



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106461828 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201580021609.X

(22)申请日 2015.03.03

(30)优先权数据

61/947774 2014.03.04 US

62/077730 2014.11.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.10.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2015/050162 2015.03.03

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/131281 EN 2015.09.11

(71)申请人 诺瓦达克技术公司

地址 加拿大安大略省

(72)发明人 F.A.摩尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 王星 陈岚

(51)Int.Cl.

G02B 5/20(2006.01)

A61B 1/06(2006.01)

G02B 23/00(2006.01)

G03B 11/00(2006.01)

G02B 27/10(2006.01)

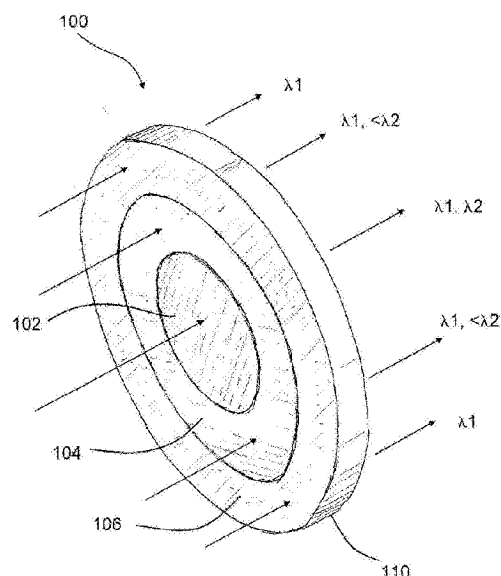
权利要求书2页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

空间和光谱滤波孔径以及包括其的光学成像系统

(57)摘要

提供一种滤波器,滤波器包括:中央滤波器区域,中央滤波器区域用来传输第一波长范围;外围滤波器区域,外围滤波器区域用来阻挡第二波长范围;以及在中央和外围滤波器区域之间的过渡滤波器区域,过渡滤波器区域用来传输或阻挡与要在中央或外围滤波器区域中被传输或被阻挡的第二波长范围不同的第二波长范围。更一般地,可以存在“N”个区域和至多达N-1个过渡区域。



1. 一种滤波器,包括:
中央滤波器区域,所述中央滤波器区域用来传输第一波长范围;
外围滤波器区域,所述外围滤波器区域用来阻挡第二波长范围;以及
在所述中央和外围滤波器区域之间的过渡滤波器区域,所述过渡滤波器区域用来传输或阻挡与要在所述中央和外围滤波器区域中被传输或被阻挡的所述第二波长范围不同的所述第二波长范围。
2. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述中央滤波器区域用来阻挡所述第二波长范围,并且所述过渡滤波器区域用来传输所述第二波长范围。
3. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述中央滤波器区域用来传输所述第二波长范围,并且所述过渡滤波器区域用来传输比所述外围滤波器区域更多的所述第二波长范围并且比所述中央滤波器区域更少的所述第二波长范围。
4. 根据权利要求3所述的滤波器,其中,所述过渡滤波器区域用来从所述中央滤波器区域到所述外围滤波器区域逐渐地改变所述第二波长范围的传输。
5. 根据权利要求3所述的滤波器,其中,所述过渡滤波器区域包括在用来传输所述第二波长范围的第二部分之间的用来阻挡所述第二波长范围的第一部分。
6. 根据权利要求5所述的滤波器,其中,所述过渡滤波器区域用来从所述中央滤波器区域到所述外围滤波器区域逐渐地增加对所述第二波长范围的阻挡。
7. 根据权利要求5所述的滤波器,其中,所述过渡滤波器区域的所述第一部分是与所述外围滤波器区域相同材料的。
8. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述过渡滤波器区域传输所述第一波长范围。
9. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述滤波器大体上使所述第一和第二波长范围的点扩散函数相等。
10. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述第一和第二波长范围部分地重叠。
11. 根据权利要求1所述的滤波器,其中,所述第一和第二波长范围不重叠。
12. 一种用于与多于一个波长范围一起使用的系统,所述系统包括:
邻近系统孔径的第一共轭的第一波长相关滤波器;以及
在所述系统孔径的第二共轭上的第二波长相关滤波器,其中所述第一和第二波长相关滤波器大体上使所述多于一个波长范围的点扩散函数相等。
13. 一种用在成像系统中的滤波器系统,具有用来将物体成像到成像平面上的系统孔径和光学系统,所述滤波器系统在所述系统孔径和所述成像平面之间,所述滤波器系统包括:
滤波器,具有:
在滤波器中央的第一滤波器区域,所述第一滤波器区域用来传输第一和第二波长范围;
第二滤波器区域,用来传输所述第一波长范围并且阻挡所述第二波长范围;以及
调节器,用来改变所述滤波器系统中的所述第一滤波器区域的有效尺寸。
14. 根据权利要求13所述的滤波器系统,其中,所述调节器用来在相对于所述成像平面的轴向空间中平移所述滤波器。
15. 根据权利要求13所述的滤波器系统,其中,所述第二滤波器区域包括定位在所述光

