度的两个观察者的滤光眼镜的反射光的光路径的示意图；

[0056] 图 20A 是示出了来自头部处于不同高度的两个观察者的滤光眼镜的反射光的光路径的示意图；

[0057] 图 21A 是示出了具有倾斜的滤光器元件的滤光眼镜的侧视图；

[0058] 图 21B 是示出了具有倾斜的滤光器元件的滤光眼镜的透视图；

[0059] 图 21C 是示出了具有用于调整倾斜的滤光器元件的倾斜角的铰链的滤光眼镜的侧视图；

[0060] 图 22 是示出了佩戴具有倾斜的滤光器元件的滤光眼镜的观察者的侧视图；

[0061] 图 23 是示出了来自头部处于不同高度的两个观察者的具有倾斜的滤光器元件的滤光眼镜的反射光的光路径的示意图；

[0062] 图 24 是示出了用于使用可调光发射器形成右眼图像和左眼图像的立体成像系统的一个颜色通道的示意图；以及

[0063] 图 25 是示出了用于使用可调光发射器形成右眼图像和左眼图像的彩色立体成像系统的示意图。

具体实施方式

[0064] 本发明包括本文中所描述的实施例的组合。提及“特定实施例”等是指本发明的至少一个实施例中存在的特征。单独提及“实施例”或“特定实施例”等不一定是指相同的一个或多个实施例；然而，这样的实施例不是相互排斥的，除非这样指出或者对于本领域技术人员而言显而易见。在提及“方法 (method)”或“方法 (methods)”等时对单数或复数的使用是非限制性的。应当注意的是，除非另外明确指出或者上下文要求，否则在本公开中以非排它性意义使用词语“或者”。

[0065] 本描述具体涉及形成根据本发明的设备的一部分的元件或者与根据本发明的设备更直接协作的元件。要理解的是，未具体示出或描述的元件可以采用本领域技术人员众所周知的各种形式。

[0066] 提供本文中所示出和描述的附图以说明根据本发明的操作原理而不是意图示出实际尺寸或比例而描绘。由于用于本发明的激光器阵列的组成部分的相对尺寸，所以需要一定的放大以便重点突出基本结构、形状及操作原理。此外，例如，未示出诸如用于放置并安装光学部件的部件的各种部件，以便更好地示出和描述与本发明的实施例更紧密相关的部件。

[0067] 在使用这些部件的情况下，术语“第一”、“第二”等不一定表示任何顺序或优先关系，而是可以仅仅用于更清楚地将一个元件与另一个元件区分开。

[0068] 如在本公开的上下文中使用一样，术语“颜色”、“波长带”和“光谱带”通常是同义的。例如，激光器或其他固态光源由其一般色谱（诸如，红色）来指代，而不是由其峰值输出波长（诸如，635nm）或其光谱带（诸如，630nm-640nm）来指代。在本公开的上下文中，不同的光谱带被认为是基本上不交叠的。

[0069] 等同地使用术语“观看者”或“观察者”来指代观看本发明的立体显示的人。术语“左眼图像”是指为了供观察者的左眼观看而形成的图像。相应地，术语“右眼图像”是指为

了供观察者的右眼观看而形成的图像。

[0070] 本发明的实施例实现了使用独立的相邻光谱源改进立体观看系统中的亮度的需求。

[0071] 在本发明的上下文中,术语“透射带”和“通带”被认为是等同的。

[0072] 在本发明的上下文中,术语“光谱相邻”涉及用于形成彩色图像的分量颜色(通常是红色、绿色、蓝色并且可以包括第四种颜色和其他附加颜色)的通用色谱内的邻近光谱带。每个分量颜色的对应的光谱相邻颜色位于同一色谱内,但是针对左眼图像和右眼图像具有不同的波长范围,以使得光谱带相对于波长基本上不交叠。

[0073] 图2是示出了立体数字投影系统110的主要部件中的一些部件的图像形成系统的示意性框图,立体数字投影系统110包括使用光谱分离来在观看屏幕或者其他类型的显示表面72上形成左眼图像和右眼图像的投影设备120。第一组右眼光发射器12R发射处于第一红色光谱带R1、第一绿色光谱带G1和第一蓝色光谱带B1中的光。右眼光发射器12R用于形成供观察者的右眼观看的右眼图像。类似地,第二组左眼光发射器12L发射处于第二红色光谱带R2、第二绿色光谱带G2和第二蓝色光谱带B2中的光。左眼光发射器12L用于形成供观察者的左眼观看的左眼图像。

[0074] 在优选实施例中,与左眼光发射器12L和右眼光发射器12R相关联的光谱带基本上彼此不交叠,以使得滤光眼镜74可以用于有效地将由左眼光发射器12L提供的与由右眼光发射器12R提供的分离。基本上不交叠是指来自一个光谱带的光谱功率对于另一光谱带不可忽略的任何波长都是可忽略的。即使在光谱带之间存在一些小范围的交叠,有时候也可以获得可接受的结果。实践中可以使用的一个准则是,来自一个光谱带的少于5%的光可以与其他光谱带交叠。

[0075] 滤光眼镜74包括左眼滤光器76L和右眼滤光器76R以及其中安装有被滤光的左眼滤光器76L和右眼滤光器76R的框架62。框架62适于将右眼滤光器76R放置在观察者的右眼的前方并且将左眼滤光器76L放置在观察者的左眼的前方。右眼滤光器76R具有适于透射来自右眼光发射器12R的R1、G1和B1光谱带中的光并且阻挡(即,吸收或反射)来自左眼光发射器12L的R2、G2和B2光谱带中的光的光谱透射特性。同样地,左眼滤光器76L具有适于透射来自左眼光发射器12L的R2、G2和B2光谱带中的光并且阻挡来自右眼光发射器12R的R1、G1和B1光谱带中的光的光谱透射特性。

[0076] 投影设备120可以具有两个分离的投影装置,一个具有意在用作对来自左眼光发射器12L的光进行投影的左眼成像路径的颜色通道,而另一个用作对来自右眼光发射器12R的光进行投影的右眼成像路径。然而,许多设计将左眼成像功能和右眼成像功能组合到单个投影仪中,诸如利用固有的准直特性的优点以及降低与诸如投影透镜的部件相关联的成本。本公开中的后续描述给出了关于使用颜色滚动来组合左眼成像路径与右眼成像路径的一种类型的投影仪的详细信息。图像投影领域的技术人员应理解的是,也存在可用于组合立体左眼图像和右眼图像的其他方法。本发明的实施例可以与利用光谱分离技术的多种类型的立体投影系统中的任一种一起使用。

[0077] 图3A的示意图针对非立体的投影设备而示出了如何在传统实践中使用颜色滚动序列来根据分量红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)光提供彩色图像。一系列图像帧28a、28b、28c、28d和28e被示为按不同时间布置。每帧包括在所示的示例中的垂直方向上移动的、分

别具有红色分量、绿色分量和蓝色分量的三个光带 34r、34g 和 34b,这三个光带在图像区域 32 上被扫描。随着带滚动离开图像帧的底部,其滚动至图像帧的顶部以使得 1/3 的图像帧在任何给定时间由各颜色分量覆盖。

[0078] 垂直滚动运动通常是优选的,因为水平滚动会受到观看者的左右移动的影响,从而色带可能变得可以察觉到。这经常被称为“彩虹效应”。该序列中的光带可以来自照射部件,扫描到空间光调制器上或者可以是来自空间光调制器的成像光。扫描动作以每秒多次的速率(例如,144Hz)、以观看者不易察觉的速率反复循环。如从该序列中可以看到,每个图像帧 28a、28b、28c、28d 和 28e 具有在不同图像区域上扫描的三个分量颜色中的每一个。在使用该序列形成的图像中,每帧在各个光带 34r、34g 和 34b 中具有红色、绿色和蓝色图像内容。

[0079] 可以容易理解,图 3A 的颜色滚动方案虽然可用于非立体彩色成像,但是难以用于立体彩色成像系统。提供立体彩色需要六个不同光谱带的滚动,两个针对每个分量颜色。每个源具有与其相关联的其自身集光率。用六个不同的源照射单个芯片,每个源还要求在它们之间存在间隙以防止串扰,并且根据与特定颜色相关联的颜色数据中的每个颜色数据考虑芯片转换时间会快速地利用可用的集光率或需要光学上快速的透镜。虽然这是可行的,但是不是期望的,因为严格地约束了投影仪亮度,并且光学器件的成本由于这样的布置而迅速提高。

[0080] 为了有助于改进图像质量并且传递更高的亮度,用于非立体成像的影院级投影系统通常采用针对每种颜色分离的颜色通道,通常提供红色通道、绿色通道和蓝色通道中的每一个。在每个颜色通道中设置空间光调制器。例如,该布置使得光学设计能够优化诸如滤光器和涂层的部件的设计和特征,以改进它们针对各个波长的光的性能。

[0081] 图 3B 示出了用于根据本发明的示例性实施例的立体投影系统的彩色扫描布置。在该配置中,单个分量颜色光谱中的光谱相邻的光谱带滚动跨越图像区域 32,而不是与如图 2 的布置中那样的不同颜色分量对应的带。在该示例中,根据本发明的实施例,光谱相邻的红色光谱带 R1 和 R2 作为光带 36a 和光带 36b 滚动跨越图像帧 38a、38b、38c 和 38d。R1 光谱带用于提供投影的立体图像的左眼图像并且 R2 光谱带用于提供投影的立体图像的右眼图像。如随后将更详细地描述的那样,针对立体图像的每个颜色通道提供类似的光谱滚动机制。此外,通过在其自身的颜色通道中保持同一颜色的光,可以继续针对各个颜色分量优化用于与特定颜色分量相关联的光学部件的光学涂层。

[0082] 图 4A 和图 4B 的示意图示出了与本发明的实施例一致的用于在单个颜色通道中对光谱相邻的颜色进行颜色滚动的红色通道 40r 的部分。光源 42a 发射 R1 光谱带内的光束,并且另一光源 42b 发射 R2 光谱带内的光束。照射光学器件 90 将基本上均匀的光带提供到空间光调制器 60 上以在两个光谱相邻的光谱带中的每个光谱带中进行调制。包括光束扫描器 50 的光束扫描光学器件 92 提供光带的循环滚动。要认识到的是,照射光学器件 90 可以包括多个透镜 48,其中部分透镜可以放置在均匀化光学器件 44 与光束扫描光学器件 92 之间,并且其他透镜放置在光束扫描光学器件 92 与空间光调制器 60 之间。在优选实施例中,照射光学器件 90 将均匀化光学器件 44 的输出面成像到空间光调制器 60 上,从而提供均匀的光带。该方法的优点是,光源 42a 和光源 42b 在投影期间可以连续工作,从而与其他立体投影方法相比提供了增大的光输出。

[0083] 在图 4A 的配置中,光束组合器 46 将来自光源 42a 和 42b 的光束组合到平行光轴上并且将空间相邻的光束引导到均匀化光学器件 44(诸如,一个或多个微透镜阵列或均匀化条)中,以提供基本上均匀的空间相邻的光束。光束扫描器 50 然后循环地滚动所组合的均匀光并且通过提供用于光束成像、成形和调节的照射光学器件 90 将所滚动的组合光束引导到空间光调制器 60 上。在图 4A 中,照射光学器件 90 被表示为透镜 48;然而,在各种实施例中,照射光学器件 90 可以包括不同的(或多个)光学部件。可以利用对至光束扫描器 50 的入射光束的空间或角度分离来提供防止光带之间的串扰所需的光束分离。在采用不同角度的情况下,通常期望在光束扫描器 50 的下游设置诸如二向色光束组合器的另一元件以将经扫描的光束返回到平行光轴上。

[0084] 空间光调制器 60 形成具有对应的光带 36a 和光带 36b 的图像帧 38。如之前描述的那样,循环地滚动光带 36a 和光带 36b。空间光调制器 60 具有可以根据图像数据单独地调制以提供成像光的像素阵列。根据左眼图像的图像数据调制由 R1 光谱带照射的空间光调制器像素,并且根据右眼图像的图像数据调制由 R2 光谱带照射的空间光调制器像素。

[0085] 在图 4B 的备选配置中,在来自光源 42a 和 42b 中的每个光源的光束中使用分离的均匀化光学器件 44 和光束扫描器 50 以提供两个经扫描的光束。然后,光束组合器 46 组合经扫描的光束以形成组合的扫描光束,使用照射光学器件 90 将该组合的扫描光束引导到空间光调制器 60 上。在这种情况下,光束扫描光学器件 92 包括两个光束扫描器 50。

[0086] 图 5 的示意图示出了具有三个颜色通道(即,红色通道 40r、绿色通道 40g 和蓝色通道 40b)的立体数字投影系统 100。红色通道 40r 包括光谱相邻的红色光谱带 R1 和 R2;绿色通道 40g 包括光谱相邻的绿色光谱带 G1 和 G2;以及蓝色通道 40b 包括光谱相邻的蓝色光谱带 B1 和 B2。投影光学器件 70 将来自三个空间光调制器 60 的成像光传递到显示表面 72。观看者通过具有用于左眼的左眼滤光器 76L 和用于右眼的右眼滤光器 76R 的滤光眼镜 74 观察显示表面 72。左眼滤光器 76L 选择性地透射用于左眼图像的成像光(即, R1 光谱带、G1 光谱带和 B1 光谱带中的光),同时阻挡(通过吸收或反射)用于右眼图像的成像光(即, R2 光谱带、G2 光谱带和 B2 光谱带中的光)。类似地,右眼滤光器 76R 选择性地透射用于右眼图像的成像光(即, R2 光谱带、G2 光谱带和 B2 光谱带中的光),同时阻挡用于左眼图像的成像光(即, R1 光谱带、G1 光谱带和 B1 光谱带中的光)。

[0087] 控制器系统 80 根据立体图像的图像数据来同步地调制每个空间光调制器 60 的像素。控制器系统 80 还耦接至光束扫描器 59 以使其知道在任何给定时间由不同的光谱相邻带照射哪些空间光调制器像素。根据左眼图像的图像数据来调制由第一光谱带照射的空间光调制器像素,并且根据右眼图像的图像数据来调制由第二光谱带照射的空间光调制器像素。由于第一光谱带和第二光谱带持续地滚动,所以利用左眼图像和右眼图像的图像数据调制的空间光调制器像素的子集也持续地变化。

[0088] 投影光学器件 70 可以组合来自三个颜色通道的光束(例如,使用光束组合光学器件),并且通过单个投影透镜投影所组合的光束。可替代地,投影光学器件 70 可以使用三个分离的投影透镜以分别地将每个颜色通道以准直的形式投影到显示表面 72 上。

[0089] 如参照图 4A 和图 4B 较早地指出的那样,包括一个或多个光束扫描器 50 的光束扫描光学器件 92 可以被配置成使用多种不同的布置来提供滚动的光带,并且可以放置在沿着照射路径的任何适当点处。与本发明的一个实施例一致,图 6A 示出了包括单个扫描元件

(即,旋转棱镜 52) 的光束扫描器 50 的示意图。在该配置中,可以针对每个分量颜色带中的光谱相邻的光谱带中的每一个来设置旋转棱镜 52。通过折射,棱镜 52 的旋转重定向此处针对 R1 光谱带所示出的光束,使得光束位置循环地滚动跨越空间光调制器 60。例如,在图 4B 中示出的颜色通道实施例中使用时图 6A 的布置。

[0090] 在图 6A 的顶部图中,放置有棱镜 52 以使得入射光束正常地入射至棱镜的面上。在此情况下,光束以未偏转的方式通过棱镜 52。在中间图中,棱镜 52 围绕轴 0 旋转以使得光束以倾斜的角度入射到棱镜的面上。在此情况下,光束向下折射以使得其在较低的位置处横穿空间光调制器。在下部图中,棱镜 52 旋转以使得入射光束现在撞击棱镜 42 的不同面。在此情况下,光束向上折射以使得其在较高的位置横穿空间光调制器 60。应当注意,入射光束通常将具有相当大的空间(和角度)范围,使得在一些棱镜方位下入射光束中的部分光线可撞击棱镜的不同面。以该方式,部分光线将向上偏转,同时其他光线向下偏转。这提供了如图 3B 的图像帧 38e 中示出的在图像帧的上部与下部之间要分离的光带。

[0091] 图 6B 是示出了光束扫描器 50 的备选实施例的示意图,其中,旋转棱镜 52 同时扫描单色通道中的两个光谱相邻的光谱带(在该示例中,光谱带 R1 和 R2) 的光带。该配置适用于图 4A 的示例实施例中。在该情况下,R1 光谱带和 R2 光谱带的光束入射至棱镜 52 上。随着棱镜 52 旋转,两个光束通过折射而同时重定向。

[0092] 图 6C 是示出了光束扫描器 50 的另一备选实施例的示意图,其中,旋转棱镜 52 同时扫描单色通道中的两个光谱相邻的光谱带(在该示例中,光谱带 R1 和 R2) 的光带。在该情况下,入射至旋转棱镜上的光束来自两个不同的角度方向。均匀化光学器件 44 用于对光谱相邻的光束中的每一个进行均匀化。在该示例中,均匀化光学器件 44 包括集成条 58。照射光学器件 90 被分成第一级 94 和第二级 96,每个级均包括多个棱镜 48。在该配置中,第一级 94 中的棱镜 48 被布置成提供集成条 58 的输出面与棱镜 52 之间的远心率(telecentricity)。类似地,第二级 96 中的棱镜 48 被布置成提供棱镜 52 与空间光调制器 60 之间的远心率。包括一个或多个二向色表面 84 的二向色组合器 82 用于将经扫描的光束引导至平行光轴上以照射空间光调制器 60。

[0093] 图 6C 的多角几何结构与由 Conner 在题目为“Projection system with scrolling color illumination”的美国专利 7,147,332 中教导的多角几何结构类似。Conner 教导了利用不同的色带同时照射空间光调制器的不同部分的具有滚动棱镜组件的投影系统。将白光划分成在不同的方向上通过滚动棱镜传播的不同色带。反射地组合滚动的色带以使得不同色带平行穿过滚动棱镜组件。然而,Conner 没有教导滚动来自独立光源的光谱相邻的光谱带以提供立体投影。

[0094] 旋转棱镜或其他折射元件是可以用于光束扫描器 50 的一种类型的装置。如在光学中所理解的那样,在本文中使用术语“棱镜”或“棱镜元件”来指代透明的光学元件,该透明的光学元件通常是具有光入射到其上的平坦表面的 n 边多面体的形式并且由折射光的透明固体材料形成。要理解的是,就形状和表面轮廓而言,构成棱镜的光学理解比棱镜的正式几何定义限制少并且包括该更正式的定义。虽然图 6A 至图 6C 描绘了具有方形截面的矩形棱镜,但是在许多示例中,期望具有不止四个面以便提供改进的扫描结果。例如,可以在各个实施例中使用时图 6A 的布置。

[0095] 可以用于光束扫描器 50 的备选类型的部件包括旋转反射镜或者平移穿过光束路

径并且提供可变光折射的其他反射部件、装置、诸如检流计驱动的反射镜的往复式元件或枢转棱镜、反射镜或透镜。

[0096] 当使用多光束扫描器 50 时,关键的是使所有的光束扫描器 50 的旋转同步、随后使与不同光谱带相关联的图像数据同步。未描绘的一种方法是配置光学布置以使得使用单个电动机来控制用于至少两个光束扫描器 50 的移动光学元件。例如,单个轮轴可以用于使用单个电动机来驱动多个棱镜 52。在一些实施例中,单个旋转棱镜 52 可以用于通过引导光束从多个方向通过棱镜 52 或者通过引导光束通过棱镜 52 的不同部分来扫描多个光谱带(如图 6B 中所示)。

[0097] 如图 4A、图 4B 和图 5 的示例中所示,可以使用光束组合器 46 来使用于光谱相邻的光谱带的光束路径彼此准直以照射空间光调制器 60。光束组合器 46 可以是二向色光束组合器,或者可以使用本领域中已知的任何其他类型的光束组合光学器件。

[0098] 均匀化光学器件 44 调节来自光源 42a 和光源 42b 的光束以提供基本上均匀的光束来进行扫描。在本公开的上下文中,术语“基本上均匀”是指入射到空间光调制器 20 上的光束的强度对观察者来说仿佛视觉上是均匀的。在实践中,均匀化光束的强度应当保持恒定在约 30% 内,其中发生的大多数变化是光级朝向均匀化光束的边缘较低。可以使用本领域中已知的任何类型的均匀化光学器件 44,包括集成条或微透镜阵列。

[0099] 图 7A 示出了可以用于图 4A 的实施例的均匀化光学器件 44 的示例。均匀化光学器件 44 使用一对微透镜阵列 54 以均匀化光束。空间相邻的光束之一(例如,针对 R1 光谱带)通过微透镜阵列 54 的上半部分,而其他空间相邻的光束(例如,针对 R2 光谱带)通过微透镜阵列 54 的下半部分。不透明块 56 设置在光谱相邻的光谱带的光束之间,以有助于防止串扰。以该方式,可以每个色带使用单个微透镜阵列结构,从而减少成本。

[0100] 图 7B 示出了可以用于图 4A 的实施例的均匀化光学器件 44 的另一示例。在该情况下,均匀化光学器件 44 使用一对集成条 58 来均匀化光束。空间相邻的光束之一(例如,针对 R1 光谱带)通过上部集成条 58,而其他空间相邻的光束(例如,针对 R2 光谱带)通过下部集成条 58。

[0101] 如较早提及的那样,在优选实施例中,使用照射光学器件 90 将均匀化光学器件 44 的(一个或多个)输出面成像到空间光调制器 60 上,其中,成像光通过光束扫描光学器件 92。对本领域技术人员来说明显的是,照射光学器件 90 的许多不同配置可以用于提供该特征。图 8 示出了其中照射光学器件 90 被划分成第一级 94 和第二级 96 的一个实施例,每级均包括两个透镜 48。第一级 94 中的透镜 48 在与作为光束扫描器 50 的部件的棱镜 52 的位置相对应的中间图像平面 98 处形成集成条 58 的输出面的图像。第二级 96 在空间光调制器 60 上形成中间图像平面 98 的图像,从而提供基本上均匀的光带 36a 和光带 36b。随着棱镜 52 旋转,光带扫描跨越空间光调制器。透镜 48 可以用于根据棱镜 52 的大小调整中间图像的放大率,并且根据空间光调制器 60 的大小调整所扫描的光带的放大率。

[0102] 控制器系统 80(图 5)根据立体图像的图像数据同步地调制每个空间光调制器 60 的像素。控制器系统 80 中的逻辑使左眼图像内容和右眼图像内容的图像数据与各光带 36a 和光带 36b 的对应位置相协调。控制器系统 80 可以例如是与投影系统相关联的计算机或者专用处理器或微处理器,或者可以以硬件实现。

[0103] 本发明的实施例非常适于使用固态光源,诸如激光器、发光二极管(LED)以及其

他窄带光源,其中,窄带光源被定义为具有不大于约 15nm FWHM(半峰全宽)并且优选地不大于 10nm 的光谱带宽的光源。可以使用的其他类型的光源包括量子点光源或者有机发光二极管(OLED)光源。在其他实施例中,可以使用一个或多个白光光源以及用于获得每个颜色通道期望的光谱内容的相应滤光器。用于将多色光或白光分成各个色谱的光的方法对于图像投影领域的技术人员来说是众所周知的,并且例如可以采用利用用于光调节和传递的完善技术的标准装置,诸如合色(X-cube)棱镜和 Phillips 棱镜。

[0104] 使用激光器在减小光谱相邻的光谱带的带宽方面提供了明显的优势,从而允许在相邻带之间的更大间隔以及增加色域。这是期望的原因在于,在每只眼睛上的滤光器不可避免地角度敏感,从而滤光器边缘过渡的波长由于非垂直入射而偏移。该角度敏感性是所有光学滤光器设计中公知的问题。因此,使用减少的带宽发射有助于解决此问题,从而使得该普遍的偏移能够发生而基本上不影响串扰。许多激光器具有大约 1nm 的带宽。虽然这可能看起来是理想的,但是存在得益于较宽的光谱带的其他因素,诸如散斑减少。(散斑是由于来自光学部件上的缺陷的相干光的干涉而产生的)。虽然使用任何类型的光源都会出现散斑,但是在诸如 LED 的窄带光源的情况下散斑最明显,以及在激光器的情况下甚至更加明显。作为在减少对散斑的敏感性的同时提供足够的光谱分离的折衷,更理想的带宽会在 5nm 至 10nm 之间。15nm 至 20nm 之间的光谱间隔通常足以减轻滤光器角度敏感性问题。

[0105] 图 9 的示意图示出了使用用于投影光学器件 70 的共同光学路径的立体数字投影系统 100。立体数字投影系统包括红色通道 40r、绿色通道 40g 和蓝色通道 40b。每个颜色通道包括针对一对光谱相邻的光谱带的一个或多个光源阵列(例如,激光器阵列源)。光源 42a 发射左眼光谱带(R2、G2 和 B2)中的光束,以及光源 42b 发射光谱相邻的右眼光谱带(R1、G1 和 B1)中的光束。在每个颜色通道中使用光重定向棱镜 30 以将来自光源 42a 和光源 42b 的光束重定向到共同方向上以形成包括用于右眼光谱带和左眼光谱带(例如, R1 光谱带和 R2 光谱带)的空间相邻光束的组合光束。来自右眼光谱带(例如, R1 光谱带)的光束将聚集在组合光束的一侧,并且来自左眼光谱带(例如, R2 光谱带)的光束将聚集在组合光束的另一侧。在前面提及的共同转让的、共同未决的 Silverstein 的题目为“Projector using independent multiple wavelength light sources”的美国专利申请公布 2009/0153752 中描述了可以用于此目的的一种类型的光重定向棱镜 30。

[0106] 用于每个分量颜色通道的组合光束被引导通过均匀化光学器件 44、光束扫描光学器件 92 和照射光学器件 90,并且从二向色表面 68 反射以将经扫描的第一光带 36a 和第二光带 36b 提供到对应的空间光调制器 60 上。控制器系统 80(图 5)根据立体图像的图像数据同步地调制空间光调制器像素,其中,根据左眼图像的图像数据来调制由第一光带(例如, R1)照射的空间光调制器像素并且根据右眼图像的图像数据来调制由第二光带(例如, R2)照射的空间光调制器像素。

[0107] 由空间光调制器 60 提供的经调制的成像光束透过二向色表面 68,并且使用具有多个二向色表面 84 的二向色组合器 82 来将其组合到公共光轴上。使用投影光学器件 70 将组合光束投影到显示表面(未示出)上以便佩戴滤光眼镜 74 的观察者观看(图 5)。

[0108] 图 9 中所示的实施例使用三个空间光调制器 60,针对每个分量颜色通道(即,红色、绿色和蓝色),有一个空间光调制器 60。利用具有特定分量颜色通道中的光谱相邻的光谱带的滚动光带照射每个空间光调制器 60。空间光调制器往往是立体数字投影系统 100 的

更昂贵且复杂的部件之一。

[0109] 图 10 示出了仅使用两个空间光调制器 60L 和 60R 的立体数字投影系统 110 的替选实施例的示意图,一个空间光调制器与左眼图像形成系统 41L 相关联,并且另一个空间光调制器与右眼图像形成系统 41R 相关联。左眼图像形成系统 41L 包括三个左眼光源 43L,每个左眼光源针对每个分量颜色光谱 (R1、G1 和 B1)。类似地,右眼图像形成系统 41R 包括三个右眼光源 43R,每个右眼光源针对每个分量颜色光谱 (R2、G2 和 B2)。右眼光源 43R 与对应的左眼光源 43L 光谱相邻。

[0110] 每个图像形成系统均包括均匀化光学器件 44、光束扫描光学器件 90 和二向色表面 68 以将经扫描的光束引导至空间光调制器 60L 和 60R 上。在此情况下,左眼图像形成系统 41L 提供分别与红色光谱带、绿色光谱带和蓝色光谱带 (R1、G1 和 B1) 相对应的三个经扫描的光带 34r、34g 和 34b。同样地,右眼图像形成系统 41R 提供分别与红色光谱带、绿色光谱带和蓝色光谱带 (R2、G2 和 B2) 相对应的三个经扫描的光带 35r、35g 和 35b。

[0111] 控制器系统 (未示出) 根据左眼图像的图像数据同步地调制左眼图像形成系统 41L 中的空间光调制器 60L 的像素,其中,根据左眼图像的针对对应的颜色通道的图像数据来调制由每个光带 (R1、G1 和 B1) 照射的像素。同样地,控制器系统根据右眼图像的图像数据来同步地调制右眼图像形成系统 41R 中的空间光调制器 60R 的像素,其中,根据左眼图像的针对对应的颜色通道的图像数据来调制由每个光带 (R2、G2 和 B2) 照射的像素。

[0112] 包括二向色表面 84 的二向色组合器 82 用于将来自左眼图像形成系统 41L 和右眼图像形成系统 41R 的成像光组合到公共光轴上以便于使用投影光学器件 70 投影到显示表面上。二向色表面 84 优选地是具有透射与右眼光源 43R 的成像光对应的光谱带 (R2、G2 和 B2)、而反射与左眼光源 43L 的成像光对应的光谱带 (R1、G1 和 B1) 的一系列凹口 (notch) 的光谱梳状滤光器。可以使用本领域中已知的任何技术来制造光谱梳状滤光器,诸如多层薄膜二向色滤光器涂层方法和共挤拉伸的聚合物薄膜结构制造方法。可以用来提供用作二向色表面 84 的光谱梳状滤光器的另一类型的二向色滤光器是皱褶滤光器 (rugate filter) 设计。皱褶滤光器是具有深且窄的抑制带同时也对剩余的光谱提供高且平的透射的干涉滤光器。使用贯穿光学薄膜层产生连续变化的折射指数的制造工艺来制造皱褶滤光器。与用具有不同折射指数的材料的离散层制造的标准凹口滤光器相比,皱褶滤光器以低纹波和无谐波反射为特征。

[0113] 作为示例而不作为限制,表 1 和表 2 列出了根据本发明的实施例的示例光谱相邻的光谱带。

[0114] 表 1. 示例性交织的光谱相邻的光谱带

[0115]

分量颜色	右眼图像光谱带	左眼图像光谱带
红色	625 - 640nm	655 - 670nm
绿色	505 - 520nm	535 - 550nm
蓝色	442 - 456nm	470 - 484nm

[0116] 表 2. 示例性非交织的光谱相邻的光谱带

[0117]

分量颜色	右眼图像光谱带	左眼图像光谱带
红色	625 - 640nm	655 - 670nm
绿色	535 - 550nm	505 - 520nm
蓝色	442 - 456nm	470 - 484nm

[0118] 图 11 示出了根据表 1 布置的对于每个分量颜色的针对右眼的光谱带 R1、G1 和 B1 以及针对左眼的光谱带 R2、G2 和 B2。每个光谱带均具有对应的中心波长 (λ_{R1} 、 λ_{G1} 、 λ_{B1} 、 λ_{R2} 、 λ_{G2} 、 λ_{B2}) 以及对应的带宽 (W_{R1} 、 W_{G1} 、 W_{B1} 、 W_{R2} 、 W_{G2} 、 W_{B2})。对于图 11A 布置, 光谱带遵从根据各个光谱带的中心波长的交织顺序: $\lambda_{B1} < \lambda_{B2} < \lambda_{G1} < \lambda_{G2} < \lambda_{R1} < \lambda_{R2}$ 。

[0119] 可以使用适合于光谱带的宽度度量来表征带宽。通常, 带宽被定义为光谱带的下边缘 (即, “上切边 (cut-on edge)”) 与光谱带的上边缘 (即, “下切边 (cut-off edge)”) 之间的波长间隔。在优选的实施例中, 带宽是半峰全宽带宽, 其中, 下边缘和上边缘对应于光谱带中的光谱功率降至其峰值水平的一半的波长。在其他实施例中, 可以根据其他准则确定下边缘和上边缘。例如, 可以将边缘定义为光谱功率降至不同于峰值水平的一半的指定水平 (例如, 10% 的功率水平或 25% 的功率水平) 的波长。替选地, 可以使用光谱带的宽度的一些其他度量来表征带宽 (例如, 光谱带的光谱功率分布的多个标准偏差)。

[0120] 在图 11A 所示的示例中, 每个光谱带的带宽大约是 10nm 至 15nm, 而相邻光谱带之间的间隔是 15nm 以上。各种实施例可以使用具有不同带宽的光发射器, 或者在相邻的光谱带之间可以具有不同间隔。用于数字投影系统的典型光发射器的最小带宽是约 1nm, 从而对应于单个激光器的带宽。

[0121] 可以使用针对光谱带的集中趋势的适当度量来表征光谱带的中心波长。例如, 在各种实施例中, 中心波长可以是光谱带的峰值波长、光谱带的中心波长或者下边缘波长与上边缘波长的平均值。

[0122] 图 11B 示出了根据表 2 布置的对于每个分量颜色的针对右眼的光谱带 R1、G1 和 B1 以及针对左眼的光谱带 R2、G2 和 B2。在这种情况下, 光谱带遵循根据相应光谱带的中心波长的非交织排序: $\lambda_{B1} < \lambda_{B2} < \lambda_{G2} < \lambda_{R1} < \lambda_{R2}$ 。如随后将更详细描述的那样, 图 11B 布置中的 G1 光谱带和 G2 光谱带相对于图 11A 布置中的排序的重新布置通常有利于简化滤光眼镜涂层设计以及其它目的。

[0123] 应当注意, 在右眼成像路径与左眼成像路径之间通常存在与使用不同的红基色、绿基色和蓝基色相关联的轻微的色域差。因此, 包括白平衡和颜色校正变换的不同颜色处理通常需要考虑与用于左眼成像路径和右眼成像路径的基色相关联的光谱带。例如, 可以通过调整一个或多个光发射器的亮度、通过对各个颜色通道施加变换、通过调整照射定时或者通过使用过滤以调整颜色强度来进行白平衡。颜色校正变换用于确定针对每个颜色通道的控制信号以产生与一组输入颜色值相关联的期望颜色外观。颜色校正变换通常还将包括某种形式的色域映射以针对输入颜色值在与用于左眼成像路径和右眼成像路径的基色相关联的色域之外的情况确定适合的输出颜色。可以通过应用颜色校正矩阵或者通过应用其他形式的颜色变换 (诸如, 三维查找表 (3D LUT)) 来执行颜色校正操作。用于确定适用于

特定的一组基色的颜色变换的方法在技术领域中公知的。

[0124] 由于另外的光谱带可用于基于波长的立体成像系统,所以可存在该系统用于非立体成像应用时可以使用的另外的可用色域。在 Ellinger 等人的题目为“2D/3D Switchable Color Display Apparatus with Narrow Band Emitters”的共同转让的美国专利申请公布第 2011/0285962 号中描述了可以用于此目的技术的示例。

[0125] 滤光眼镜 74(图 5) 中的右眼滤光器 76R 和左眼滤光器 76L 具有被设计成透射与对应的左眼图像或右眼图像相关联的光谱带并且阻挡与另一只眼相关联的光谱带的光谱透射率特性。图 12A 示出了可以根据图 11A 所示的交织光谱带布置来使用的右眼滤光器 76R 的右眼滤光器透射率 78R 和左眼滤光器 76L 的左眼滤光器透射率 78L 的示例。右眼滤光器透射率 78R 透射右眼光谱带 (R1、G1、B1) 中的大部分光,同时阻挡左眼光谱带 (R2、G2、B2) 中的大部分光。同样地,左眼滤光器透射率 78L 透射左眼光谱带 (R2、G2、B2) 中的大部分光,同时阻挡右眼光谱带 (R1、G1、B1) 中的大部分光。在该示例中,右眼滤光器透射率 78R 和左眼滤光器透射率 78L 二者均是包括两个邻近的带通滤光器透射带 77B 和一个邻近的边缘滤光器透射带 77E 的“梳状滤光器”。假设透射带在透射带内的所有波长内具有至少某一最小的指定透射百分比(例如,50%),则该透射带被认为是邻近的。

[0126] 右眼滤光器 76R 和左眼滤光器 76L 通常应该被设计成透射来自对应的眼睛光谱带的至少 50% 的光以便避免引起图像亮度的明显损失。优选地,该值应当是 80% 或更高。为了防止令人不快的串扰,右眼滤光器 76R 和左眼滤光器 76L 通常应该被设计成透射来自相对眼睛光谱带的少于 5% 的光。优选地,该值应当小于 2% 以确保基本上觉察不到串扰。

[0127] 图 12 示出了可以根据图 11B 所示的非交织光谱带布置来使用的右眼滤光器 76R 的右眼滤光器透射率 79R 以及左眼滤光器 76L 的左眼滤光器透射率 79L 的示例。与图 12B 所示的布置相比,可以看出,图 12A 的布置中的滤光器具有需要更少边缘过渡的优势。具体地,右眼滤光器透射率 78R 和左眼滤光器透射率 78L 二者均仅使用单个带通滤光器透射带 77B 以及单个边缘滤光器透射带 77E。这由于以下事实变得可能:由于光谱带的重新排序,在右眼绿色光谱带 G1 与右眼红色光谱带 R1 之间不存在干涉的左眼光谱带。同样地,在左眼蓝色光谱带 B2 与左眼绿色光谱带 G2 之间不存在干涉的右眼光谱带。图 12B 的布置中的每个滤光器仅需要三个边缘过渡(从低透射率到高透射率或者从高透射率到低透射率),而图 12A 的布置中的滤光器各自需要五个边缘过渡。通常,滤光器设计的复杂度随着所需要的边缘过渡的锐度以及边缘过渡的数量而增加。因此,制造具有较少的带通滤光器透射带(并且因此具有较少的边缘过渡)的滤光器明显不太复杂,从而需要更少的滤光层,因此更便宜。由于必须大量制造滤光眼镜 74 以供观看所投影的立体图像的观众中的每个观看者使用,所以这是重要的优点。图 12B 的布置的另一个优点是,由于相对眼睛光谱带可以泄漏至透射带中的边缘过渡较少,所以产生串扰的机会较少。

[0128] 可以使用本领域中已知的任何制造技术来制作滤光眼镜 74(图 5) 中的左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R。在一些实施例中,左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 中的一个或二者是包括具有多层薄膜涂层的光学表面的二向色滤光器。多层薄膜涂层可以被设计成提供适当的滤光器透射率,诸如图 12A 的右眼滤光器透射率 78R 和左眼滤光器透射率 78L 以及图 12B 的右眼滤光器透射率 79R 和左眼滤光器透射率 79L。用于设计和制造具有指定光谱透射率特性的多层薄膜涂层的技术在本技术领域中公知的。

[0129] 在其他的实施例中,左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 中的一个或二者是使用共挤拉伸的聚合物薄膜结构制造的多层二向色滤光器。在 Wheatley 等人的题目为“Optical film with sharpened bandedge”的美国专利 6,967,778 中描述了一种用于制造这样的结构的方法。根据该方法,共挤装置从诸如热塑化挤压机的源接收多样的热塑性聚合物材料的流。该挤压机挤压出聚合物材料的多层结构。机械操纵部用于拉伸多层结构以实现所期望的光学厚度。

[0130] 串扰是在立体成像系统中可能发生的不期望的伪像 (artifact),其中计划针对观察者的一只眼睛的图像内容受计划针对另一只眼睛的图像内容污染。这会造成出现可察觉的“重像”,其中,观看者看到从主要图像空间偏离的场景中的物体的模糊图像。为了避免令人不快的串扰,重要的是,由右眼滤光器 76R 透射的来自左眼光发射器 12L 的光量是由右眼滤光器 76R 透射的来自右眼光发射器 12R 的光量的一小部分。同样地,由左眼滤光器 76L 透射的来自右眼光发射器 12R 的光量应当是由左眼滤光器 76L 透射的来自左眼光发射器 12L 的光量的一小部分。

[0131] 图 13 示出了基于波长的立体成像系统中的串扰的来源。该图示出了包括右眼红色光谱带 R1 和左眼红色光谱带 R2 的波长范围的闭合 (close up)。所示出的左眼滤光器透射率 79L 透射左眼红色光谱带 R2 中的大部分的光,同时阻挡右眼红色光谱带 R1 中的大部分的光。然而,可以看出,存在左眼滤光器透射率 79L 透射来自右眼红色光谱带 R1 的少量的光的小交叠区域 75。该透射的右眼光将到达观察者的左眼,从而产生串扰并且导致模糊的重像。

[0132] 可以使用各种度量来表征串扰量。一个这样的矩阵由以下等式给出:

$$[0133] \quad C_{R \rightarrow L} = \frac{\int P_R(\lambda) T_L(\lambda) d\lambda}{\int P_L(\lambda) T_L(\lambda) d\lambda} \times 100 \quad (1A)$$

$$[0134] \quad C_{L \rightarrow R} = \frac{\int P_L(\lambda) T_R(\lambda) d\lambda}{\int P_R(\lambda) T_R(\lambda) d\lambda} \times 100 \quad (1B)$$

[0135] 其中, $C_{R \rightarrow L}$ 是来自污染左眼图像的右眼图像的串扰量, $C_{L \rightarrow R}$ 是来自污染右眼图像的左眼图像的串扰量, $P_L(\lambda)$ 和 $P_R(\lambda)$ 分别是来自左眼光发射器 12L 和右眼光发射器 12R 的光的光谱功率分布, $T_L(\lambda)$ 和 $T_R(\lambda)$ 分别是左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 的光谱透射率,以及 λ 是波长。可以看出,由等式 (1A) 和等式 (1B) 给出的度量计算由滤光器传递的不期望的光量相对于由滤光器传递的期望的光量的百分比。通常,串扰量在所有的观看条件下应当小于 5% 以避免令人不快的伪像,并且优选地,串扰量应当小于 2% 以确保串扰基本上觉察不到。

[0136] 许多因素影响在立体数字投影系统 110 (图 2) 中发生的串扰的程度。这些因素包括左眼光谱带与右眼光谱带之间的波长间隔的量、光发射器光谱带的边缘过渡的锐度、滤光器透射带的边缘过渡的锐度以及光发射器光谱带与滤光器透射带之间的准直。由于滤光器透射带的边缘过渡的位置有时候是入射角 (例如,针对二向色滤光器) 的函数,所以串扰量可以是观看角度的函数。

[0137] 左眼光谱带与右眼光谱带之间的波长间隔是在设计数字投影系统期间为了避免

串扰必须考虑的特别重要的因素。波长间隔可以被定义成较低光谱带的上边缘（即，“下切边”）与较高光谱带的下边缘（即，“上切边”）之间的波长间隙。特性上，从每个带边缘上的半峰点测量该距离。例如，图 13 示出了右眼红色光谱带 R1 与左眼红色光谱带 R2 之间的波长间隔 S。消除令人不快的串扰所需的波长间隔的量将取决于滤光器透射率的边缘过渡的锐度以及诸如边缘过渡位置随入射角的可变性的其他影响。

[0138] 图 14 中示出了边缘过渡的位置随着计划供基于波长的立体成像系统使用的一组商购滤光器的入射角的变化。曲线图 130 示出了对于正常入射光以及以 200 入射角入射的光、针对右眼滤光器测量的一对光谱透射率曲线。可以看出的是，边缘过渡朝向短波长方向偏移约 5nm 至 10nm。这些波长偏移由于光通过二向色滤光器组经过的路径长度较长而发生。由于偏移朝向短波长方向发生，所以有时候把偏移称为“蓝色偏移”。曲线图 135 示出了针对左眼滤光器的类似的一对光谱透射率曲线，其展现了边缘过渡中的类似偏移。