轴周围的多个滤波器部分,并且所述调节器用来在径向空间中平移所述多个部分。

16. 根据权利要求13所述的滤波器系统,其中,所述滤波器包括在其中具有多个第一滤波器区域的衬底,并且所述调节器用来在径向空间中平移所述衬底。

17. 根据权利要求16所述的滤波器系统,其中,所述调节器用来旋转所述滤波器。

18. 一种对至少第一波长范围和第二波长范围滤波的方法,所述方法包括:

传输所述第一波长范围的中央部分;

阻挡所述第二波长范围的外围部分;以及

传输或阻挡在中央部分和所述外围部分之间的所述第二波长范围的过渡部分,其与在所述中央部分和所述外围部分中被传输或被阻挡的所述第二波长范围不同。

19. 根据权利要求18所述的方法,还包括阻挡所述第二波长范围的所述中央部分,其中传输所述过渡部分中的所述第二波长范围。

20. 根据权利要求18所述的方法,还包括传输所述第二波长范围的所述中央部分,其中所述过渡部分传输比所述外围部分更多的所述第二波长范围并且比所述中央部分更少的所述第二波长范围。

21. 一种套件,包括:

如权利要求1到11中的任一项所述的滤波器;以及

用来分离所述第一和第二波长范围的分束器。

22. 根据权利要求21所述的套件,还包括多个中继。

23. 根据权利要求21所述的套件,还包括物镜。

24. 一种内窥镜,包括如权利要求1到11中的任一项所述的滤波器。

25. 根据权利要求24所述的内窥镜,其中,所述滤波器定位在所述内窥镜的系统孔径或其共轭上或者附近。

26. 根据权利要求24所述的内窥镜,其中,所述滤波器不定位在所述内窥镜的系统孔径或其共轭上或者附近。

空间和光谱滤波孔径以及包括其的光学成像系统

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请与2014年3月4日提交的美国临时申请号61/947,774和2014年11月10日提交的美国临时申请62/077,730相关,在此通过引用将其全部公开内容并入本申请。

技术领域

[0002] 本公开内容一般涉及成像领域。更具体地说,本公开内容涉及改进光学成像系统的成像质量。

背景技术

[0003] 光束通过光学系统所走的路径将随着波长而改变。光学成像系统展示对于不同的波长不同的几何像差,诸如慧形像差和球面像差。在成像平面上,与相应的波长相关联的光线不仅展示像差的变化(球状色差是其中球面像差随着波长而改变的情况),而且展示位置的变化。例如,诸如望远镜的成像系统可以形成星体的图像,使得图像的蓝色、绿色和红色部分展示轻微不同的光斑尺寸和光斑位置。横向色散(即对于不同波长不同的放大率)导致对于一个波长的光斑形成在成像平面中相对于另一波长的光斑质心不同的位置。轴向色散(即对于不同波长的不同焦平面)导致对于一个波长的最佳图像形成在与针对另一波长的不同相不同的轴向位置。更一般地说,诸如球面、彗散、慧形、场曲、畸变的所有像差随着波长而改变。

[0004] 当物体的像由诸如照相机的成像设备形成时,设备对于光学信息的影响可以通过各种手段描述。例如,点源的图像将根据设备的点扩散函数(PSF)被改变。PSF表征当构建图像场景时成像系统如何改变物体场景中的精细细节。图像展示由设备带来的、并且本不是物体的一部分的像差。更一般地说,像场分辨率和对比度将由成像设备的调制传递函数(MTF)确定。PSF和MTF两者都将展示波长相关性、系统孔径几何结构相关性、和像差相关性;即,MTF将对于不同的波长而不同,并且对于不同的孔径几何结构而不同,并且还将取决于最终波阵面衍射受限或像差受限的程度。

[0005] 真实成像系统的PSF、MTF、和其他这样的特征计及并且包括衍射效应和像差效果。例如,如果像差被引入成像系统中,MTF和PSF两者都将改变,从而降低了成像质量。当孔径被减小时,跨整个视场像差受限的系统将示出改进的性能。然而在这样的系统中,可能出现一个波长是造成离轴性能退化的最主要原因。

[0006] 一些成像系统展示比轴上像差更多的离轴像差,并且将利用渐晕作为控制离轴像差(其本将会不利地影响成像质量)的手段。渐晕涉及选择性地阻止外围光线抵达成像平面。例如,慧形像差可以通过阻止一些与离轴场位置相关联的光线抵达成像平面而被减小。这些光线可以在系统孔径光阑之前和/或之后的区域中被阻挡。光线可以通过限制(渐晕)孔径的插入或者通过减小未放置在系统孔径光阑处的透镜的尺寸而被阻挡。然而,在成像多于一个波长的系统中,其中不同的波长具有不同的强度,这样的渐晕可以减少过多低强度波长的光,使得对于低强度波长的图像可能不是可辨别的。