[0139] 由于边缘过渡的位置的可变性，通常期望左眼光谱带与右眼光谱带之间的波长间隔大到足以容纳与期望的观看角度的范围相关联的边缘过渡位置的范围而不引起令人不快的串扰伪像。例如，Richard 等人的题目为“System for 3D Image Projection Systems and Viewing”的美国专利申请公布第 2010/0060857 号注意到该问题，并且建议使针对每只眼睛的各个光谱带之间（诸如，绿色通道光谱带 G1 和之间）的“防护带”或凹口的大小合适。

[0140] 在优选实施例中，光发射器是具有不大于约 15nm 的带宽的窄带光源，诸如固态激光器。因此，如果选择将针对特定颜色的每个光谱带的中心波长以至少 25nm 隔开，则这将提供为至少 10nm 至 15nm 的带之间的波长间隔，假设滤光器被适当设计，这足以提供基本保护以免受串扰。为此以及出于其他原因，使用窄带固态光源比使用滤光的白光光源的传统方式更有优势，其中，针对各种基色，光谱带的带宽通常超过 40nm。（由于光谱的进一步窄化减少了系统光效率，因此传统的滤光的白光光源中需要更大带宽）。

[0141] 可以使用本领域中已知的任何光谱滤光器技术来制造左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R。基于波长的立体成像系统特别关注的一种类型的光谱滤光器是使用薄膜二向色滤光器叠层制造的二向色滤光器。通过在衬底上涂覆具有显著不同的折射指数的多个透明薄膜层来制造二向色滤光器。例如，可以以各种形式以及使用包括真空涂覆和离子沉积的各种方法来沉积薄膜层。将材料沉积在厚度为设计涂层的范围内的入射光的约四分之一波长的交替层中。用于涂覆层的材料可以包括电介质、金属、金属氧化物和非金属氧化物、透明的聚合物材料或者其组合。在替代的实施例中，一个或多个二向色滤光器堆叠层被沉积为纳米颗粒的溶液。在使用聚合物材料的情况下，一个或多个滤光器堆叠层可以由挤压材料形成。

[0142] 可以调整二向色滤光器组中的薄膜层的厚度和折射指数以控制光谱透射率特性。使用利用二向色滤光器组制成的滤光器的一个重要优点在于，假设有足够的层，则可以精确地控制光谱透射率曲线的形状，并且可以实现非常尖锐的边缘过渡。这使得能够提供选择性地透射一组光谱带、同时阻挡其他组光谱带的滤光器。

[0143] 然而，二向色滤光器的可能对于立体成像应用不利的一个特性是未透过滤光器的光被反射回滤光器。图 15A 中示出了这种效应的不期望影响。来自显示表面 72 的成像光被引导朝向佩戴滤光眼镜 74（图 15A 中未示出）的观察者，该滤光眼镜 74 包括设置在观察者的右眼 194 的前方的右眼滤光器 76R。在这种情况下下的右眼滤光器 76R 包括透明衬底

88(诸如玻璃或塑料衬底)的前表面 66F 上的二向色滤光器叠层 86。(前表面 66F 面对显示表面 72,而相对的后表面 66R 面对观察者)。

[0144] 入射光包括包含右眼图像数据的右眼入射光 196R 和包含左眼图像数据的左眼入射光 196L。右眼入射光 196R 基本上透过右眼滤光器 76R 作为右眼透射光 198R,并且将入射到观察者的右眼 194 以使得观察者能够观看右眼图像。左眼入射光 196L 基本上被反射回观看环境作为左眼反射光 197L。该反射光可能在观看环境下散射在周围并且作为会透过左眼滤光器 76L(图 5)至观察者的左眼的“闪烁”光会污染所观看的图像。闪烁光的问题随着观众人数增加而加重。来自每对滤光眼镜 74 的反射光可能被无意地朝向显示屏幕或者观看区域中的其他物体或结构向后引导,从而增加了视觉噪声量并减小了图像对比度。

[0145] 来自观察者的后方的左眼闪烁光中的部分左眼闪烁光可能入射到右眼滤光器 76R 的后表面 66R 上。该光被示为左眼入射光 186L,其将基本上从二向色滤光器叠层反射并且将作为左眼反射光 187L 被引导至右眼 194。该光的起源可能是从坐在观察者的后面的其他观看者佩戴的滤光眼镜 74 的直接反射,或者可能是从其他表面可能已反射的光。

[0146] 图 15A 中未示出的左眼滤光器 76L 具有类似的结构和互补性能,从而基本上透射针对左眼图像发射的预期图像承载光、同时基本上阻挡对于右眼图像不需要的光。

[0147] 图 15B 示出了与图 15A 所示的布置类似的布置,其中,二向色滤光器组在衬底 88 的后表面 66R 上。右眼滤光器 76R 的整体性能与图 15A 的整体性能相同,但是该配置的优点在于二向色滤光器叠层 86 可能不太可能由于刮擦而损坏,因为它暴露得较少。

[0148] 为了进一步说明不需要的反射光的问题,图 16A 示出了可以与基于波长的立体投影系统一起使用的典型的右眼二向色滤光器透射率 170R,该基于波长的立体投影系统使用具有右眼光谱带 R1、G1 和 B1 的右眼光发射器以及具有左眼光谱带 R2、G2 和 B2 的左眼光发射器。可以看出的是,二向色滤光器透射率 170R 被布置成透射右眼光谱带 R1、G1、B1 中的大部分光,同时阻挡左眼光谱带 R2、G2、B2 中的大部分光。

[0149] 图 16B 是示出了根据作为波长的函数的右眼二向色滤光器透射率 170R 透过右眼滤光器 76R 的光的曲线图。在该示例中,透射的右眼光 175R 包括右眼光谱带中的多于 90% 的入射光,并且透射的左眼光 175L 包括左眼光谱带中的大约 3% 的光。如较早讨论的那样,透射的左眼光 175L 将是观看的立体图像中的串扰的来源。

[0150] 针对二向色滤光器,二向色滤光器反射率 $R_D(\lambda)$ 约等于:

$$[0151] \quad R_D(\lambda) \approx (1 - T_D(\lambda)) \quad (2)$$

[0152] 其中, $T_D(\lambda)$ 是二向色滤光器透射率。图 16C 示出了与图 16A 的右眼二向色滤光器透射率相对应的右眼二向色滤光器反射率 171R。可以看出的是,右眼二向色滤光器反射率 171R 反射左眼光谱带 R2、G2、B2 中的大部分光。

[0153] 图 16D 是示出了根据作为波长的函数的右眼二向色滤光器透射率 170R 从右眼滤光器 76R 反射的光的曲线图。在该示例中,反射的右眼光 176R 包括右眼光谱带中的少于 10% 的入射光,以及反射的左眼光 176L 包括左眼光谱带中的大约 97% 的光。如较早讨论的那样,该反射光可以是在观看环境下的令人不快的闪烁的来源。

[0154] 在一些实施例中,使用如图 17A 所示的混合滤光器设计来减轻不需要的反射光的问题。对于该方法,右眼滤光器 76R 包括二向色滤光器组 86 以及至少一个波长可变的吸收滤光器层 87 二者。吸收滤光器吸收具有特定波长的光的一小部分,同时透射光的剩余部

分。(光的某一小部分也可能反射)。通常不可以制造具有如对于二向色滤光器设计可以做的那样的在任意波长处具有尖锐边缘过渡的光谱透射率特性的吸收滤光器。因此,吸收滤光器通常不适于提供基于波长的立体成像系统所需的高度的颜色分离。然而,发现吸收滤光器层与二向色滤光器层的组合相对于使用纯二向色滤光器提供了明显的性能优势。

[0155] 根据本发明的实施例,二向色滤光器叠层被设计成透射来自右眼光发射器的 60% 或更多的光并且反射来自左眼光发射器的 60% 或更多的光。优选地,二向色滤光器叠层应当透射来自右眼光发射器的至少 90% 或更多的光并且反射来自左眼光发射器的至少 90% 的光。

[0156] 同样地,吸收滤光器层 87 被设计成透射比左眼光谱带中的光更大百分比的右眼光谱带中的光。优选地,吸收滤光器层 87 应当透射右眼光谱带中的大部分光,同时吸收左眼光谱带中的大部分光。

[0157] 总之,混合型右眼滤光器被适配成透射来自右眼光发射器的 50% 或更多的光,同时阻挡左眼光发射器中的大部分光以使得来自左眼光发射器的透射光的量小于来自右眼光发射器的透射光的 5%。吸收滤光器层 87 的吸收特性是这样的:从右眼滤光器 76R 反射的左眼入射光 196L 的量相对于仅使用二向色滤光器组 86 的配置(例如,图 15A 至图 15B 中所示的配置)显著减少。在优选实施例中,右眼滤光器 76R 应当吸收大部分的左眼入射光 196L 以使得少于 50% 的左眼入射光 196L 被反射。理想地,右眼滤光器 76R 应当吸收大部分(例如,多于 90%)的左眼入射光 196L。

[0158] 在一些实施例中,可以将吸收滤光器层 87 涂覆在二向色滤光器叠层 86 之上。在其他实施例中,可以通过对薄膜层或衬底进行掺杂来设置吸收滤光器层 87。

[0159] 用于提供吸收滤光器层 87 的波长可变的吸收材料包括相对窄带吸收染料和颜料,诸如,可从俄亥俄州代顿市的 Exciton 购得的 ABS647 和 ABS658、可从宾夕法尼亚州 Simpson 的 Gentex 公司购得的 Filtron A 系列染料吸收器和对比度增强凹口吸收器、或其他分子化学产品。

[0160] 根据本发明可以使用的其他类别的波长可变吸收材料包括超材料或谐振等离子体结构。超材料是可以被调节以吸收光的结构上成形的纳米结构,在 Padilla 的题目为“New metamaterial proves to be a ‘perfect’ absorber of light”(Science Daily, 2008 年 5 月 29 日)的文章中描述了这样的材料的示例。类似地,等离子吸收器已通过使用通常以亚波长标度构造的反射金属来制造,由 Aydin 等人在题目为“Broadband polarization-independent resonant light absorption using ultrathin plasmonic super absorbers”(Nature Communications, 第 1 至 7 页,2011 年 11 月 1 日)的文章中描述了这样的等离子吸收器。

[0161] 可以使用又一些其他的吸收器结构,诸如使用光子晶体来引导光多次通过吸收材料的光子晶体。例如,Zhou 等人在文章“Photonic crystal enhanced light-trapping in thin film solar cells”(Journal of Applied Physics, Vol. 103, paper093102, 2008)中描述了使用光子晶体的吸收增强。

[0162] 另一种光谱过滤的方法使用自然得到的纳米颗粒吸收器,诸如通过将衬底浸入病毒或蛋白质分子的溶液中来制造的有色薄膜。在一些实施例中,病毒或蛋白质分子可以自聚集。由伯克利的加利福尼亚大学的 Seung-Wak Lee 研发并且在题目为“No paint needed!

Virus patterns produce dazzling colour”(New Scientist, p. 18, 2011 年 10 月 29 日) 的文章中描述了使用纳米颗粒病毒分子的吸收器的一个示例。

[0163] 在一些实施例中,可以使用多个吸收滤光器层 87。例如,可以提供各个吸收滤光器层 87 以选择性地吸收包括左眼入射光 196L 的光谱带 R2、G2、B2 的每个光谱带中的光。可替代地,可以使用单个吸收滤光器层 87 来选择性地吸收多个光谱带 R2、G2、B2 中的部分光谱带中的光。

[0164] 在图 17A 的配置中,二向色滤光器叠层 86 位于衬底 88 的前表面 66F 之上,并且吸收滤光器层 87 位于二向色滤光器叠层 86 之上。为了实现上述优点,吸收滤光器层 87 必须位于光源(例如,显示表面 72)与二向色滤光器叠层 86 之间,以使得不必要的光在被二向色滤光器叠层 86 反射之前被吸收。如图 17B 所示,吸收滤光器层 87 和二向色滤光器叠层 86 可以替代地以其他布置放置,只要它们保持适当的相对位置即可。在该示例中,二向色滤光器组 86 位于后表面 66R 之上,同时吸收滤光器层 87 位于前表面 66F 之上。

[0165] 图 17A 和图 17B 的布置对于防止入射到右眼滤光器 76R 的后表面 66R 上的左眼入射光 186L 的反射(例如,在反射离开由其他观看者佩戴的滤光眼镜之后)是无效的。该光在到达吸收滤光器层 87 之前将与二向色滤光器叠层 86 相互作用,并且因此将被反射作为左眼反射光 187L。

[0166] 图 17C 和图 17D 分别示出了与图 17A 和图 17B 相似的布置,其中,第二吸收滤光器层 86 位于后表面 66R 之上。以该方式,虽然以针对右眼入射光 196R 的透射率略微较低为代价,但是左眼入射光 196L 和左眼入射光 186L 二者都将基本上被吸收。在这样的实施例中,右眼滤光器 76R 应当优选地吸收大部分的左眼入射光 186L,以使得少于 50% 的左眼入射光 186L 被反射。理想地,右眼滤光器 76R 应当吸收大量(例如,多于 90%)的左眼入射光 186L。

[0167] 在其他实施例中,各层可以以其他布置来分布,或者可以与附加的层组合。例如,附加的保护层可以位于二向色滤光器叠层 86 或吸收滤光器层 87 中的一个或二者之上以提供耐划伤性和抗褪色性。也可以使用抗反射涂层来减少第一表面反射。在一些实施例中,抗反射涂层可以由多个薄膜层形成,其可以可选地被包括作为二向色滤光器叠层 86 的一部分。

[0168] 图 18 示出了与图 16 的右眼二向色滤光器透射率 170R 组合的可以用于吸收滤光器层 87(图 17A)的右眼吸收滤光器透射率 172R 的示例。如果在图 17A 或图 17B 的混合滤光器布置中使用具有这些光谱特性的二向色滤光器叠层 86 和吸收滤光器层 87,则可以如下计算混合滤光器的组合透射率 $T_H(\lambda)$:

$$[0169] \quad T_H(\lambda) \approx T_D(\lambda) T_A(\lambda) \quad (3)$$

[0170] 其中, $T_D(\lambda)$ 是二向色滤光器透射率以及 $T_A(\lambda)$ 是吸收滤光器透射率。(这假设衬底透射率约等于 1.0)。可以如下计算混合滤光器 $R_H(\lambda)$ 的组合反射率:

$$[0171] \quad R_H(\lambda) \approx R_D(\lambda) (T_A(\lambda))^2 = (1 - T_D(\lambda)) (T_A(\lambda))^2 \quad (4)$$

[0172] 其中, $R_D(\lambda)$ 是二向色滤光器反射率,其等于等式 (2) 中的 $1 - T_D(\lambda)$ 。该等式基于下述假设:反射光透过吸收滤光器层 87,被二向色滤光器组 86 反射,然后再次透过吸收滤光器层 87。这作出了可以忽略第一表面反射率的假设。

[0173] 图 19 示出了使用等式 (3)、根据图 18 中的光谱透射率计算的右眼混合滤光器透射

率 173R。右眼混合滤光器透射率 173R 被叠加在一组右眼光谱带 R1、G1 和 B1 以及一组左眼光谱带 R2、G2 和 B2 上。将图 19A 与图 16A 进行比较,可以看出,右眼混合滤光器透射率 173R 与右眼二向色滤光器透射率 170R 非常相似。

[0174] 图 19B 是示出根据作为波长的函数的右眼混合滤光器透射率 173R 透过右眼滤光器 76R 的光的曲线图。在该示例中,透射的右眼光 175R 包括右眼带中的大约 81% 的入射光,这相对于图 16B 中绘出的仅二向色配置略微下降。然而,透射的左眼光 175L 仅包括左眼光谱带中的大约 1% 的光。这表示相对于仅二向色配置串扰量减少了 3 倍。该串扰的减少是混合滤光器方法的额外的益处。

[0175] 图 19C 示出了使用等式 (4) 计算的右眼混合滤光器反射率 174R。与图 16C 相比,可以看出,与左眼光谱带 R2、G2、B2 对应的波长区域中的反射率显著减小

[0176] 图 19D 是示出根据作为波长的函数的右眼混合型滤光器反射率 174R 从右眼滤光器 76R 反射的光的曲线图。在该示例中,反射的右眼光 176R 包括右眼带中的少于 7% 的入射光,并且反射的左眼光 176L 包括左眼光谱带中的大约 8% 的光。这表示相对于仅二向色方案,反射的左眼光的量减少了不少于 12 倍。这将提供由从滤光眼镜 74 反射引起的闪烁光量的显著减少。

[0177] 应当注意的是,吸收滤光器层 87 可以用于补充由二向色滤光器叠层 86 提供的光谱分离以形成混合滤光器,而不论立体成像系统是使用交织光谱带(如在关于图 12A 和图 19A 至图 19D 所讨论的示例中那样)还是非交织光谱带(诸如图 12B 所述的配置)。总体的设计原理是,与针对特定眼睛的滤光器一起使用的吸收滤光器层 87 应当吸收更多的与相对眼睛图像相关联的光谱带并且吸收更少的与针对该特定眼睛的图像形成光相关联的光谱带。

[0178] 如已经指出的那样,从由其他观看者佩戴的滤光眼镜 74 反射的“闪烁光”的反射可以降低观察者看到的投影图像的对比度并且可以增加减损立体观看体验的视觉噪声。为了说明这一点,图 20A 和图 20B 示出了来自显示表面 72 的一些入射光 230 被后方观察者 160 佩戴的滤光眼镜 74 反射并且作为反射光 235 引导到前方观察者 162 佩戴的滤光眼镜 74 的后侧的场景。如关于图 15A 和图 15B 所讨论的那样,该光中的部分可以被反射回到前方观察者 162 的眼睛中。取决于后方观察者 160 的头部和前方观察者 162 的头部是如图 20A 所示那样处于同一高度还是如图 20B 所示那样位于不同高度,该影响会更明显或更不明显。如图 20B 配置中所示,对于典型的座位布置,前方观察者 162 的头部比后方观察者 160 的头部高度低。在最糟情况的场景中,滤光眼镜 74 使用二向色滤光器,其反射来自未被透射至后方观察者 160 的眼睛的光谱带的大多数光或全部光。当前方观察者 162 在正前方并且与后方观察者 160 相对在同一水平高度时,前方观察者 162 佩戴的那些功能相同的滤光眼镜 74 现在将高度反射来自恰好撞击滤光器的后表面的任何光的错误光谱内容,从而大大降低了立体图像质量和对比度。即使在滤光眼镜 74 的反射光没有直接落在前方观察者 162 的滤光眼镜 74 的背面时,那些光中的部分光也将返回到投影屏幕,从而进一步降低对于所有观看者的图像质量和对比度。虽然曲面滤光器相比于平坦滤光器传播更多这种光,但是大部分的光仍然落在屏幕上。

[0179] 图 21A 和图 21B 示出了根据本发明的实施例的具有修改的设计以减轻由于从右眼滤光器 76R 和左眼滤光器 76L 反射的光引起的图像质量的劣化的滤光眼镜 200。图 21A 的

侧视图和图 21B 的透视图示出了滤光眼镜 200, 该滤光眼镜 200 被配置成通过相对于观看者位置将反射光以倾斜的角度向上重新引导以使得反射光被引导离开显示表面 72 (图 20A), 来减少由于背反射引起的图像劣化, 其他观看者坐在滤光眼镜 200 的佩戴者的前方。包括框 215 的框架 210 以相对于竖直方向的倾斜角 θ 设置右眼滤光器 76R 和左眼滤光器 76L, 使得反射光被向上引导并且远离坐在滤光眼镜 200 的佩戴者前面的其他观看者。

[0180] 对于通常的观看环境, 倾斜角 θ 优选地在约 5 度到 20 度之间。较大的倾斜角对于在滤光眼镜 200 的佩戴者与显示表面 72 之间的距离非常短的实施例而言是优选的。一个极端的示例是, 在与底部大约有 1/4 的屏幕高度的垂直位置, 观察者坐在与显示表面相隔大约一个屏幕高度之处。在这种情况下, 来自显示表面 72 的底部的光从低于水平面大约 14 度的方向到达滤光眼镜 200, 并且来自显示表面 72 的顶部的光从高于水平面大约 37 度的方向到达滤光眼镜。因此, 滤光器需要倾斜至大约 37 度的倾斜角以将所有的反射光引导到显示表面 72 的顶部的上方。角度倾斜的程度从美学观点来说可能是不实际的。大多数观众观看者更喜欢位于相对于屏幕的中间水平或更高位置, 从而暗示 26 度的最大倾斜角会更实际。即使在倾斜角 θ 小于该水平时也可以实现明显的益处, 这是由于返回至屏幕的来自所有观看者的光是累积的, 因此, 任何的杂散光的减少提供了相应的图像质量改进。

[0181] 针对左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 包括二向色滤光器叠层的情况, 滤光器的倾斜通常将引起如较早已讨论的光谱透射率曲线的边缘过渡。在这种情况下, 期望调整二向色滤光器设计以提供期望的光谱透射率特性。

[0182] 在一些实施例中, 框架 210 包括可选的不透明的侧面遮护板 (sideshield) 220, 其阻挡至少部分杂散光到达左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 的后表面。在优选实施例中, 使用可塑材料制造框 215 并且通过适当地模制框 215 的形状来设置倾斜角 θ 。在图 21C 所示的可替换实施例中, 框架 210 包括使框 215 能够枢转以提供可变倾斜角 θ 的铰链机构 225。以这种方式, 可以将倾斜角调整为适合于观看环境。

[0183] 在所示的实施例中, 左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 的前表面和后表面被示为基本上平坦并且表现得像平板。在其他实施例中, 可以提供左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 作为具有球面或非球面的弯曲表面的曲面板。在这种情况下, 相对于通过弯曲表面的最适合平面来限定倾斜角。