发明内容

[0007] 一个或多个实施例针对滤波器,其包括:中央滤波器区域,中央滤波器区域用来传输第一波长范围;外围滤波器区域,外围滤波器区域用来阻挡第二波长范围;以及在中央和外围滤波器区域之间的过渡滤波器区域,过渡滤波器区域用来传输或阻挡第二波长范围,其与要在中央和外围滤波器区域中被传输或被阻挡的第二波长范围不同。

[0008] 中央滤波器区域可以阻挡第二滤波器范围,并且过渡滤波器区域用来传输第二波长范围。中央滤波器区域可以传输第二波长范围,并且过渡滤波器区域可以传输比外围滤波器区域更多的第二波长范围、并且比中央滤波器区域更少的第二波长范围。

[0009] 过渡滤波器区域可以从中央滤波器区域到外围滤波器区域逐渐地改变第二波长范围的传输。过渡滤波器区域可以包括将要阻挡第二波长范围的第一部分,其在将要传输第二波长范围的第二部分之间。过渡滤波器区域可以从中央滤波器区域到外围滤波器区域逐渐地增加对第二波长范围的阻挡。

[0010] 过渡滤波器区域的第一部分可以是和外围滤波器区域相同材料的。过渡滤波器区域可以传输第一波长范围。

[0011] 滤波器可以大体上使第一和第二波长范围的点扩散函数相等。第一和第二波长范围可以部分地重叠。第一和第二波长范围可以不重叠。

[0012] 一个或多个实施例针对用于与多于一个波长范围一起使用的系统,该系统包括邻近系统孔径的第一共轭的第一波长相关滤波器、和在系统孔径的第二共轭上的第二波长相关滤波器,其中第一和第二波长相关滤波器大体上使该多于一个波长范围的点扩散函数相等。

[0013] 一个或多个实施例针对将物体成像到成像平面上的系统孔径和光学系统,滤波器系统在系统孔径和成像平面之间,滤波器系统包括滤波器,所述滤波器具有:在滤波器的中央的第一滤波器区域,所述第一滤波器区域用来传输第一和第二波长范围;第二滤波器区域,用来传输第一波长范围并且阻挡第二波长范围;以及调节器,用来改变滤波器系统中的第一滤波器区域的有效尺寸。调节器可以在相对于成像平面的轴向空间中平移滤波器。

[0014] 第二滤波器区域可以包括定位在光轴周围的多个滤波器部分,并且调节器可以在径向空间中平移该多个部分。

[0015] 滤波器可以包括在其中具有多个第一滤波器区域的衬底,并且调节器可以在径向空间中平移该衬底。调节器可以旋转滤波器。

[0016] 一个或多个实施例针对对至少第一波长范围和第二波长范围滤波的方法,该方法包括传输第一波长范围的中央部分,阻挡第二波长范围的外围部分,并且传输或阻挡在中央部分和外围部分之间的第二波长范围的过渡部分,其与在中央部分和外围部分中被传输或被阻挡的第二波长范围不同。

[0017] 该方法可以包括阻挡第二波长范围的中央部分,其中传输过渡部分中的第二波长范围。该方法可以包括传输第二波长范围的中央部分,其中过渡部分传输比外围部分更多的第二波长范围并且比中央部分更少的第二波长范围。

[0018] 一个或多个实施例针对包括滤波器和分束器的套件,分束器用来分离第一和第二波长范围。该套件还包括多个中继。该套件可以包括物镜。

[0019] 一个或多个实施例针对包括滤波器的内窥镜。滤波器可以或可以不定位在内窥镜的系统孔径或其共轭上或者附近。

附图说明

[0020] 通过参照附图详细描述示例性实施例,特征对于本领域的技术人员将显而易见,在所述附图中:

[0021] 图1示出根据实施例的示例性波长相关孔径滤波器的示意图;

[0022] 图2示出根据实施例的示例性波长相关孔径滤波器的示意图;

[0023] 图3A到3F示出根据实施例的示例性波长相关孔径滤波器的示意图;

[0024] 图4A到4F示出根据实施例的示例性波长相关孔径滤波器的示意图;

[0025] 图5示出根据实施例的示例性波长相关孔径滤波器的示意图;

[0026] 图6A到6F示出根据实施例的示例性遮蔽配置;

[0027] 图7示出用于成像系统中的可变几何结构渐晕的轴向位置的示意图;

[0028] 图8示出用于成像系统中光瞳之后的可变几何结构渐晕的轴向位置的示意图;

[0029] 图9示出根据实施例的用于可变几何结构渐晕的轴向位置的示意图;

[0030] 图10示出根据实施例的可变几何结构渐晕的示意图;

[0031] 图11示出根据实施例的可变几何结构渐晕的示意图;

[0032] 图12A和12B示出在多通道可见和荧光成像系统中具有的根据实施例的波长相关渐晕;

[0033] 图13示出在可见和激光散斑成像系统中的波长相关变迹;

[0034] 图14A示出具有多个系统孔径共轭平面的内窥镜和对于两个波长的点扩散函数;以及

[0035] 图14B示出具有多个系统孔径共轭平面的内窥镜和对于两个波长的点扩散函数。

具体实施方式

[0036] 现在将在下文中参照附图更充分地描述示例实施例;然而,它们可以体现为不同的形式,并且不应该被理解为受限于在此陈述的实施例。相反,提供这些实施例使得本公开内容将透彻和完整,并且将更充分地向本领域的技术人员传达示例性实现方式。一般地,在可能的情况下,将在全部附图中使用对应的或相似的参考数字以指代相同或对应的部分。

[0037] 利用对光谱的中间部分或绿色部分给出的特定权重,为人类眼睛设计的光学系统可以针对可见光谱被优化。然而,成像系统可以在可包括可见的、紫外的、近红外的区域等等的决大多数的光谱区域上操作,在成像系统中电子成像传感器位于成像平面中。对成像系统的设计随着其操作带宽的增加而变得更复杂。

[0038] 具体来说,在具有不同源(例如直接来自照明源、从物体反射或由物体传送、直接观察等等)的带宽上进行操作的成像系统可以具有对于不同的波长范围广泛变化的照明强度。例如,具有相对大强度的波长范围可以从一些光束修正中受益以改进成像,而具有相对低的强度的波长范围可以无法承受光的损耗。当成像系统包括至少部分共同的光路并且在其中放大率将跨波长区域被保持时,这些权衡就被放大。

[0039] 因此,根据实施例,通过识别出在光学成像系统中(a)渐晕用来降低成像平面处的

像差、以及 (b) 成像平面处的像差可以展示出可检测的波长相关性, 渐晕和/或遮蔽可以以不同的方式应用于不同的波长以便改进具有相对高强度的波长范围的成像锐度, 同时令具有相对低强度的另一个波长范围不受影响。这可以在以高速 (低 f 数, 诸如 $f/2$) 操作的、和/或利用广角视场操作的光学成像系统中特别有用。在这样的系统中, 离轴像差很难修正。

[0040] 如果系统没有展示出像差, 或者像差不可分辨, 那么其性能被称为“衍射受限”。在这样的情况下, PSF和MTF两者都由衍射效应完全地确定。衍射效应由系统孔径的形状、尺寸和结构所确定。在诸如照相机的一些设备中, 可以存在叫做光阑或 f -光圈的单一系统孔径。在诸如具有中继的内窥镜的其他设备中, 共轭平面可以存在, 从而产生多于一个能够作为系统孔径起作用的位置。

[0041] 衍射受限性能随着降低 f 数而改进。这意味着对于特定的焦距, 大的衍射受限孔径将产生比小的衍射受限孔径更好的成像质量。衍射图案的形状和结构直接关联到系统孔径的尺寸和结构, 并且关联到通过孔径的光束的波长。

[0042] 衍射受限性能随着波长而变化。给定的孔径将在更短的波长上展示更高的性能。举例来说, 如果第一波长 (例如650nm的红色) 比第二波长 (例如460nm的蓝色) 长1.4倍, 那么较长波长的衍射受限点扩散函数的大小将相比于较短波长的衍射受限点扩散函数的大小大1.4倍。

[0043] 在衍射受限成像系统中, 在波长的一些或全部上的衍射受限性能可以被调节以便改进总体成像质量。例如, 位于系统孔径 (或其共轭) 处或者附近的变迹波长相关孔径可以用来改变尺寸或者改变与一个波长相关联的衍射图案的结构, 以便在成像平面处的该波长的强度概图的宽度将更接近地比得上另一波长的波长的那个。

[0044] 真实系统中的成像质量不但由光学的传递特征确定, 而且由传感器在成像平面处的采样特征确定。

[0045] 在衍射受限成像系统中, 在波长的一些或全部上的衍射受限性能可以被调节以便更接近地匹配传感器的空间采样特征。例如, 如果传感器以比另一个波长更高的空间频率来采样一个波长, 更频繁采样的波长的PSF相比于不频繁采样的波长的波长的那个可能属于更小的形态。

[0046] 一个或多个实施例针对使用定位在系统孔径、或系统孔径的任何共轭平面处的波长相关孔径滤波器, 其可能出现在内窥镜的中继透镜中、或成像系统的 f -光圈平面 (系统孔径位置) 中, 以针对至少一个波长范围 (即待成像的波长的子集) 改变光学系统的衍射图案 (或点扩散函数)。