[0184] 图 22 和图 23 示出了根据本发明的实施例的由后方观察者 160 和前方观察者 162 佩戴的滤光眼镜 200。滤光眼镜 200 中的框 215 被布置成将左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 以适当的倾斜角定向, 使得当来自显示表面 72 (图 22 中未示出) 的入射光 230 从后方观察者 160 佩戴的滤光眼镜 200 的左眼滤光器 76L 和右眼滤光器 76R 反射时所产生的反射光 235 被引导到其他观察者 (例如, 前方观察者 162) 的头部上方。因此, 来自后方观察者 160 的滤光眼镜 200 的反射光 235 不太可能负面地影响前方观察者 162 看到的图像质量。优选地, 将反射光 235 引导至显示表面 72 的顶部的上方以使得其不将闪烁光添加到所显示的图像。

[0185] 在本发明的替换实施例中, 提供了使用一个或多个可调光源以提供至少一个颜色通道中的不同光谱带的立体成像设备。例如, 参照图 24, 示出了具有红色可调光发射器 152r (例如, 诸如可调窄带固态激光器) 的红色成像通道 140r 的示意图。红色可调光发射器 152r 可以在至少两种不同状态下选择性地提供光。在第一状态下, 红色可调光发射器 152r

提供用于形成右眼图像的 R1 光谱带中的光,并且在第二状态下,红色可调光发射器 152r 提供用于形成左眼图像的 R2 光谱带中的光。如时序图 154 中所示,控制器系统 80 适于控制红色可调光发射器 152r 以使得其根据所定义的时间顺序交替地发射 R1 光谱带和 R2 光谱带中的光。为了在观看者不能察觉的情况下进行切换,红色可调光发射器 152r 必须能够以高速率(例如,诸如以约 60Hz)在颜色状态之间进行切换。

[0186] 光学部件(例如,均匀化光学器件 44 和一个或多个透镜 48)调节发射光以照射空间光调制器 60。控制器系统 80 根据对应的右眼图像和左眼图像的图像数据同步地控制空间光调制器 60 的像素。如之前所描述的那样,然后使用投影光学器件 70 将所得到的图像投影至显示表面 72。

[0187] 如图 25 所示,图 24 的红色可调光发射器 152r 可以与分别在蓝色通道和绿色通道中提供右眼图像内容和左眼图像内容的绿色可调光发射器 152g 和蓝色可调光发射器 152b 组合,以形成具有红色成像通道 140r、绿色成像通道 140g 和蓝色成像通道 140b 的彩色立体成像系统 150。每个可调光发射器发射通常具有同一基色(红色、绿色或蓝色)的至少两个不同光谱带中的光。在该配置中,投影光学器件 70 可以包括光束组合系统,例如,诸如参照图 9 所描述的二向色组合器 82。

[0188] 可以理解的是,与需要多个光源或者需要用于过滤来自单个多色(白色)光源的光的多个滤光器组的其他类型的基于波长的立体成像系统相比,使用可调光发射器的立体成像系统 150 具有优势。例如,关于图 5 所描述的配置需要六个不同的光发射器而不是图 25 中的三个光发射器。此外,图 5 的配置还需要三个光束扫描器 50 以在两种颜色状态之间进行切换。

[0189] 一些类型的可调光发射器的另一有用特征是,它们可以用于通过创建多个同步模式、高频模式跳变或围绕中心光谱带调谐的更高频率来提供关于中心波长的一定量的波长“抖动”,以使得发射光针对波长在每个时刻变化。在这种情况下,当控制器系统 80 控制可调光发射器在其第一状态下工作时,可调光发射器可以被配置成顺序地发射第一光谱带中的具有两个或更多个不同峰值波长的光,并且当可调光发射器在其第二状态下工作时,可调光发射器可以被配置成顺序地发射与第一光谱带光谱相邻的第二光谱带内的具有两个或更多个不同峰值波长的光。光谱输出在光谱带的波长范围内的随机性减少了多种类型的激光投影系统所共有的高相干光(诸如,散斑)的不期望影响。

[0190] 图 25 的红色可调光发射器 152r、绿色可调光发射器 152g 和蓝色可调光发射器 152b 可以是本领域中已知的任何类型的可调光源。在一些实施例中,可调光发射器是固态光源,诸如可调光发射二极管(LED)或可调激光器。可调激光器使用多种不同的可能机制之一来改变所发射的输出波长。一种这样的方法涉及使用微型机电系统(MEMS)装置控制光腔,微型机电系统装置能够如在 Overton 的文章“760kHz OCT scanning possible with MEMS-tunable VCSEL”(Laser Focus World, p. 15, 2011 年 7 月)中所描述的那样在机械状态之间快速地进行切换。在所描述的装置中,静电致动的介质镜被悬挂在激光器结构的顶部之上以便调整波长。

[0191] 提供合适的可调激光器的替选方法是使用双稳态激光器。Feng 等人在题为“Wavelength bistability and switching in two-section quantum-dot diode lasers”(IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 46, pp. 951-958, 2010)的文章中公开

了使用在 50 皮秒内以离散的整数倍数切换的双段锁模量子点激光器。该装置的操作基于增益和吸收器的交叉饱和及自饱和特性的相互作用以及吸收器中的量子局限斯塔克效应。该类型的激光器可以通过改变电流注入电平或电压电平来容易地调节。

[0192] Hong 等人在题目为“Visible-Color-Tunable Light-Emitting Diodes”, Advanced Materials, Vol. 23, pp. 3284 – 3288 (2011) 中描述了可以根据本发明使用的一种类型的可调 LED。这些装置基于涂覆有氮化镓层的氮化镓纳米棒以形成量子阱。层的厚度在产生时自然地变化,并且通过改变所施加的电压,可以使电流穿过不同的层,从而提供不同颜色的发射光。

[0193] 特别参考本发明的某些优选实施例来描述了本发明,但是要理解的是,可以在本发明的精神和范围内实现变更和修改。例如,各种实施例中所使用的光发射器可以是本领域中已知的任何类型,并且可以包括使用棱镜或其他组合光学器件来组合到同一光轴上的激光器阵列或者其他发射装置的阵列。

[0194] 通常由所提供的示意图中的透镜或块表示的光学系统可以包括引导以及调节照射光或成像光所需的任何数量的光学部件。

[0195] 每个颜色通道中的空间光调制器 60 可以是任意数量的不同类型的空间光调制器,例如,诸如液晶阵列或者可从德克萨斯州达拉斯市的 Texas Instruments 购得的数字光处理器(一种类型的数字微镜阵列)。

[0196] 在一些实施例中,颜色通道可以具有两个空间光调制器,一个空间光调制器对应于观察者的每只眼睛,所以在立体数字投影系统中有六个空间光调制器。可替代地,每个颜色通道可以具有使用颜色滚动或一些其他资源共享方法(诸如,根据定时模式交替地激活不同的光谱带)在左眼图像内容与右眼图像内容之间共享的如图 5 中那样的单个空间光调制器。

[0197] 在一些实施例中,可以在照射路径中提供另外的滤光以衰减来自一个或多个光发射器的光谱内容,以使得相邻光谱带基本上不交叠。

[0198] 虽然参考将图像投影到显示屏上的立体数字投影系统描述了本发明,但是对于本领域技术人员来说明显的是,本发明也可以应用于不涉及投影的其他类型的立体数字显示系统。例如,立体数字软拷贝显示可以用于直接在显示表面上形成左眼立体图像和右眼立体图像。软拷贝显示可以使用本领域中已知的任何类型的显示技术,诸如 LED 显示和 LCD 显示。

[0199] 部件列表

[0200] 12 : 光发射器

[0201] 12L : 左眼光发射器

[0202] 12R : 右眼光发射器

[0203] 18 : 光学器件

[0204] 20 : 空间光调制器

[0205] 28a : 图像帧

[0206] 28b : 图像帧

[0207] 28c : 图像帧

[0208] 28d : 图像帧

- [0209] 28e :图像帧
- [0210] 30 :光重定向棱镜
- [0211] 32 :图像区域
- [0212] 34b :光带
- [0213] 34g :光带
- [0214] 34r :光带
- [0215] 35b :光带
- [0216] 35g :光带
- [0217] 35r :光带
- [0218] 36a :光带
- [0219] 36b :光带
- [0220] 38 :图像帧
- [0221] 38a :图像帧
- [0222] 38b :图像帧
- [0223] 38c :图像帧
- [0224] 38d :图像帧
- [0225] 38e :图像帧
- [0226] 40r :红色通道
- [0227] 40g :绿色通道
- [0228] 40b :蓝色通道
- [0229] 41L :左眼图像形成系统
- [0230] 41R :右眼图像形成系统
- [0231] 42a :光源
- [0232] 42b :光源
- [0233] 43L :光源
- [0234] 43R :光源
- [0235] 44 :均匀化光学器件
- [0236] 46 :光束组合器
- [0237] 48 :透镜
- [0238] 50 :光束扫描器
- [0239] 52 :棱镜
- [0240] 54 :微透镜阵列
- [0241] 56 :块
- [0242] 58 :集成条
- [0243] 60 :空间光调制器
- [0244] 60L :空间光调制器
- [0245] 60R :空间光调制器
- [0246] 62 :框架
- [0247] 66F :前表面

- [0248] 66R :后表面
- [0249] 68 :二向色表面
- [0250] 70 :投影光学器件
- [0251] 72 :显示表面
- [0252] 74 :滤光眼镜
- [0253] 75 :交叠区域
- [0254] 76L :左眼滤光器
- [0255] 76R :右眼滤光器
- [0256] 77B :带通滤光器透射带
- [0257] 77E :边缘滤光器透射带
- [0258] 78L :左眼滤光器透射率
- [0259] 78R :右眼滤光器透射率
- [0260] 79L :左眼滤光器透射率
- [0261] 79R :右眼滤光器透射率
- [0262] 80 :控制器系统
- [0263] 82 :二向色组合器
- [0264] 84 :二向色表面
- [0265] 86 :二向色滤光器组
- [0266] 87 :吸收滤光器层
- [0267] 88 :衬底
- [0268] 90 :照射光学器件
- [0269] 92 :光束扫描光学器件
- [0270] 94 :第一级
- [0271] 96 :第二级
- [0272] 100 :立体数字投影系统
- [0273] 110 :立体数字投影系统
- [0274] 120 :投影设备
- [0275] 130 :曲线图
- [0276] 135 :曲线图
- [0277] 140b :蓝色成像通道
- [0278] 140g :绿色成像通道
- [0279] 140r :红色成像通道
- [0280] 150 :立体成像系统
- [0281] 152b :蓝色可调光发射器
- [0282] 152g :绿色可调光发射器
- [0283] 152r :红色可调光发射器
- [0284] 154 :时序图
- [0285] 160 :后方观察者
- [0286] 162 :前方观察者

- [0287] 170R :右眼二向色滤光器透射率
- [0288] 171R :右眼二向色滤光器反射率
- [0289] 172R :右眼吸收滤光器透射率
- [0290] 173R :右眼混合滤光器透射率
- [0291] 174R :右眼混合滤光器反射率
- [0292] 175R :透射的右眼光
- [0293] 175L :透射的左眼光
- [0294] 76R :反射的右眼光
- [0295] 176L :反射的左眼光
- [0296] 186L :左眼入射光
- [0297] 187L :左眼反射光
- [0298] 194 :右眼
- [0299] 196R :右眼入射光
- [0300] 196L :左眼入射光
- [0301] 197L :左眼反射光
- [0302] 198R :右眼透射光
- [0303] 200 :滤光眼镜
- [0304] 210 :框架
- [0305] 215 :框
- [0306] 220 :侧面遮护板
- [0307] 225 :铰链机构
- [0308] 230 :入射光
- [0309] 235 :反射光
- [0310] A1 :面积
- [0311] A2 :面积
- [0312] B :光谱带
- [0313] B1 :光谱带
- [0314] B2 :光谱带
- [0315] G :光谱带
- [0316] G1 :光谱带
- [0317] G2 :光谱带
- [0318] O :光轴
- [0319] R :光谱带
- [0320] R1 :光谱带
- [0321] R2 :光谱带
- [0322] S :波长间隔
- [0323] θ :倾斜角
- [0324] $\theta 1$:角
- [0325] $\theta 2$:角

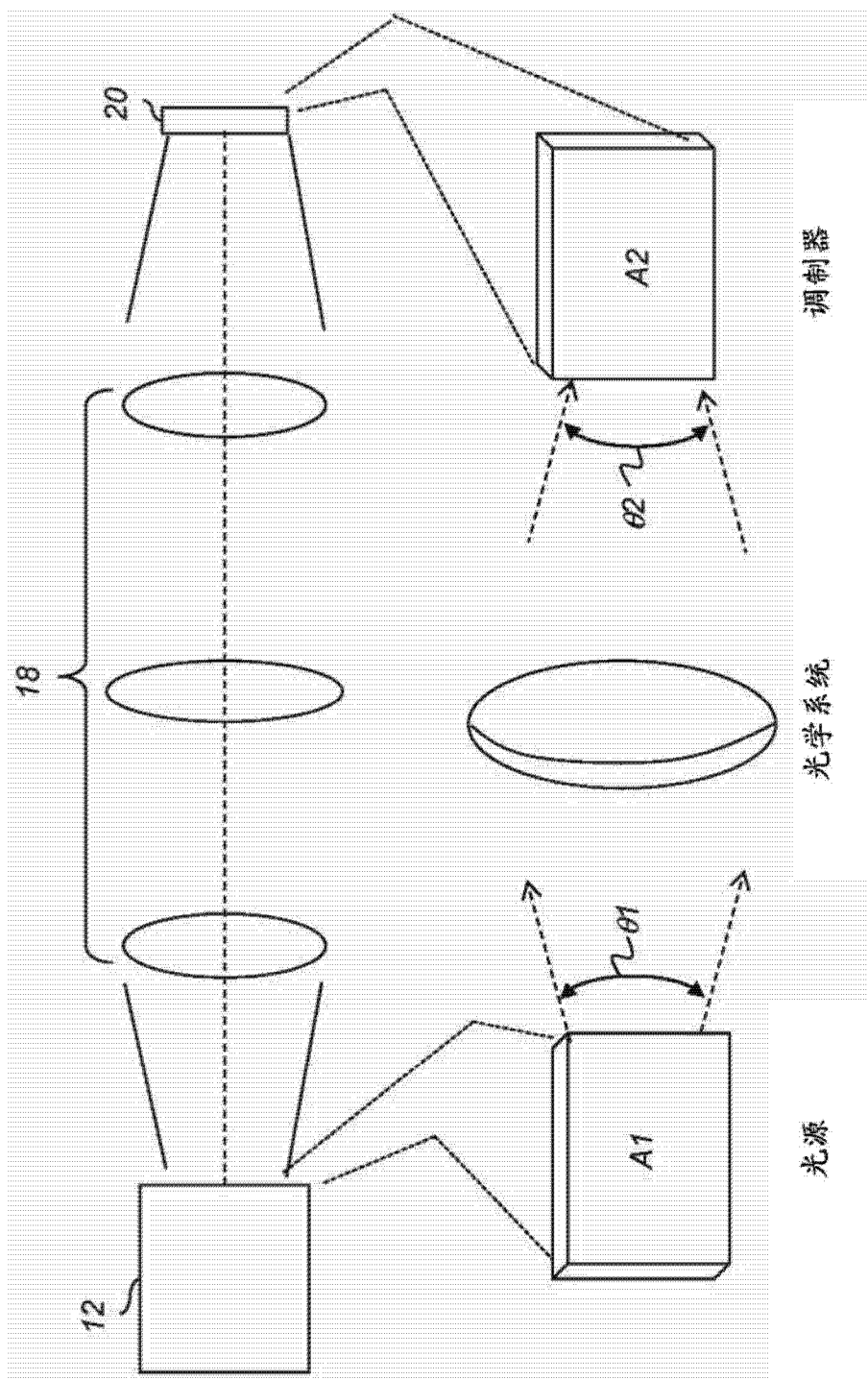


图 1(现有技术)

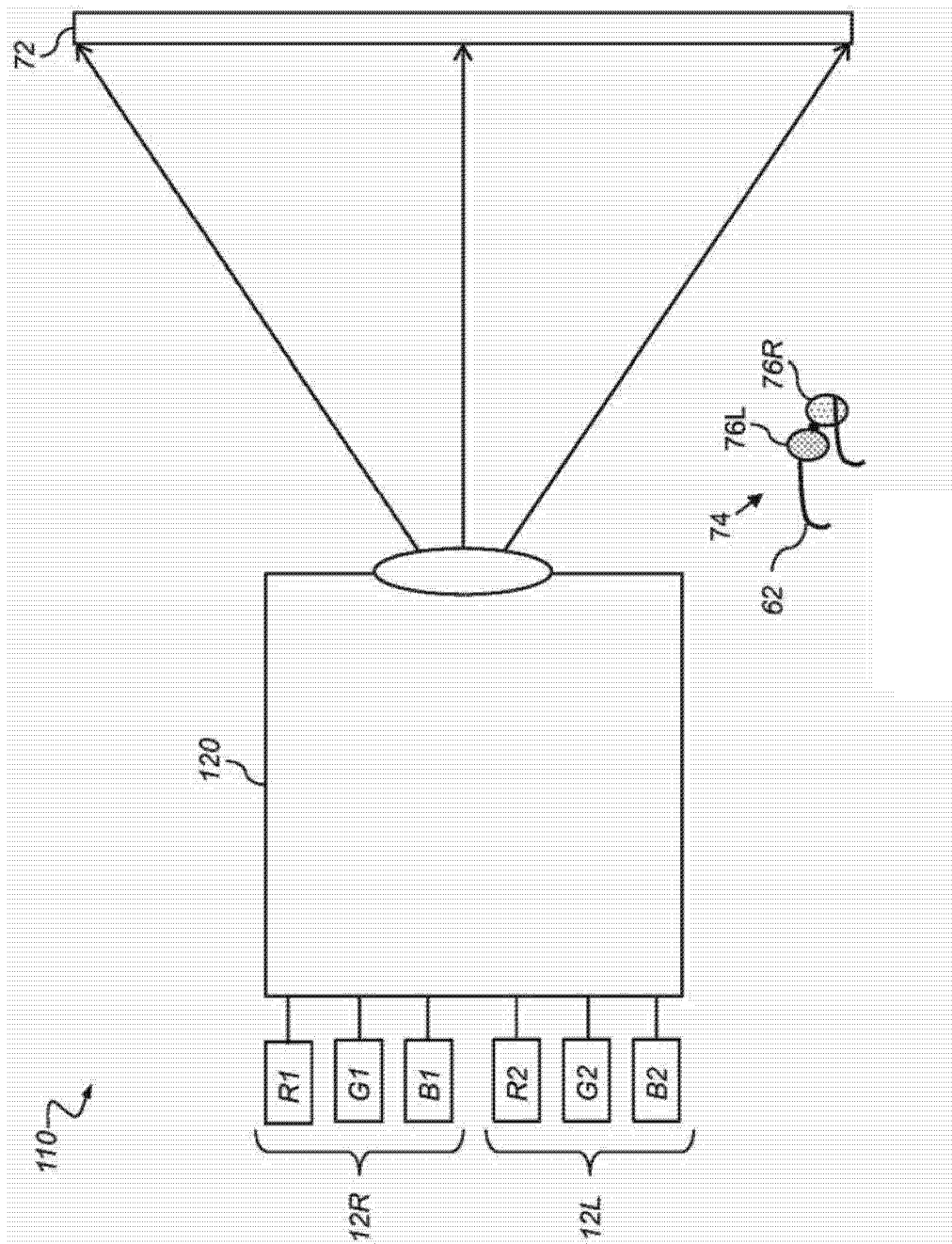


图 2

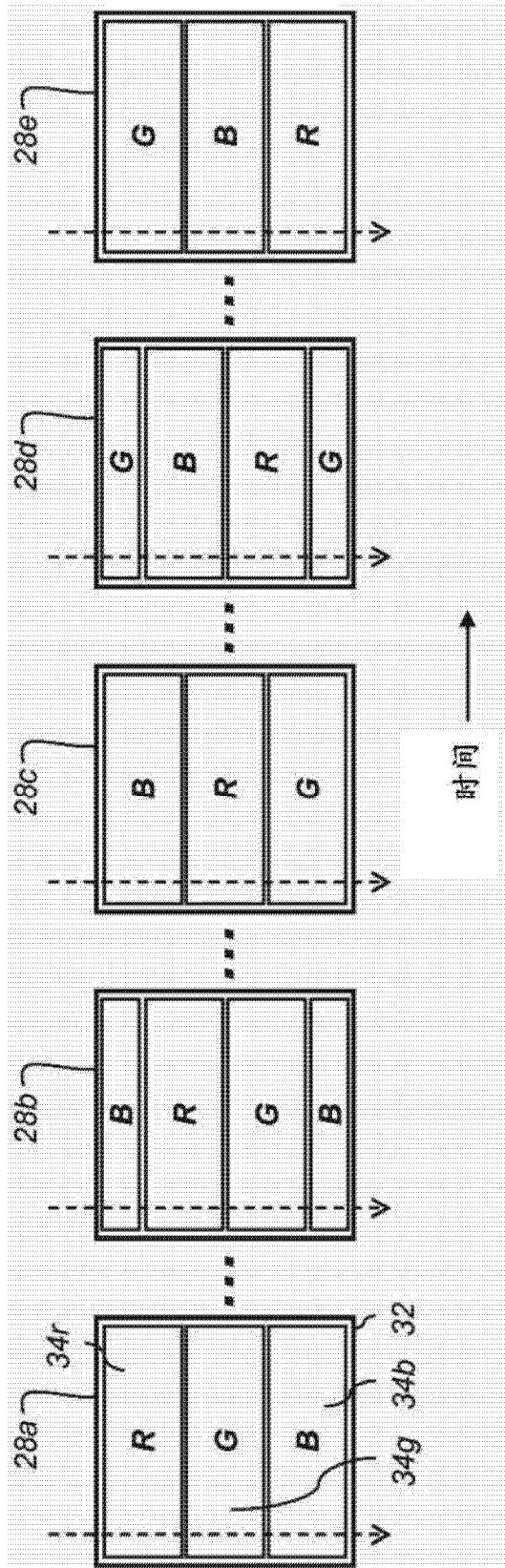


图 3A(现有技术)