[0047] 一个或多个实施例针对使用可变几何结构波长相关渐晕, 其涉及针对通过渐晕孔径的波长的子集、并采用对如下两者的某种控制来阻止或阻挡将到达离轴成像位置的光线的一部分: (a) 从非渐晕到渐晕的过渡的成像平面位置及 (b) 从非渐晕到渐晕光学器件的成像平面上的过渡区域的宽度。

[0048] 一个或多个实施例针对使用位于或不位于系统孔径或其共轭上的孔径针对波长的子集来阻止光束的一部分。

[0049] 一个或多个实施例针对可以定位在共轭于或不共轭于系统孔径的平面处的温和或梯度变迹波长相关孔径, 从而实现在一个或多个场位置处对一个或多个波长范围的选择性阻止。

[0050] 下面讨论的波长相关滤波器的任一个在系统孔径或其共轭处或者附近的使用将针对受滤波器影响的波长来改变波长相关衍射受限或像差受限性能,例如衍射及像差可以针对整个场来被控制,即既针对轴上又针对离轴成像位置。下面讨论的波长相关滤波器的任一个不在系统孔径或其共轭上的使用将针对受滤波器影响的波长来改变波长相关像差受限性能,例如,衍射和像差可以针对离轴成像位置来被控制。

[0051] 上面各种实施例的细节将在下面被详细描述。尽管波长相关滤波器孔径的区域的总体轮廓可以在下面被示意为圆形,这些区域可以是方形的、椭圆的、直线的、或采取任何其他形状。另外,不同的区域可以具有不同的形状,和/或一些区域可以是非连续的。另外,附图示出各种实施例,附图旨在作为代表性的而不是精确的。因此,附图并不表示组成的元件的精确比例或其之间的距离。最后,对使用波长相关孔径滤波器的应用的描述已经为了清楚起见通过去除对实施例的进一步理解没有帮助的并且将被本领域的技术人员理解的附加元件或特定元件的细节而被简化。

具有过渡区域的波长相关孔径滤波器

[0052] 图1示出波长相关孔径滤波器100的一般特征,其可以结合在例如内窥镜、管道镜、照相机等等的成像设备中。波长相关孔径滤波器100可以在成像设备的主透镜上形成,或者在可移除的衬底110上形成,即,可以相对于成像设备从其释放或固定于其。

[0053] 如图1所示,波长相关孔径滤波器100包括第一或中央区域102、包围(并且通常毗邻)第一区域102的第二或过渡区域104、以及包围(并且通常毗邻)第二区域104的第三或外围区域106。第二区域104可以充当在第一和第三区域102、106之间的过渡区域。例如,第一区域102可以通过全部的第一波长范围和第二波长范围,第三区域106可以通过全部第一波长范围并且阻挡全部第二波长范围,并且第二区域104可以按与第一和第三区域102、106不同的方式来对待第二波长范围。

[0054] 如下面更详细地描述,波长相关孔径滤波器100的不同区域具有不同的光传输属性。图1和其他附图中示出的阴影只为了增强各种元件的视觉感知而提供,并且不意图表示实施例或其任何部分的任何要求、着色、或物理属性。同样地,虽然区域的总体轮廓在图1中示意为圆形的,这些区域可以是方形的、椭圆的、直线的或采取任何其他形状。另外,不同的区域可以具有不同的形状(例如,见图4A到4C、6A到6C),和/或一些区域可以是非连续的(例如,见图2)。相似地,对于示出各种实施例的图1和其他附图,图像意图为代表性而不是精确的。因此,附图不表示组成元件的精确比例或其之间的距离。

[0055] 例如,波长相关孔径滤波器100的第一区域102可以是无涂装的,即,可以允许全部光通过。第二区域104可以选择性地被涂装以例如二色性或薄膜涂层的波长选择性涂层,例如,波长选择性涂层可以在第二区域104中形成图案(例如见图2、4A-4C和5)。第三区域106可以被涂装以波长选择性涂层,例如,可以完全被涂装以第二区域104中所使用的波长选择性涂层。波长选择性涂层可以形成用于特定波长范围的光的传输的带通滤波器,同时基本上或完全地阻挡另一波长范围的光。例如,波长选择性涂层可以形成针对第二波长范围的带通滤波器,使得第二区域104的波长选择性涂层的图案形成第一区域102与第三区域106之间的过渡区域,其中在第一区域102中第二波长范围的全部光通过,在第三区域106中第二波长范围的全部光被阻挡。全部三个区域102到106可以传输第一波长范围的光,例如,波长相关孔径滤波器100可以对于第一波长范围显得透明使得第一波长范围不被缩减。第一