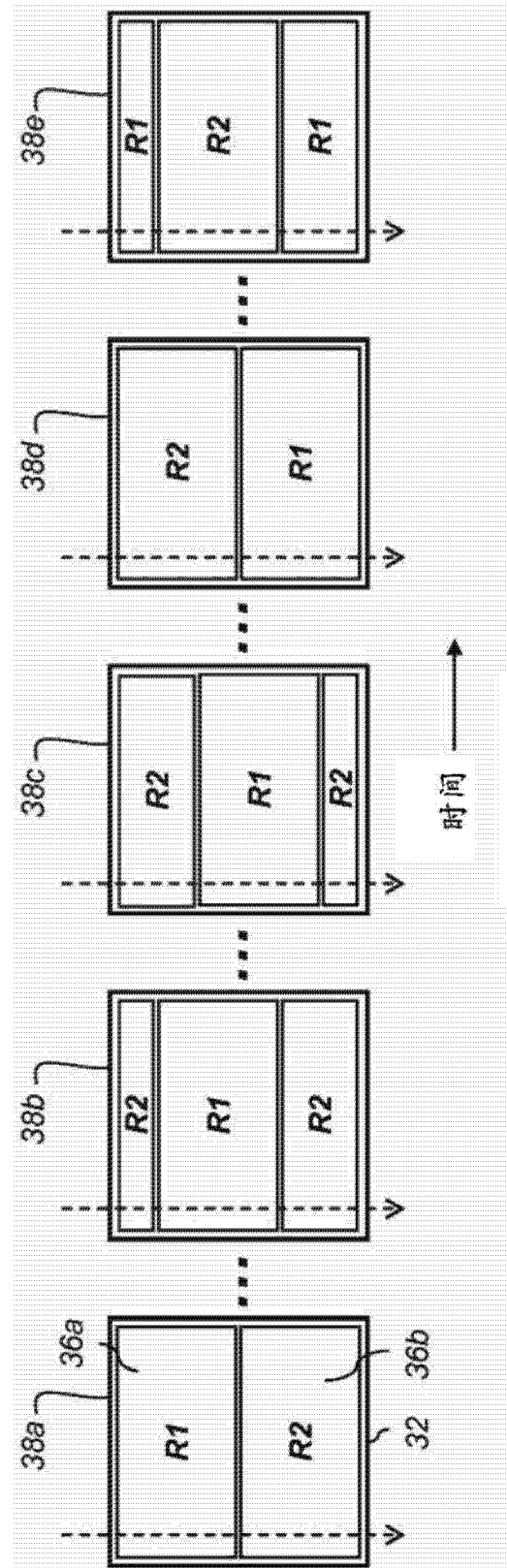


图 3B

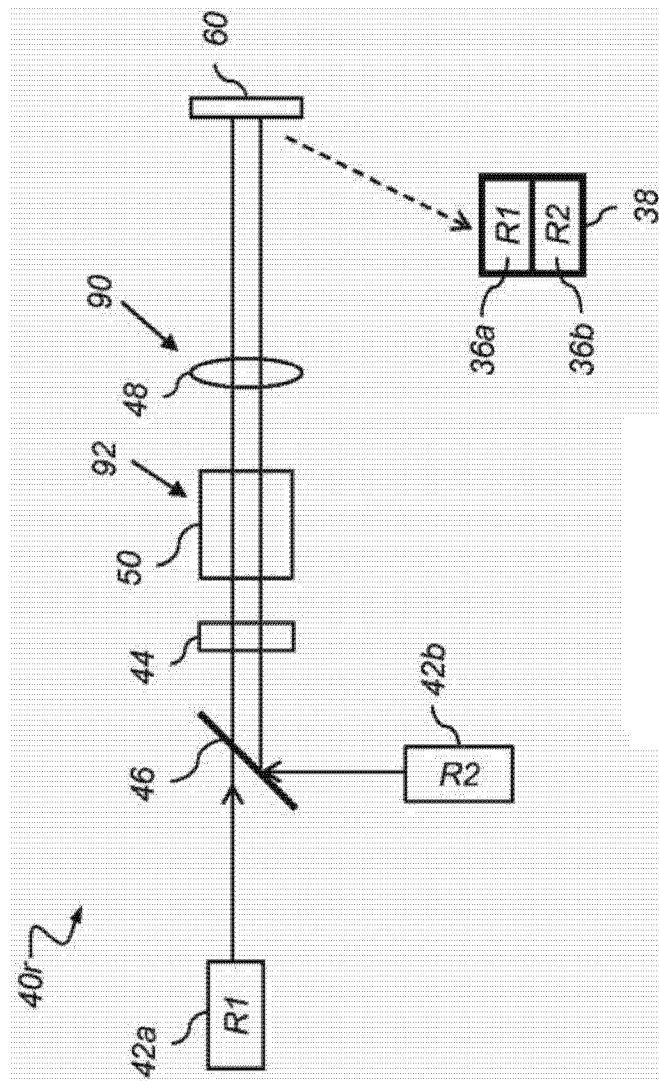


图 4A

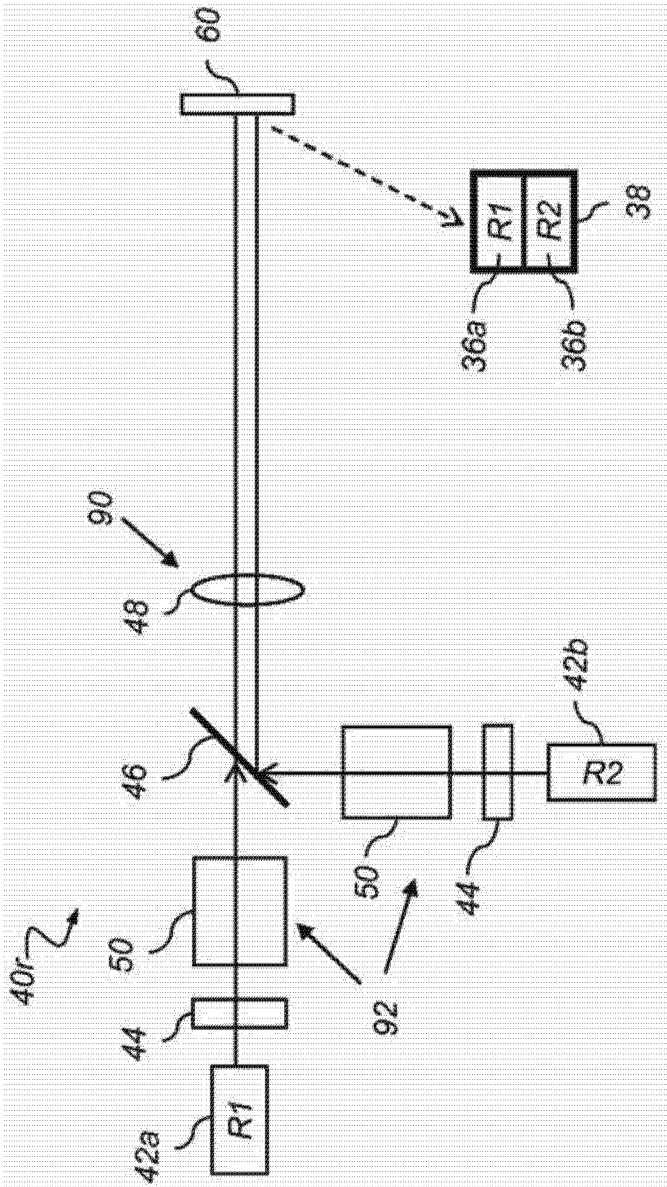


图 4B

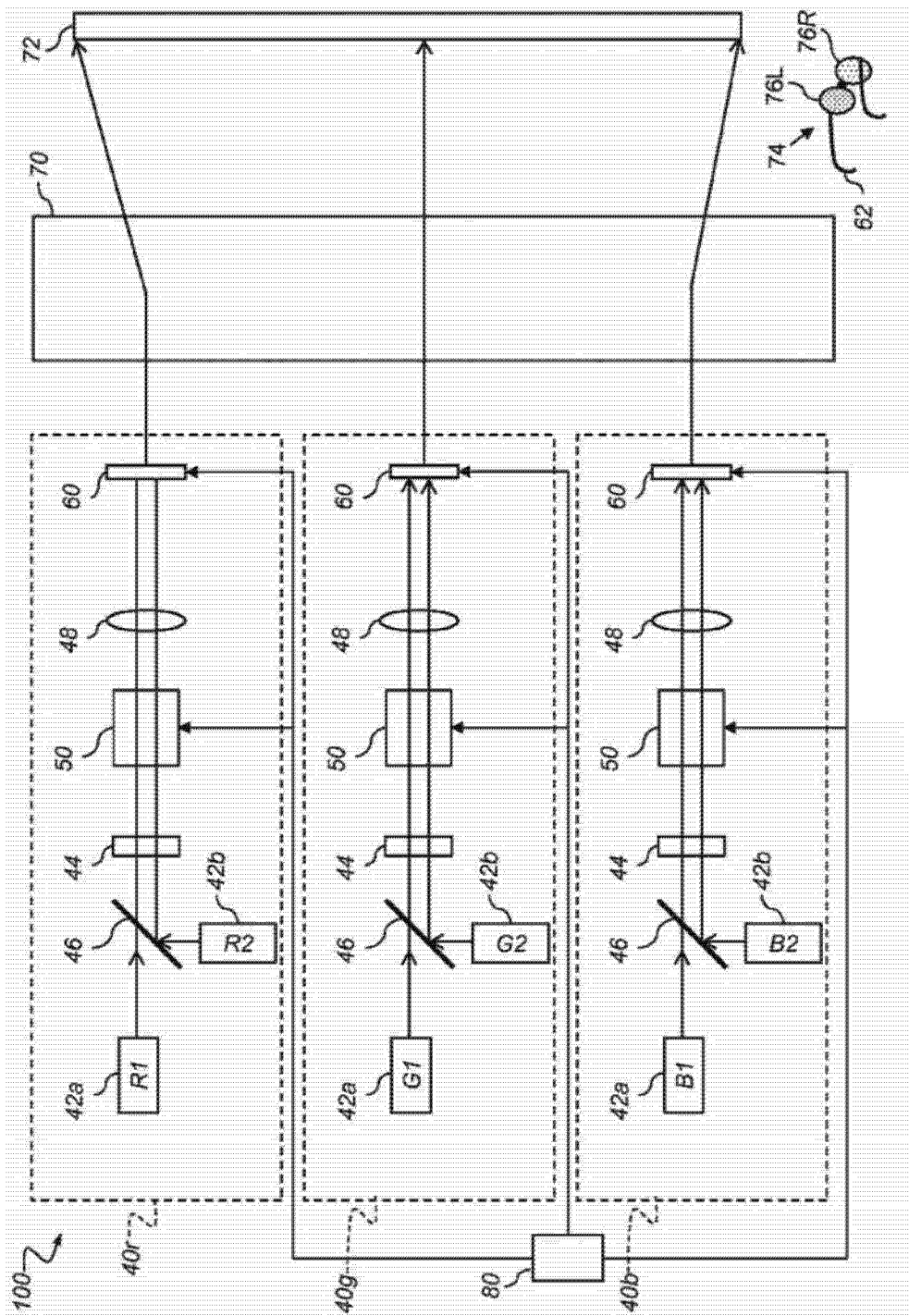


图 5

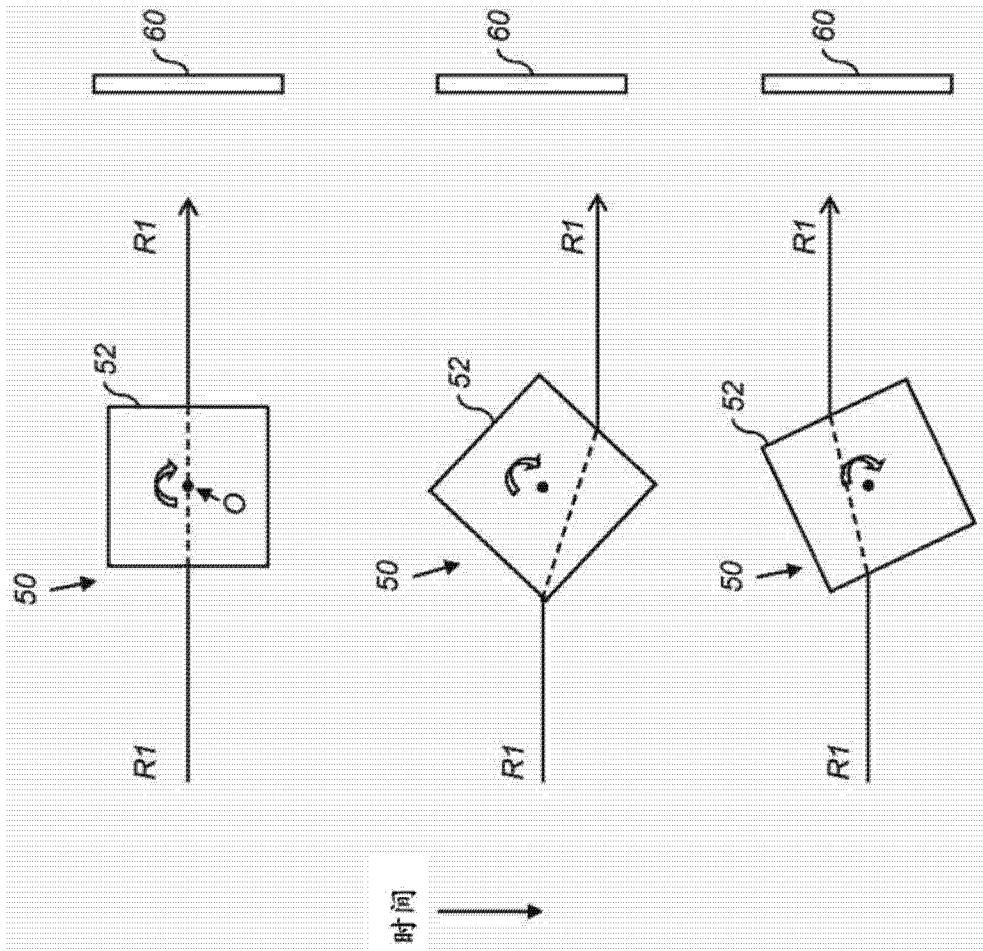


图 6A

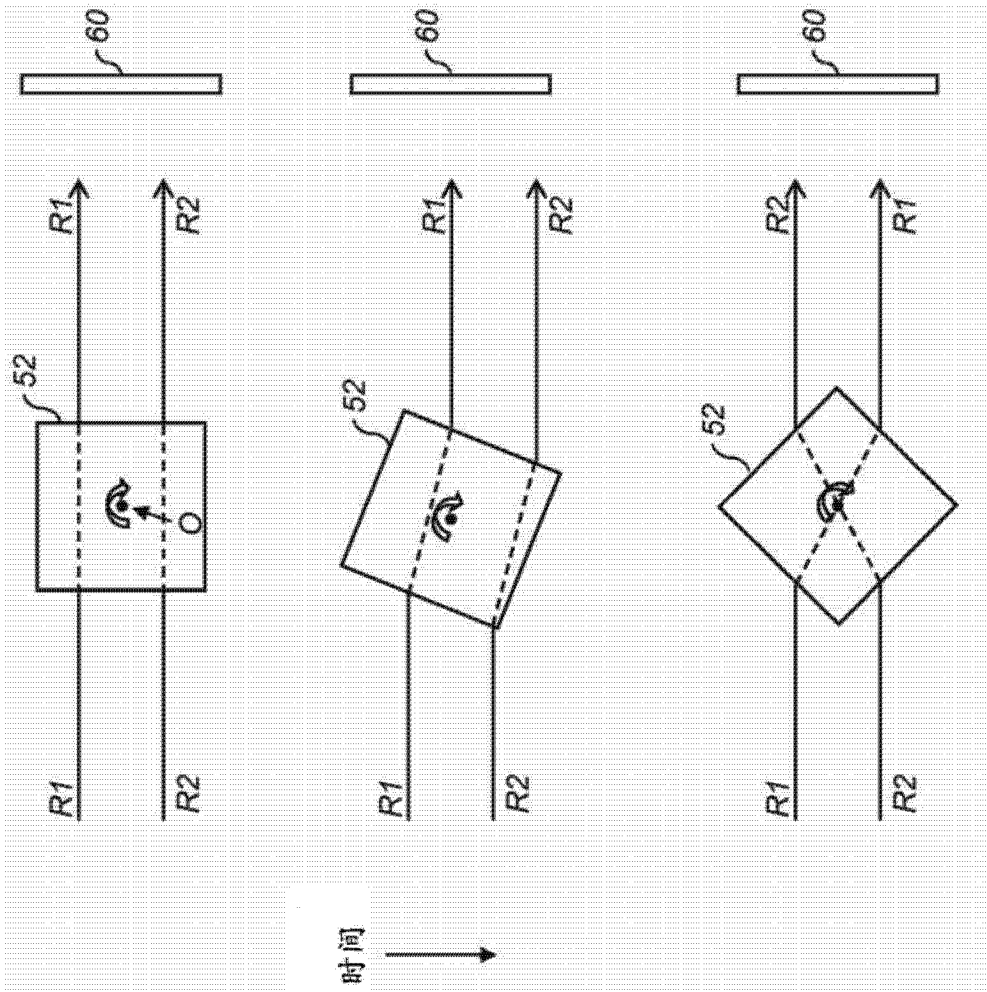


图 6B

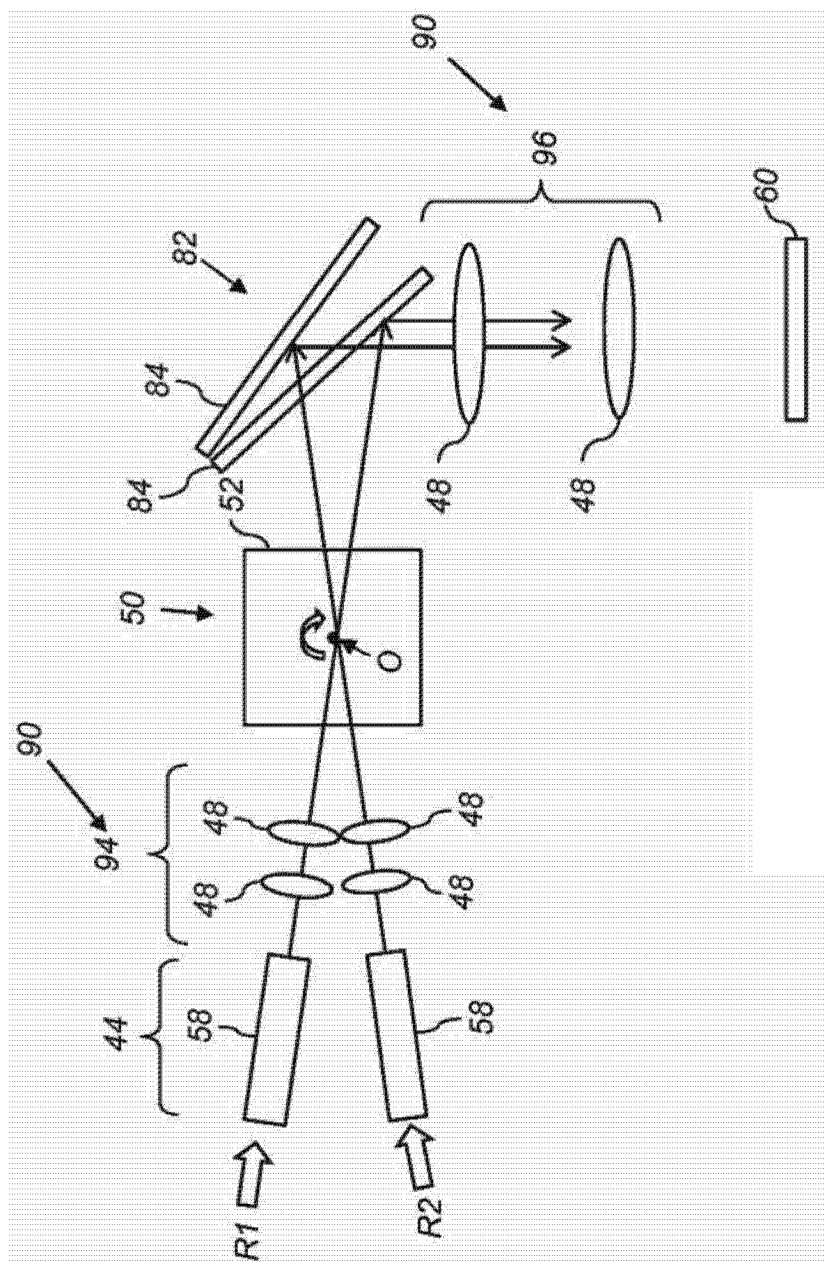


图 6C

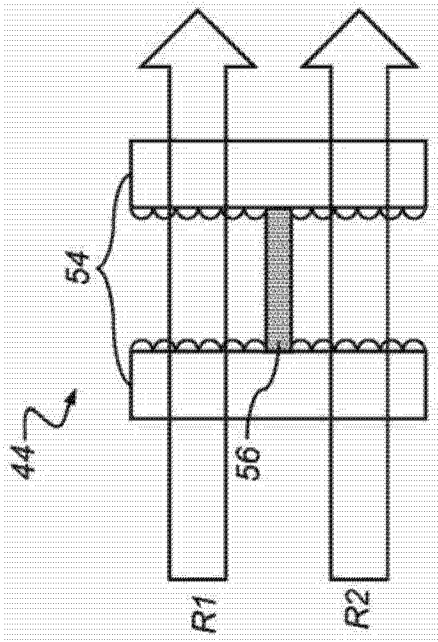


图 7A

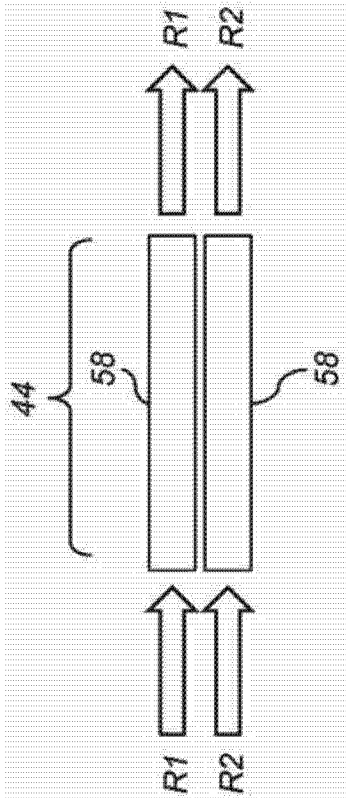


图 7B

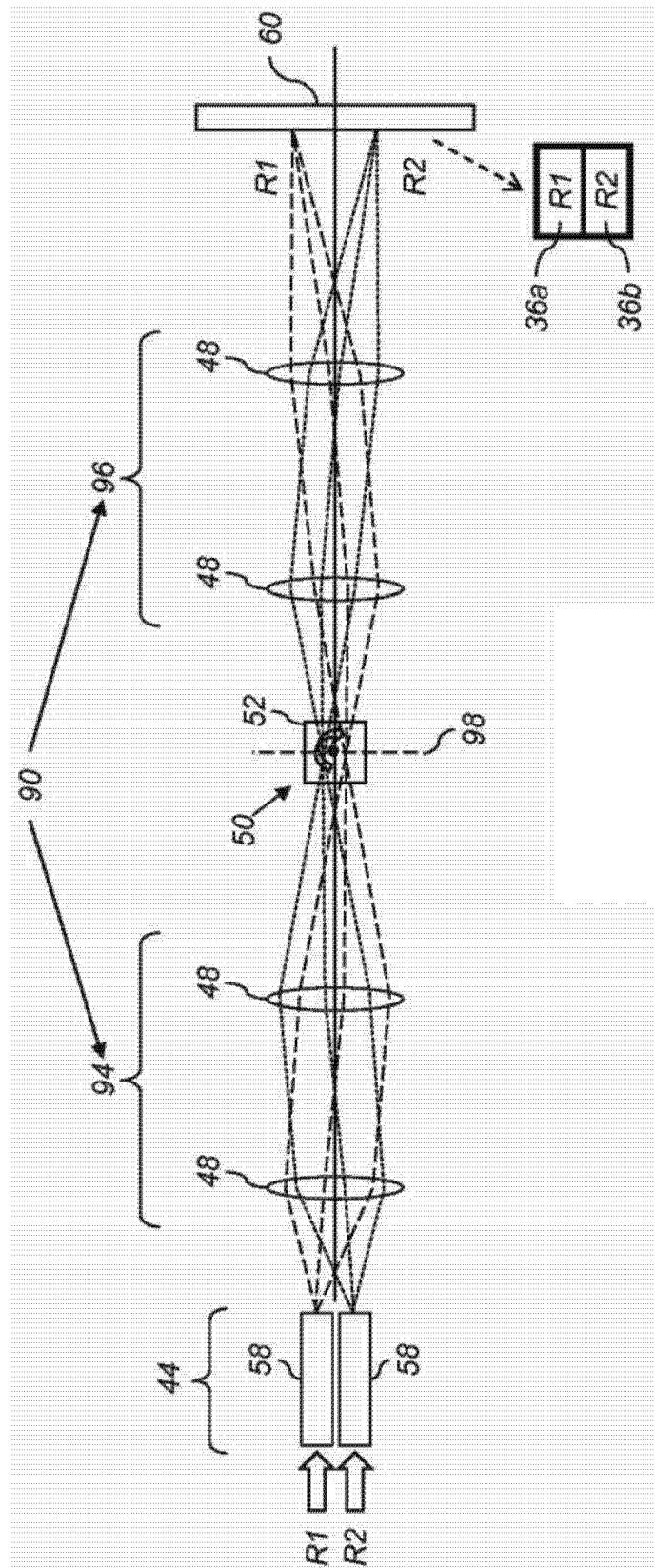


图 8

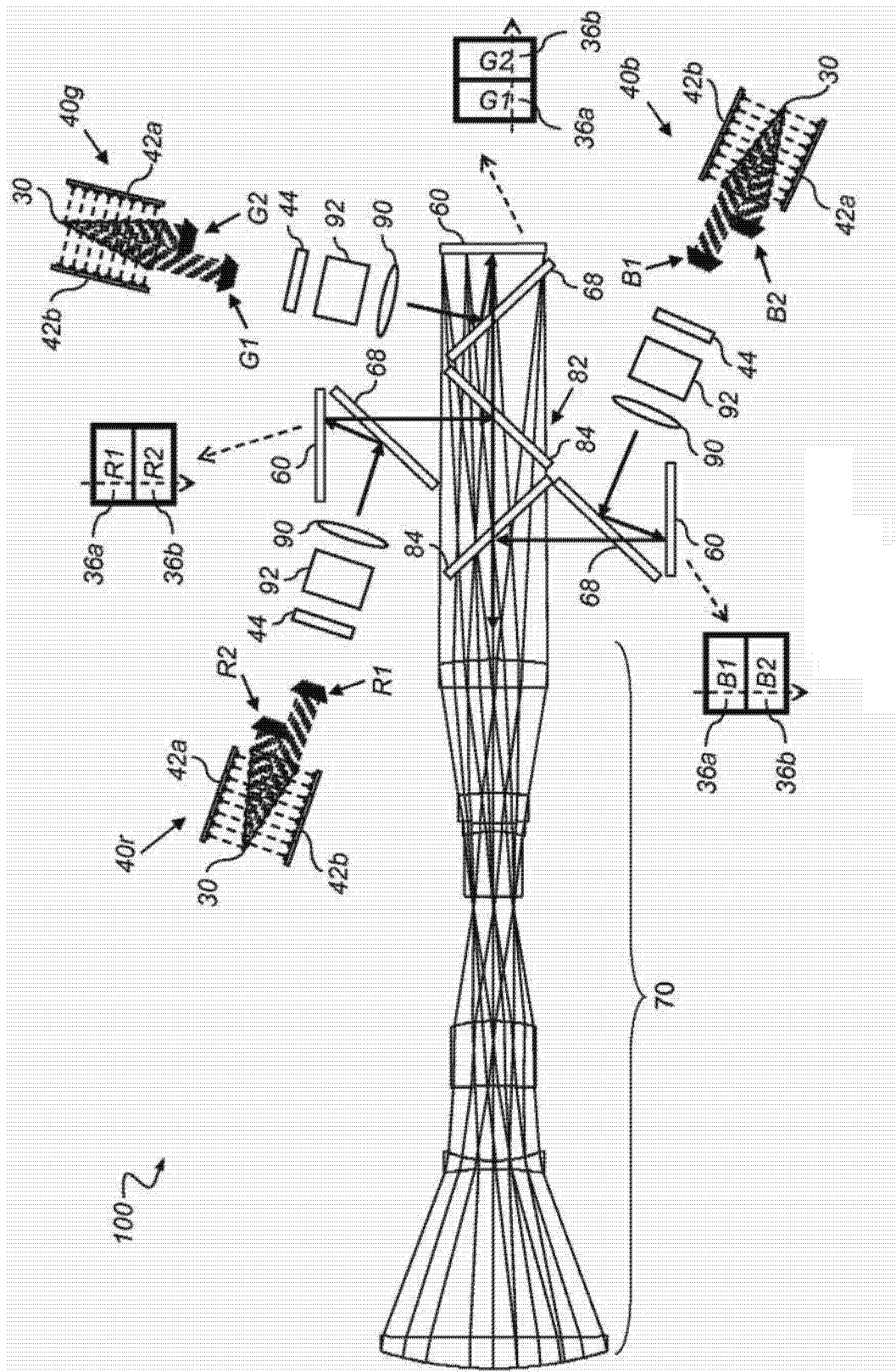