和第二波长范围可以部分地重叠。

[0056] 因此,成像系统可以从薄膜孔径中受益,因为强信号,例如第二波长范围中的波长,可以在外围被阻挡,而其他较弱的信号,例如第一波长范围中的波长,不被阻挡。

[0057] 因此,波长相关孔径滤波器100可以提供成像设备的改进,其中一些波长范围具有高强度而其他波长范围具有弱强度。在荧光成像的特定示例中,可见光具有高强度而荧光具有弱强度。

[0058] 尽管波长相关孔径滤波器100已经被示意为处于单一衬底的单一表面上,波长相关孔径滤波器100可以实现在单一衬底的相反表面上、伸展于多个衬底上等等。

[0059] 在一些方面,第二区域104可以包括波长相关变迹配置以对于第二波长范围进一步区分光学系统的PSF和MTF。变迹的效果通过孔径的边界的变迹是可实现的。例如,如下面参照图2详细讨论的,图1中的第一和第三区域102和106之间的第二区域104可以包括第一区域102中所使用的第一波长相关滤波器(如果存在的话)和第三区域106中所使用的第二波长相关滤波器的图案化区域。

[0060] 图2示出根据实施例的波长相关孔径滤波器200的具体示例。波长相关孔径滤波器200包括第一区域或中央202、第二或过渡区域204、以及第三或外围区域206。

[0061] 过渡区域204可以包括第一部分204a和第二部分204b。第一部分204a可以包括第一区域202中所使用的第一波长相关滤波器(如果存在的话),使得第一和第二波长范围被通过。第二部分204b包括波长相关滤波器,例如第三区域206中所使用的第二波长相关滤波器,使得只有第一波长范围被通过。

[0062] 在该特定实施例中,波长相关孔径滤波器200具有与典型传感器的像素几何结构相兼容的几何结构,例如基于四边形而不是图1中示出的圆。由于该几何结构,第二或过渡区域204可以是非连续的,例如,可以只平行于四边形的各边延伸,其中第三区域206填充波长相关孔径滤波器200在第一区域202之外的剩余部分。

[0063] 图3A到3C示出根据实施例的波长相关孔径滤波器300a到300c的具体示例。波长相关孔径滤波器300a到300c分别包括第一或中央区域302a到302c、第二或过渡区域304a到304c、以及第三或外围区域306。在这里,波长相关孔径滤波器300a到300c基于圆形几何结构。

[0064] 在该特定实施例中,第二区域304a到304c具有温和的或梯度的过渡,即,不是图2的二进制类型图案,在其中第二波长范围被阻挡或被通过,第二区域304a到304c从第一区域302的无阻挡到第三区域306的完全阻挡来逐渐降低被阻挡的第二波长范围的量。当在系统孔径(或其共轭)处使用时,该实施例可以用来降低被衍射出中央核心的光的部分。相对于第一区域302a到302c的直径(例如在图3A-3C中分别是0.07、0.15、0.25)而增加过渡区域304a到304c的尺寸对第二波长范围的远场图像所产生的效果在对应的图3D-3F中示出。

[0065] 图4A到4C分别示出根据实施例的波长相关孔径滤波器400a到400c。波长相关孔径滤波器400a到400c可以分别包括第一区域402a到402c、第二区域404a到404c、以及第三区域406a到406c。在这里,波长相关孔径滤波器400a到400c基于圆形几何结构。

[0066] 如图4A-4C中示出,当变迹孔径被定位在系统孔径处或附近时或者如果其被定位在共轭于系统孔径的平面处或附近,在第一区域402a到402c和第三区域406a到406c之间的第二区域404a到404c可以包括锯齿状边缘过渡,其配置成改变远场中的衍射图案。增加图

4A-4C中的第二区域404a到404c的锯齿的尺寸对第二波长范围的远场图像所产生的效果在对应的图4D-4F中示出。V型锯齿的每个可以被一系列从相反方向上接近彼此并且最终在第三区域406a到406c的边界上彼此相遇的阶跃代替。

[0067] 图5示出用于与三个波长范围一起使用的波长相关孔径滤波器500。波长相关孔径滤波器500可以包括第一或中央区域502、第二区域504、以及第三或外围区域506。波长相关孔径滤波器500具有两个过渡区域：过渡区域503，其在502和504之间过渡；以及过渡区域505，其在504和506之间过渡。图5中的虚线503ai、503ao、505ai、505ao用于指示波长相关孔径滤波器500的总体圆形几何结构。虚线503ai和503ao用于指示过渡区域503的径向边界。虚线505ai和505ao用于指示过渡区域505的径向边界。虚线不是波长相关孔径滤波器500的物理部分。与图2相对比，其中图2中在过渡区域204中的部分204a和204b的图案在过渡区域204内是相同的，图5中的锯齿部分逐渐地改变被传输的光的量。特征204、503和505全部改变波长区域的衍射图案，其在该区域的一测被通过而在另一测被阻止。

[0068] 同样，第一区域502可以不涂装，即，允许全部光通过。第二区域504可以允许第一和第二波长区域通过，同时阻挡第三波长区域。第三区域506可以只允许第一波长区域通过，同时阻挡第二和第三波长区域。第二区域504被两个环形过渡（或变迹）区域503和505约束。约束在503ai和503ao内的内过渡区域503将变迹函数强加在第三波长区域上，第三波长区域的衍射图案受由503ai和503ao约束的区域503中的特征503s1的几何结构所影响。在边界503s1之内，全部波长通过。在边界503s1之外，第三波长范围被阻挡。在区域503内通过的第三波长区域的光的量从503ai到503ao逐渐地降低，并且第三波长区域的衍射图案被边界503s1的几何结构改变。仅第三波长区域受内过渡区域503内的特征所影响。约束在505ai和505ao内的外过渡区域505将变迹函数强加在第二波长区域上，第二波长区域的衍射图案受由505ai和505ao约束的区域505中的特征505s1的几何结构所影响。在边界505s1之内，第一和第二波长区域两者都通过。在边界505s1之外，第二波长区域被阻挡。在区域504内通过的第二波长区域的光的量从505ai到505ao逐渐地降低，并且第二波长区域的衍射图案被边界505s1的几何结构改变。仅第二波长区域受区域505内的特征所影响。

[0069] 在图5中示出的情况下，第三波长范围具有根据边界503s1的远场衍射图案，第二波长范围具有根据边界505s1的远场衍射图案，并且第一波长范围具有根据圆盘本身的限制和形状的远场衍射图案。

[0070] 例如，在像差受限系统中，如果定位在光学系统的孔径光阑或其共轭处或者附近，发生在孔径边界处（诸如在图5中的第二区域504）的变迹配置可以提供图像的增强分辨率，其中该图像由或者通过圆形片段（如果其通过的光被环形区域阻止）或者通过环形区域（如果其通过的光被圆形区域阻止）的光形成，而不影响通过圆形和环形片段两者的未阻止的光的照明强度。

[0071] 根据各种方面，过渡区域的制造可以使用掩膜涂装技术获得。“掩膜涂装”指的是其中使用掩膜以便在涂装工艺期间阻止主体表面的区域被涂装。掩膜不遗留在最终产品的衬底上。掩膜涂装包括二色性形态。

中央遮蔽波长相关孔径滤波器

[0072] 图6A到6C分别示出根据实施例的波长相关孔径滤波器600a到600c。波长相关孔径滤波器600a到600c的每个可以分别包括第一区域602a到602c、第二区域604a到604c、以及

第三区域606。在这里,波长相关孔径滤波器600a到600c是基于圆形几何结构的。

[0073] 在图6A到6C中,第一区域602a到602c阻挡第二波长范围同时通过第一波长范围,而不是通过全部光。第二区域604a到604c通过第一和第二波长范围两者,例如可以是未涂装的,并且第三区域606可以阻挡第二波长范围同时通过第一波长范围,例如具有与第一区域602a到602c相同的滤波器。因此,图6A到6C中的第一区域602a到602c为第二波长范围充当中央遮蔽。遮蔽可以代替或增加到上面指出的过渡区域,其中这样的过渡区域现在将位于第二区域604a到604c和第三区域606之间,并且还位于604a到604c和602a到602c之间。

[0074] 在其中较低强度长波长(例如NIR荧光)和较高强度短波长(例如蓝光)通过单一系统被成像这样的情况下,图6A到6C的孔径配置可以用来通过全部未遮蔽的荧光(这就是“第一”波长范围),并且还可以将更明亮更短的波长通过孔径的遮蔽部分(这就是“第二”波长范围)。对于蓝光的环形通过区域的大小可以用来使点扩散函数与NIR光的那个相似,而无需减少较弱的NIR光的通过量。可变几何结构波长相关孔径滤波器

[0075] 将一个波长范围与另一个区别对待的另一种方法涉及可变几何结构波长相关滤波。如果跨场实现波长相关点扩散函数控制是合意的,这可以在系统孔径处完成。备选地,如果实现波长相关渐晕是合意的,这还可以远离系统孔径(或其共轭)而完成,在波长相关渐晕中将抵达离轴成像位置的光线的一部分被阻挡或阻止,并且只是对于通过渐晕孔径的波长的子集这样做。可以理解的是,可变几何结构、波长相关系统孔径需要与可变几何结构、波长相关渐晕的那个相似的技术实现方式,除了其将更简单:系统孔径出现在一个共轭平面中并且其可变组件将在该平面内操作,然而渐晕孔径还将需要可移动到其他平面。出于这些原因,讨论将探索两者中更复杂的那个:可变几何结构、波长相关渐晕孔径。根据实施例,这可以通过,既控制(a)当其在成像平面上出现时从非渐晕到渐晕的过渡的位置、又控制(b)当前在成像平面上出现时从非渐晕到渐晕的过渡区域的宽度,来实现。渐晕可以在不位于光瞳(或f-光圈)或其共轭的任何位置、或者在成像平面或其共轭处被实现。