图 9

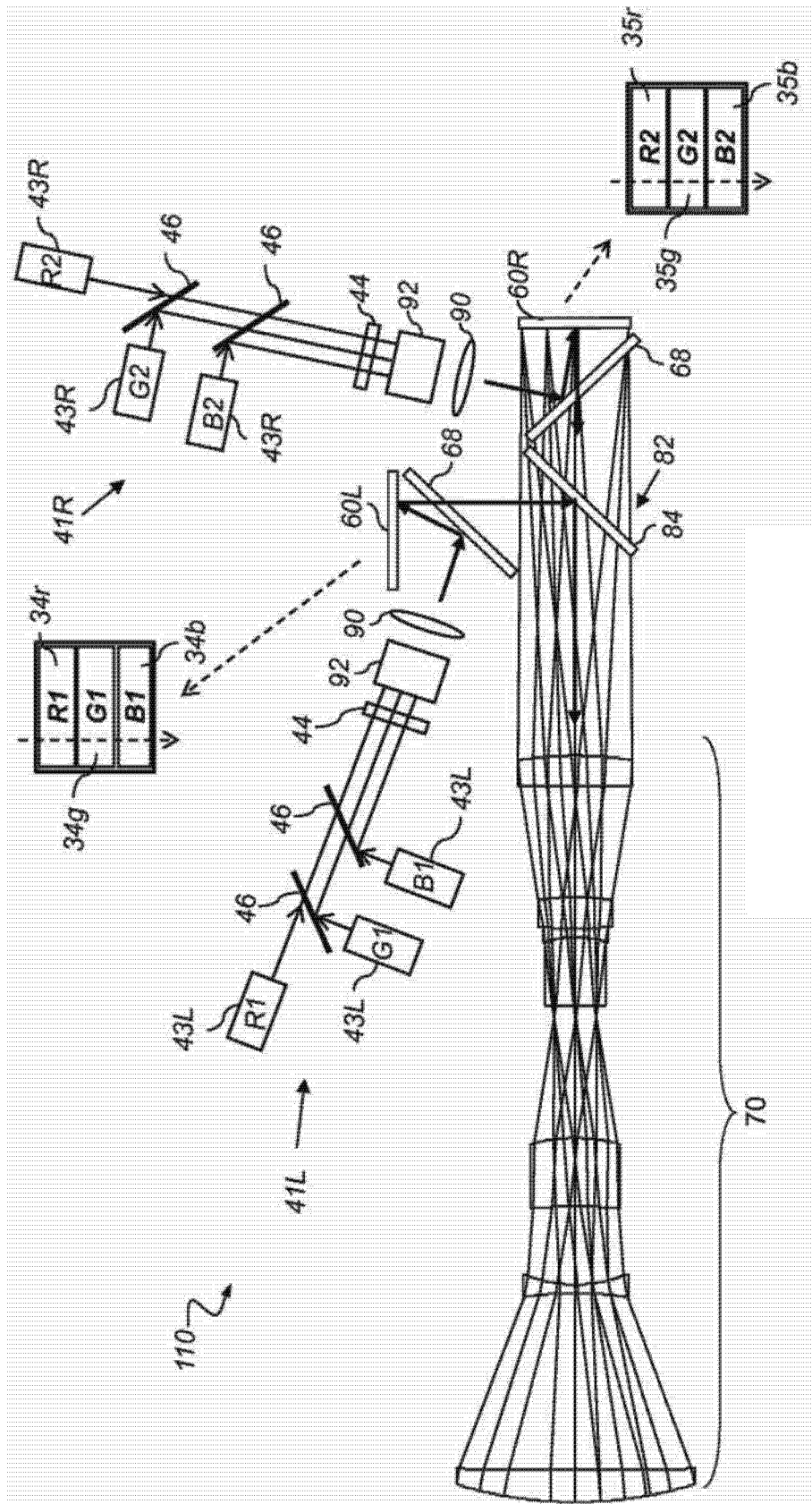


图 10

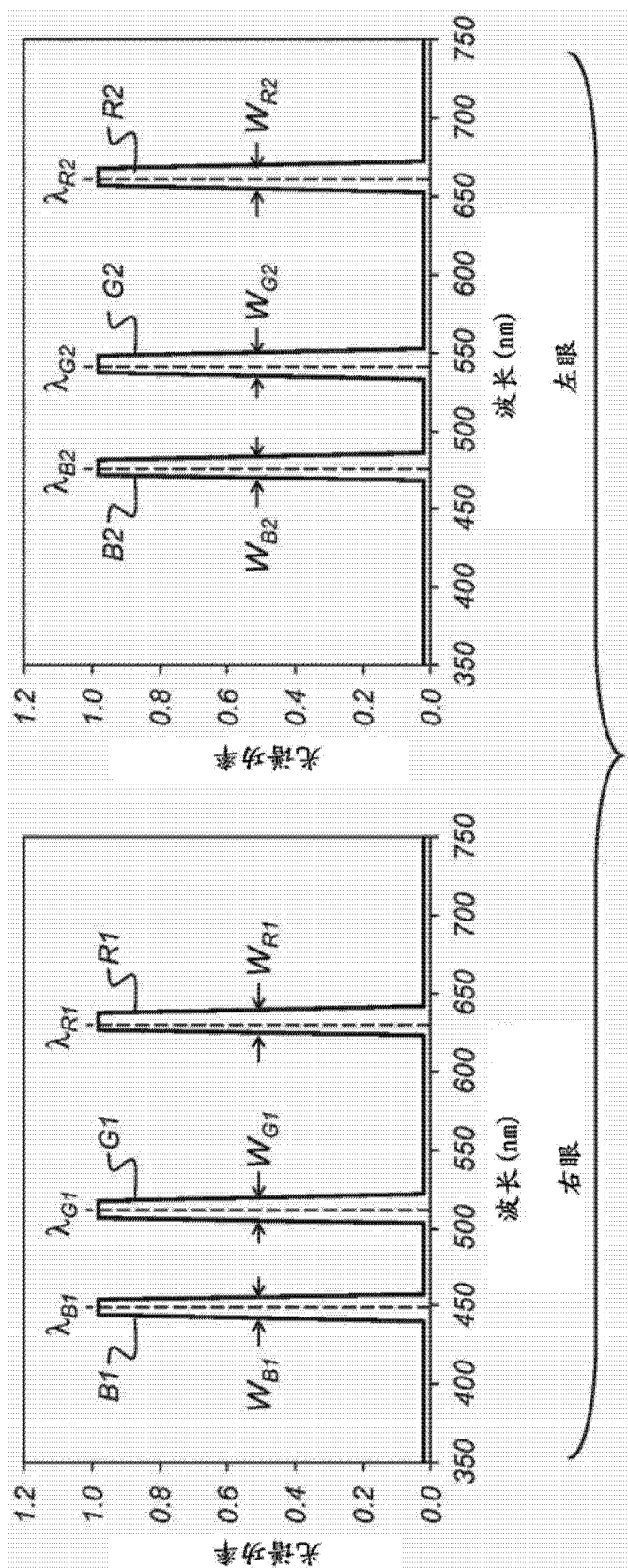


图 11A

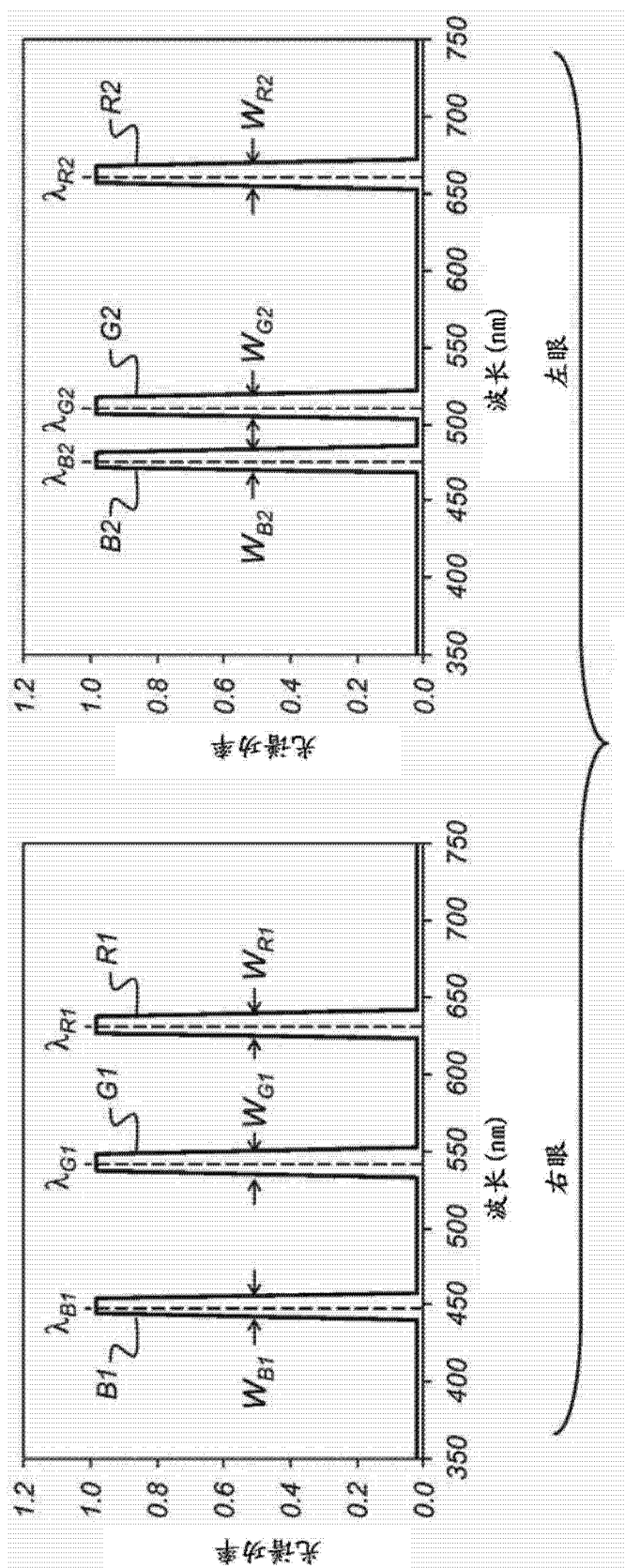


图 11B

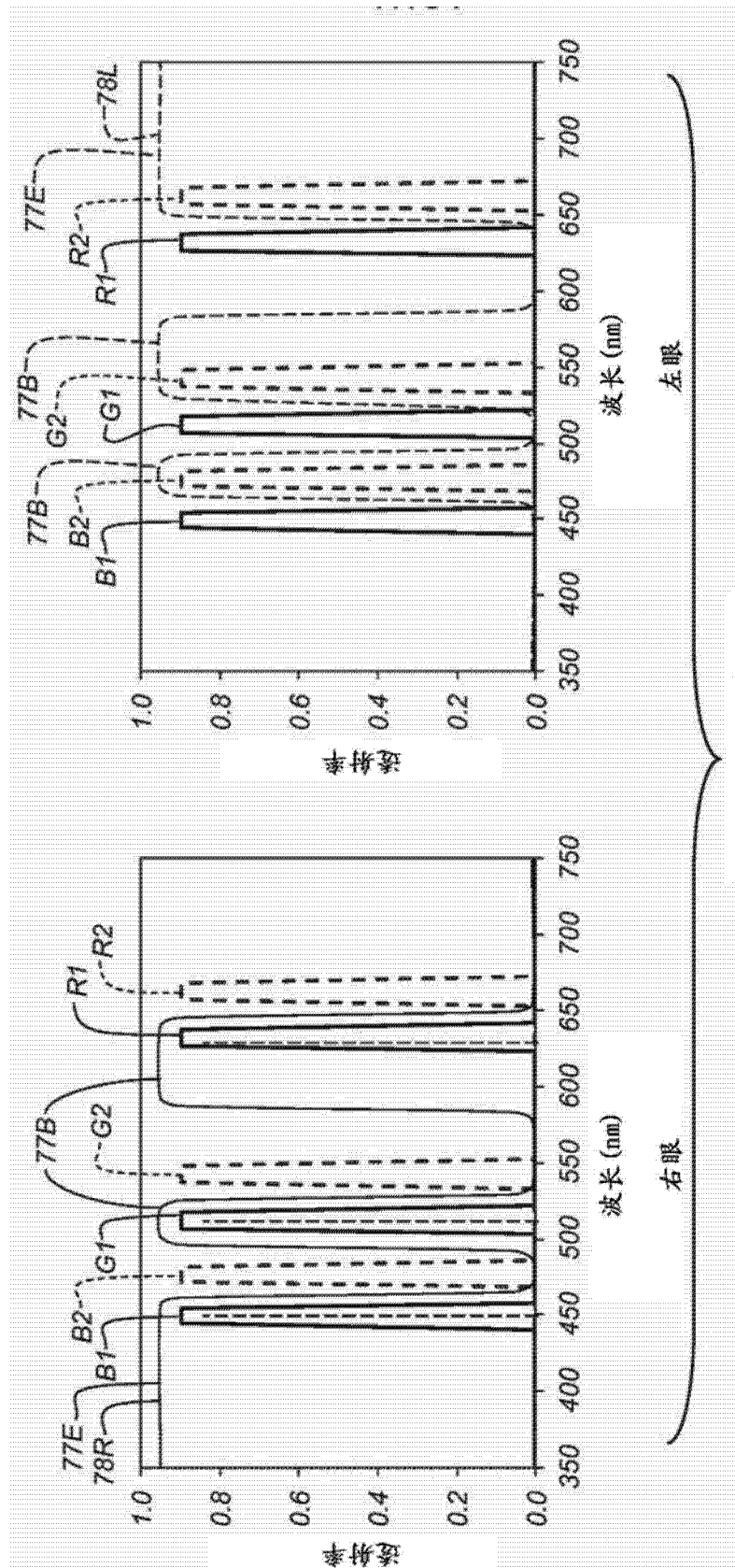


图 12A

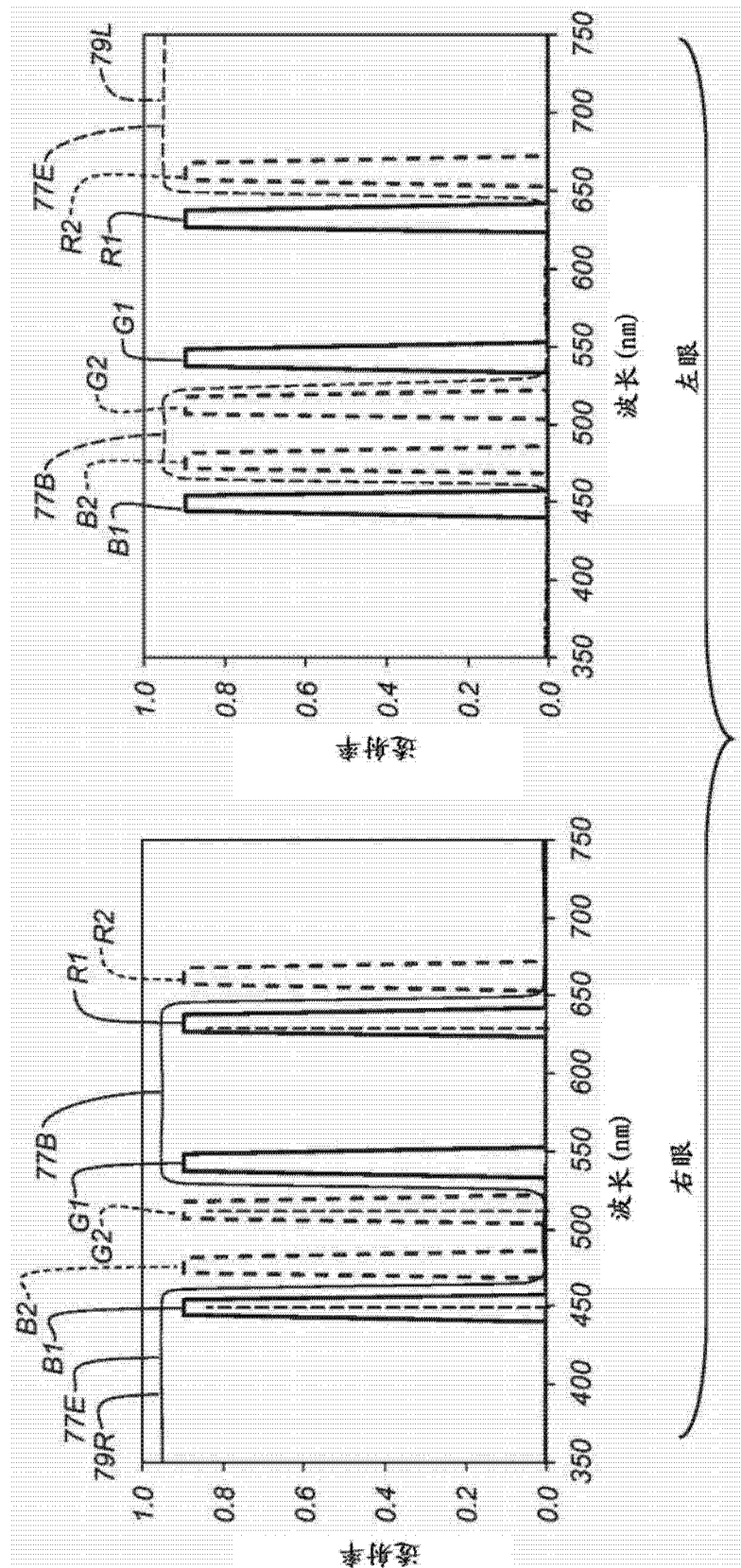


图 12B

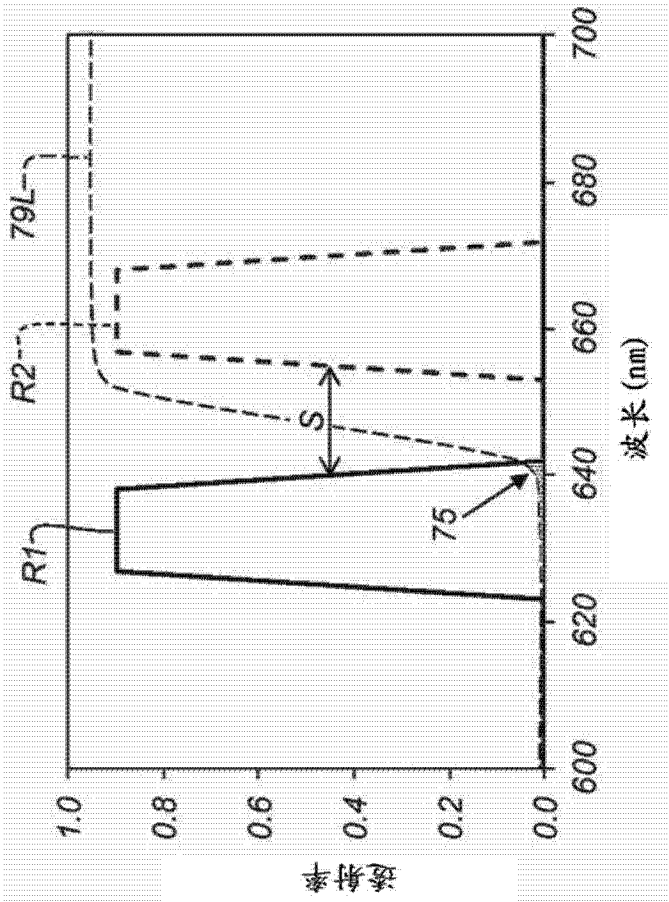


图 13

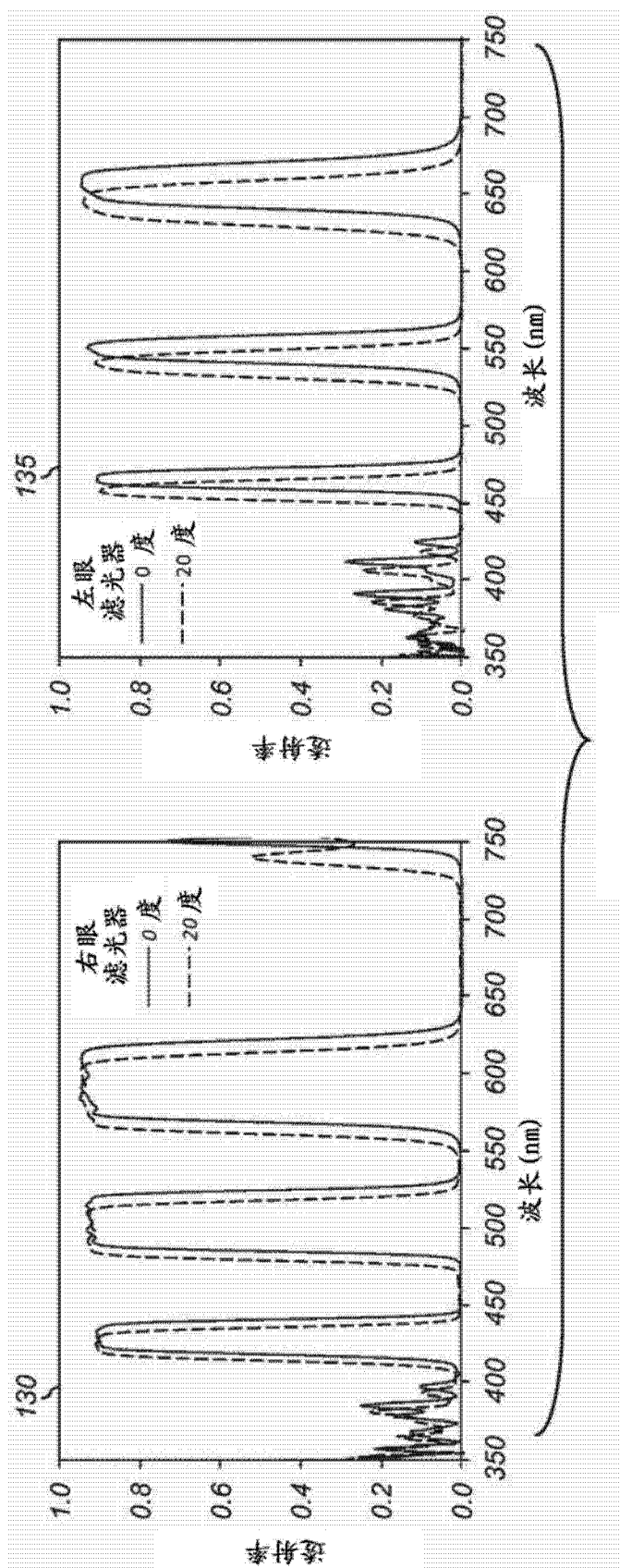


图 14

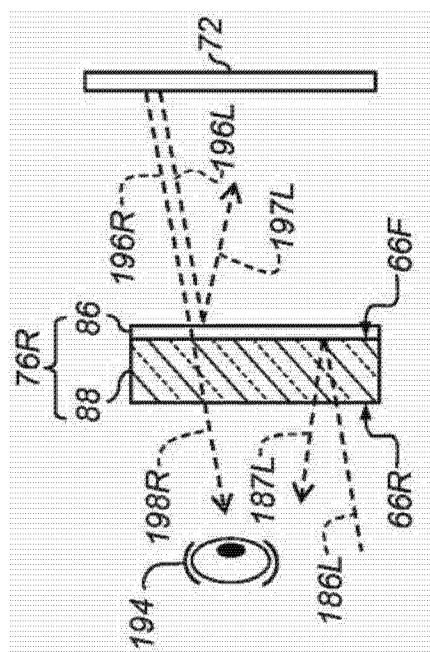


图 15A

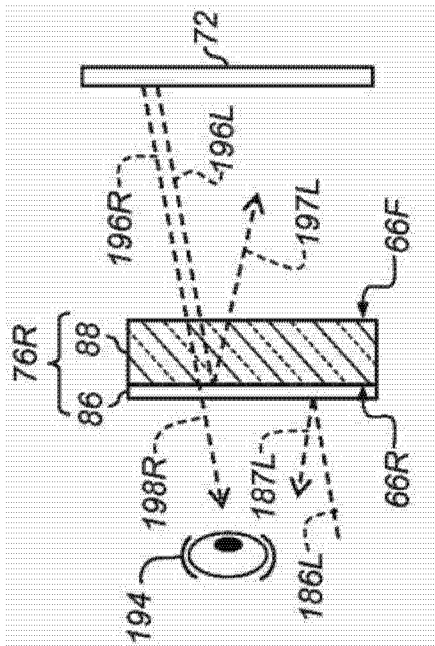


图 15B

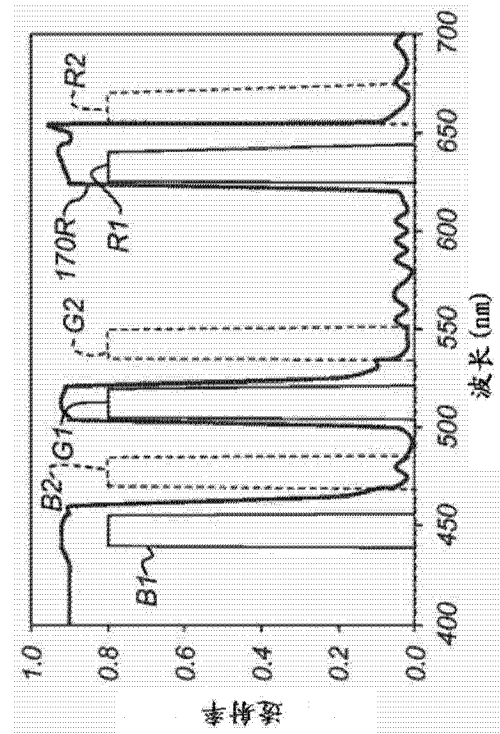


图 16A

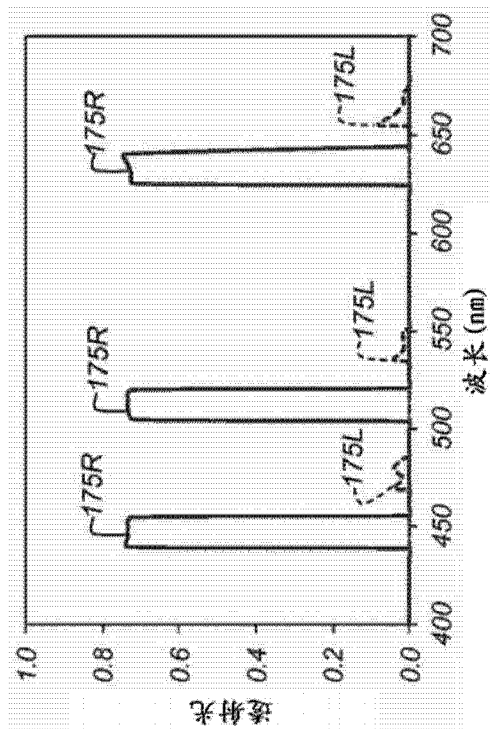


图 16B

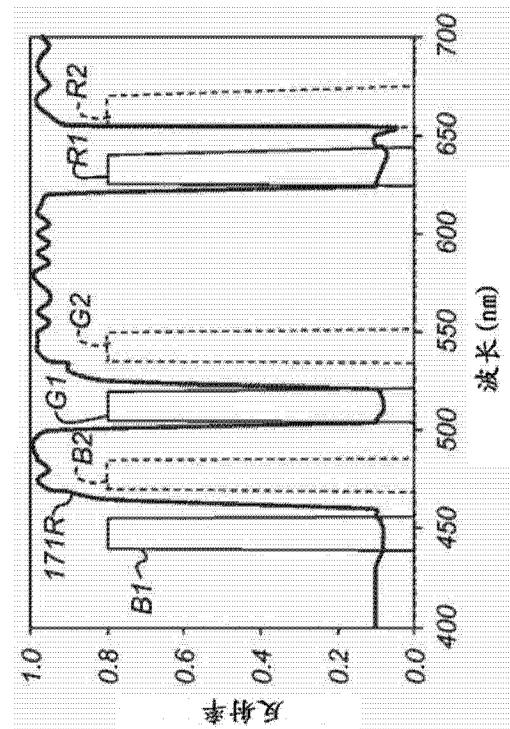


图 16C

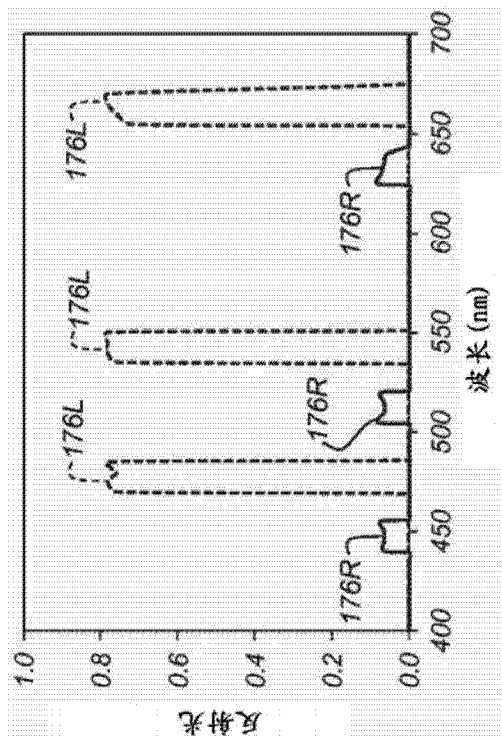


图 16D

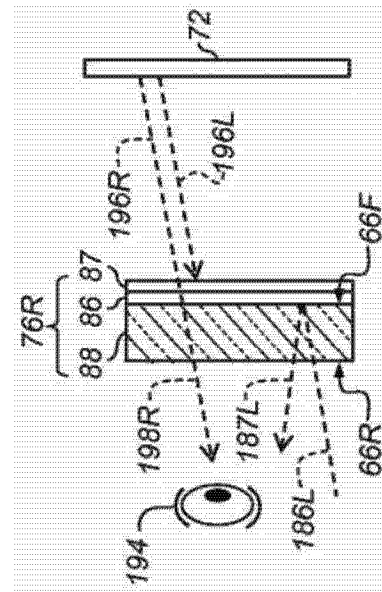


图 17A

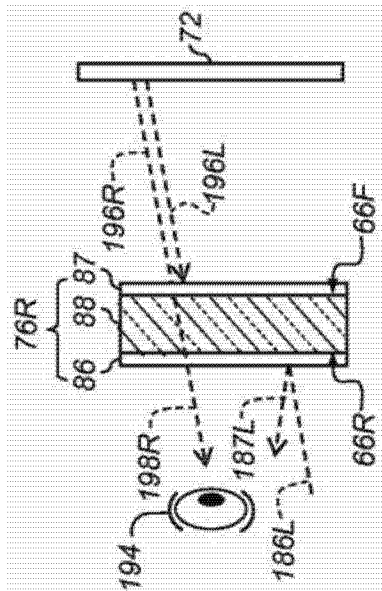


图 17B

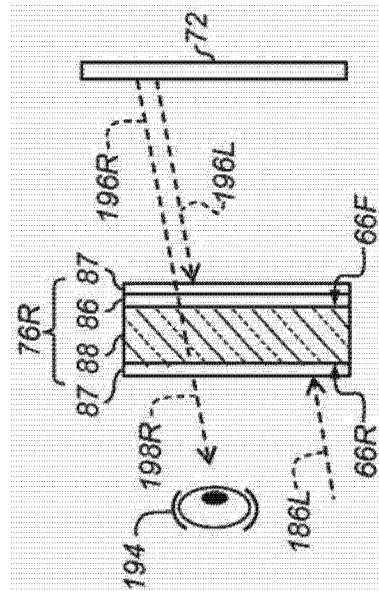


图 17C

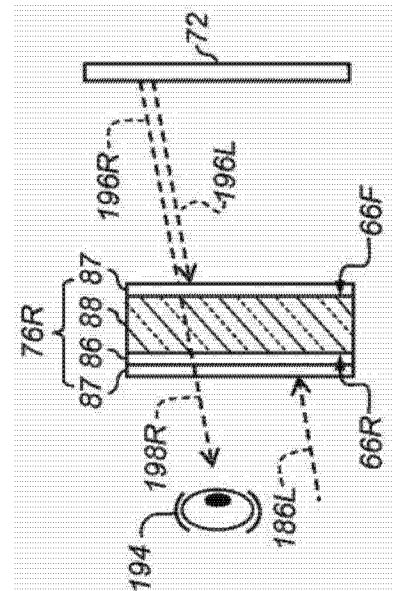


图 17D

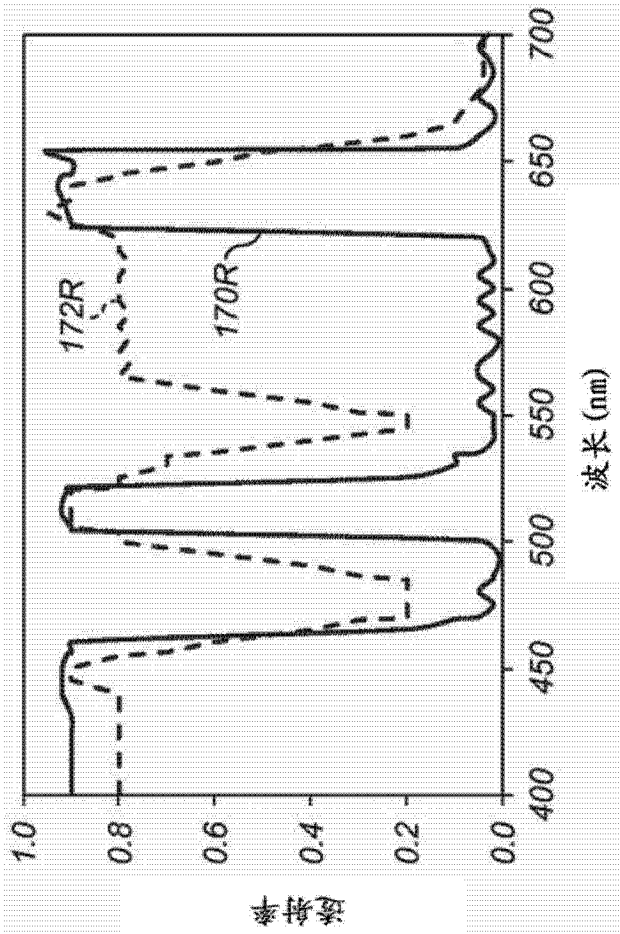


图 18

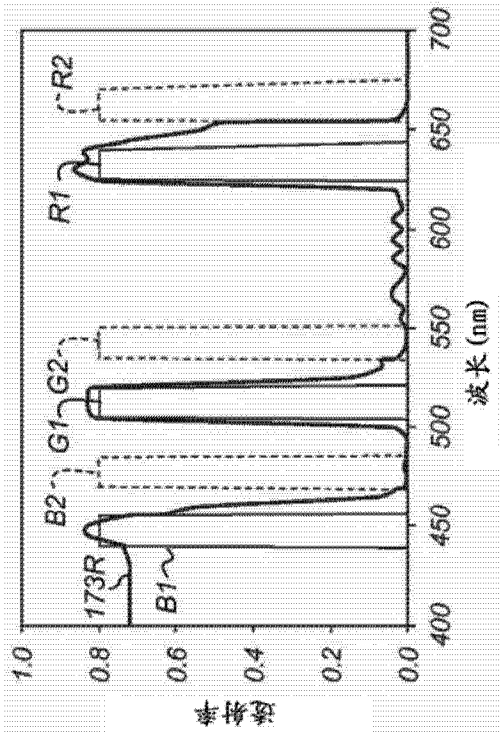


图 19A

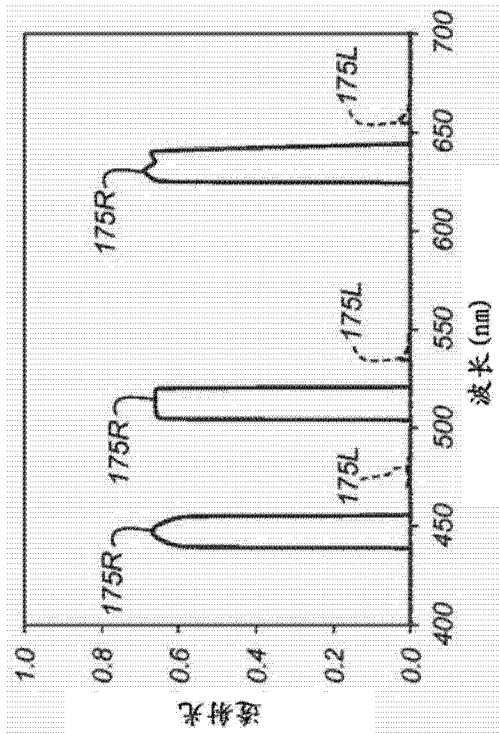


图 19B

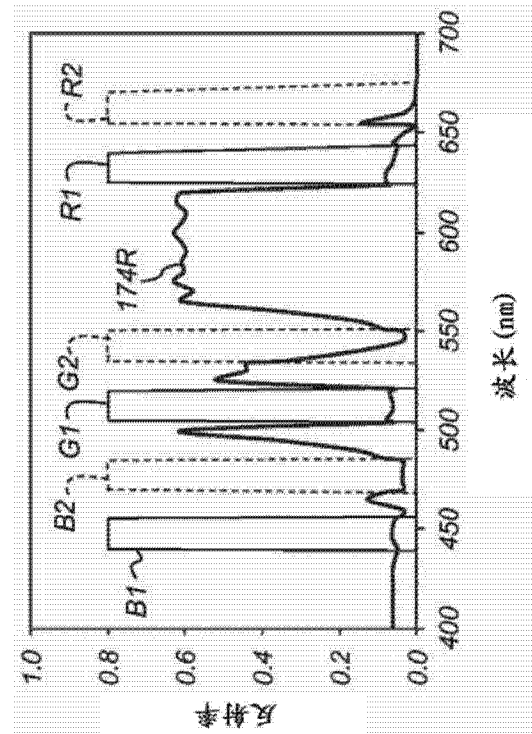


图 19C

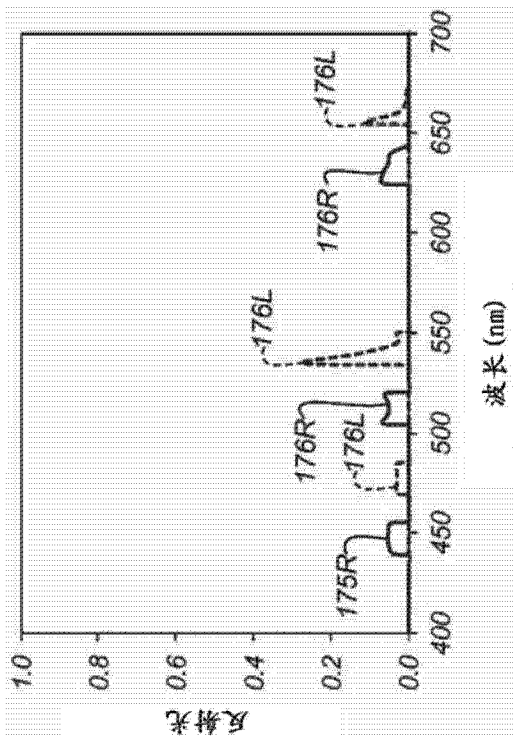


图 19D

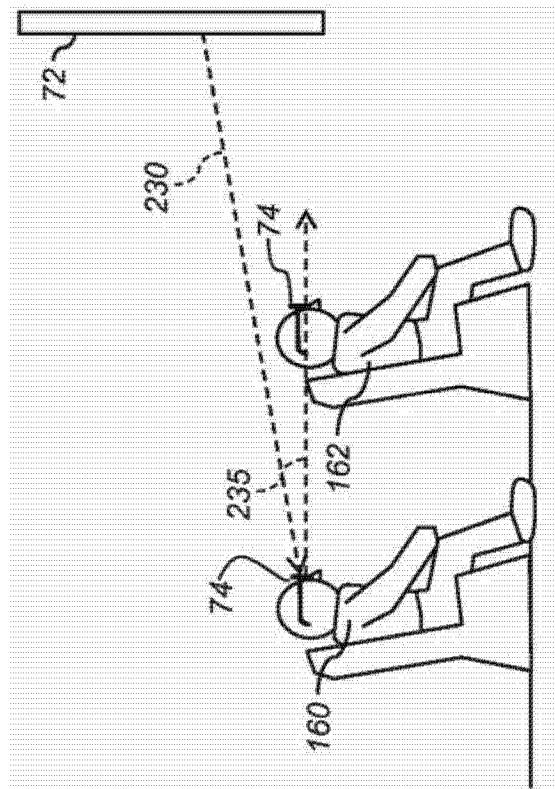


图 20A

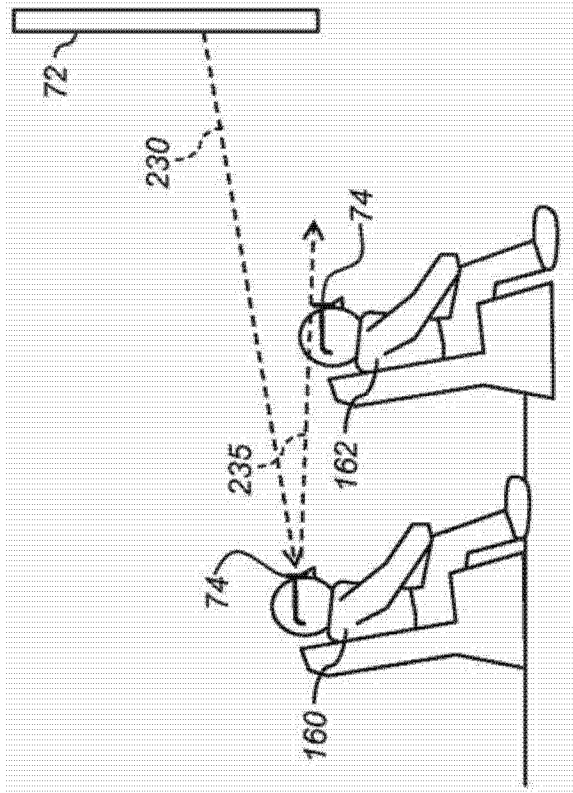


图 20B

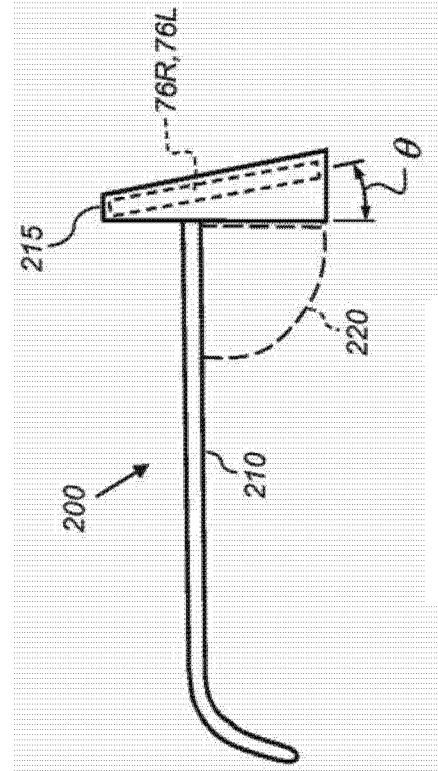


图 21A

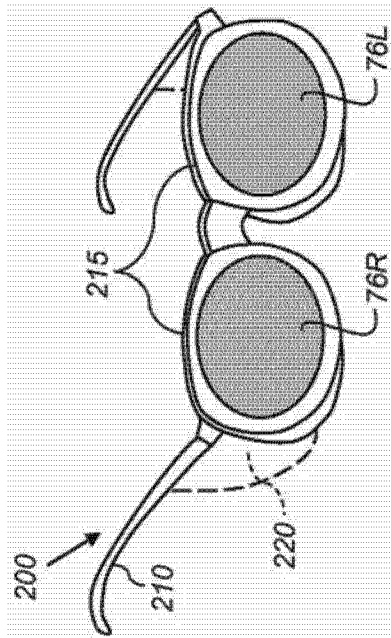


图 21B

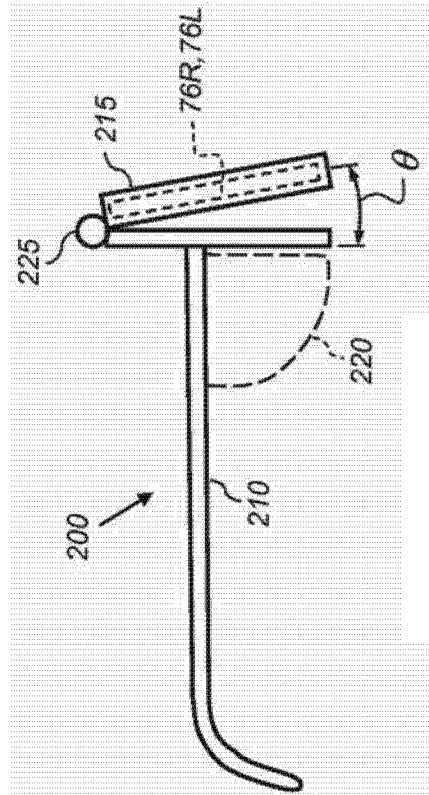


图 21C

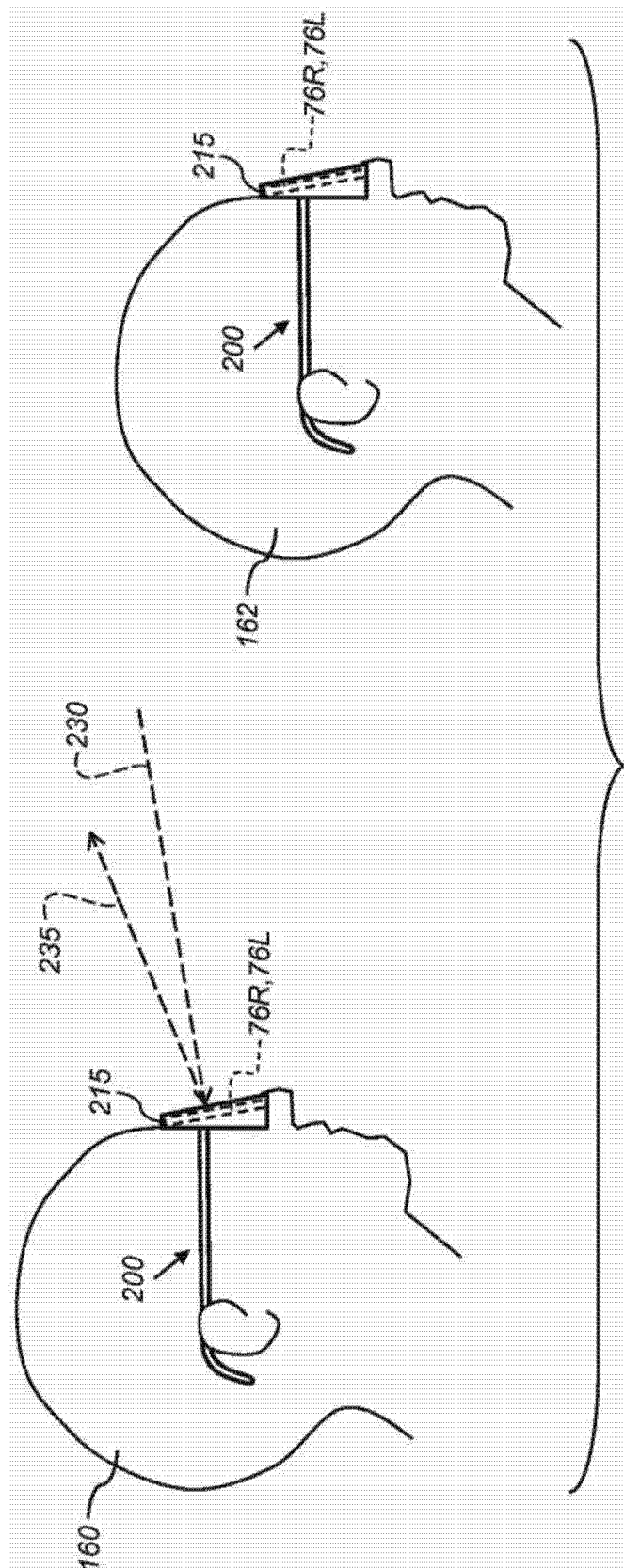


图 22

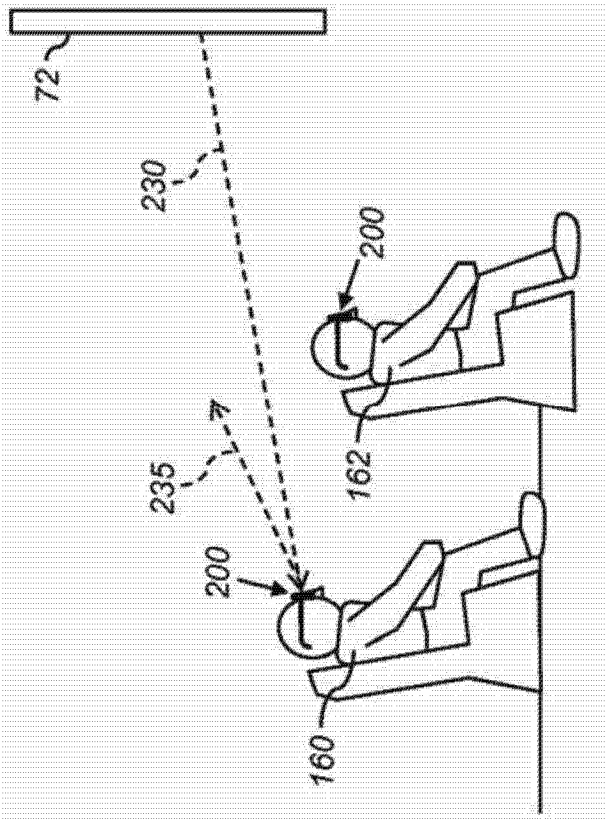


图 23

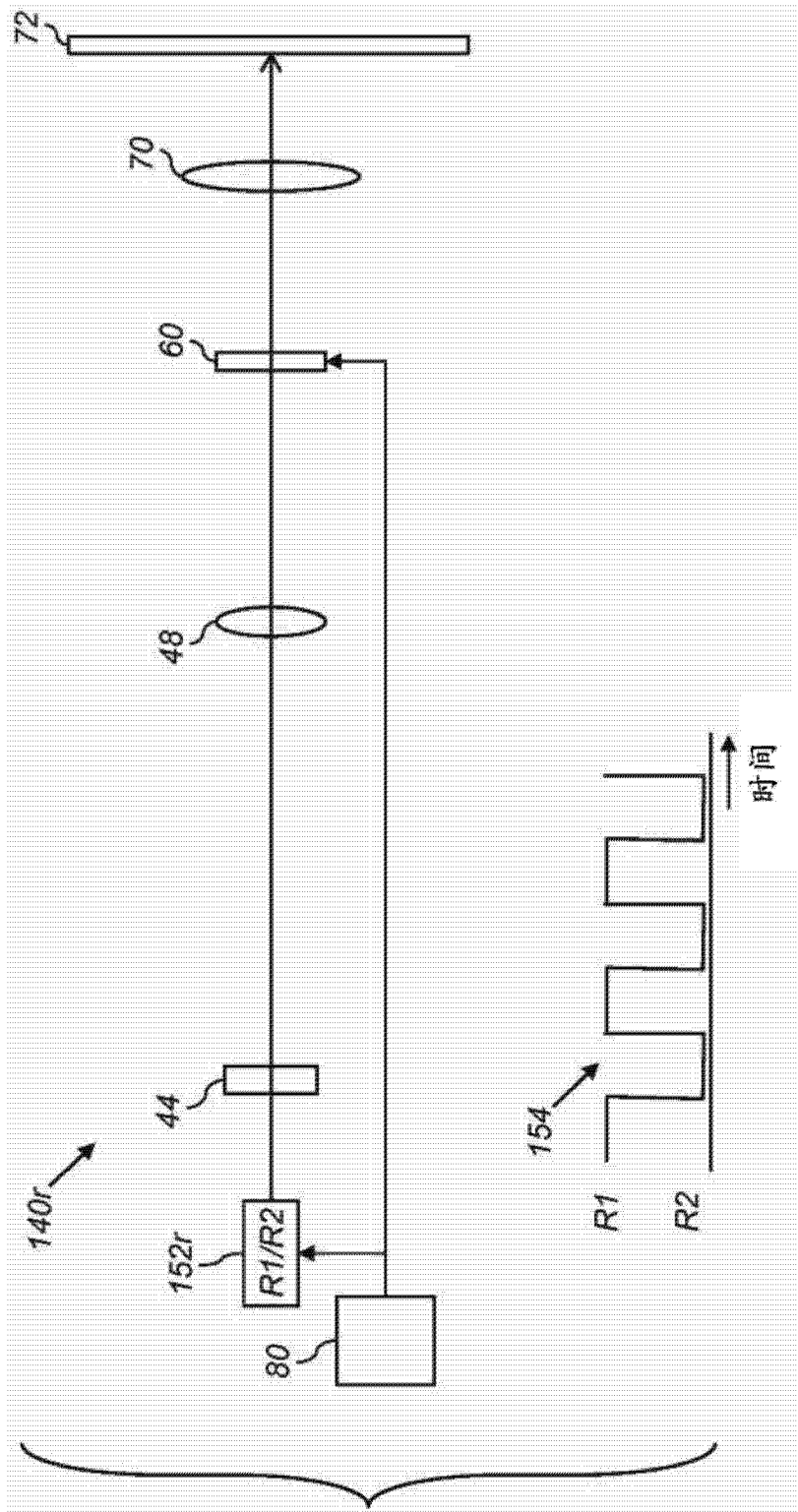


图 24

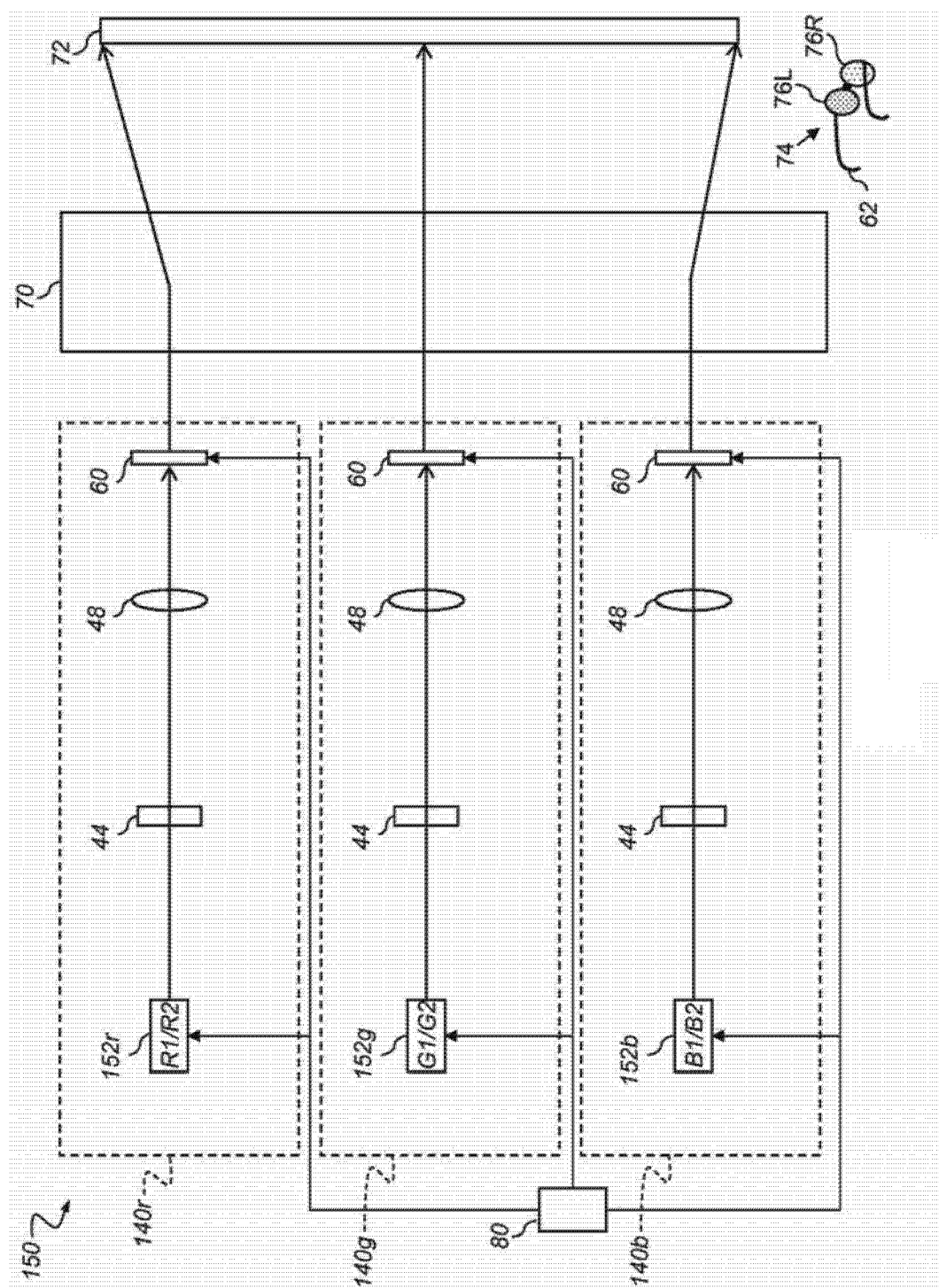


图 25