[0076] 图7一般性地示出成像系统中可变几何结构波长相关渐晕的轴向位置。在其中可以看到,渐晕可以在a到e的位置、而不在光瞳平面或成像平面或者其共轭处被引入,在其中这样的光束光阑的角色改变。各位置(a到e)是连续的、非离散的,只要图像和光瞳或其共轭被排除。如图7中所示,这些位置可以在光瞳之前和在光瞳之后。

[0077] 图8示出可变几何结构波长相关渐晕在成像系统中的轴向位置,在其中不存在物理光瞳或f-光圈可变光阑,即光瞳或f-光圈在成像系统前面,例如在一些内窥镜照相机(或“视频耦合器”)中。同样地,渐晕可以只在光瞳之后被引入。同样,这些位置是连续的、非离散的,只要图像或其共轭被排除。可变几何结构波长相关渐晕在该位置的使用可以允许来自内窥镜的像差光束输出被具有可变几何结构渐晕控制的照相机所改进。

[0078] 可变几何结构波长相关渐晕的使用将使离轴性能能够被改进。通过示例的方式,假设照相机被设计用于机器视觉应用中,其中蓝色通道具有比内窥镜被设计所用于的蓝色波长(例如F光或486nm)更短的波长(例如460nm)。并且进一步假设离轴成像性能可能不利地受蓝色通道上的劣质光斑尺寸所影响,因为操作波长比设计波长更短并且系统展示出横向色散。使用户能够缩减离轴光束的蓝光(渐晕蓝光)的照相机将示出改进的离轴性能,并且系统将展示出更好的跨场的性能一致性。在调整系统的离轴性能之后,进行全场白平衡,在这之后系统可供使用。

[0079] 图9示出应用于光阑后(或“成像空间”)光束的可变几何结构渐晕的额外的横截面细节。渐晕可以在a到e的任何轴向位置被引入。相比于孔径位于更靠近成像平面的情况,由于对于给定的孔径尺寸形成锥形的更多图像被影响,在更靠近位置“a”的位置的渐晕具有宽的过渡区域(成像平面中的缓慢梯度)。在位置“c”(由c1、c2、c3指示),可变的是孔径尺寸本身。相比于在位置c1所示意的插入深度所做到的,在位置c3所示意的插入深度将渐晕应用于场的更大部分。

[0080] 与“可变几何结构”相关联的变量是孔径尺寸、孔径位置和孔径数量。例如,成像系统每一感兴趣波长范围可以具有一个可变的孔径。当定位在系统孔径处时,“孔径位置”不再是变量。可变几何结构波长相关孔径滤波器,其在单一架构中从渐晕的角色过渡到系统孔径的角色,可以被实施。

[0081] 进一步进行可变几何结构波长相关渐晕的示例,通过在更靠近成像平面的位置(更靠近e而不是a的位置)操作孔径,用户可以发现理想的场切断位置(渐晕函数的极限),进而通过从成像平面移动离开来发现优选的过渡区域。该过程可以重复并且可以自动进行。进而,已经发现了期望的设定,照相机对于整个场被白平衡。例如内窥镜或照相机的系统可供使用。

[0082] 图10示出滤波器1000,在其中四个叶片或部分1001-1004被对齐到下游检测器1050,其被入射图像完全填充,的直线空间。叶片在X-Y平面中平移(朝向及离开光轴)以调节孔径的尺寸。叶片轴向地平行于Z(平行于光轴)平移以调节孔径的位置。两种调节共同影响渐晕开始的场位置(由虚线1050b指示)、将发生的渐晕的度数、以及该度数被完全实现所在的场位置(由虚线1050d指示)两者。这样的调节可以使用本领域的技术人员所周知的调节器1030来实现,其可以基于成像质量手动地或自动地被操作。被标识为1050a的区域是完全非渐晕的。被标识为1050e的区域经历了所选择的最大度数渐晕。

[0083] 图11示出滤波器1100,其中具有不同尺寸的多个孔径1101-1106在例如轮子的衬底1120上被提供,衬底1120被调节器1130或者手动地或者自动地调节(例如旋转)以提供不同的孔径尺寸。衬底1120可以被放置在沿着光轴的各种位置上。

应用#1:多通道开放场荧光成像系统

[0084] 图12A和12B示出多通道开放场荧光成像系统1200的示意图。系统1200具有两个或更多的成像通道1210、1220,其具有相同的视场和相同的物场视角。系统1200具有成像传感器1212、1222,其具有贯穿物场共同的轴。通道1210、1220共享共同的物镜1202,并且例如通过分束器1204在物镜1202和成像平面I之间的某处被分开。系统1200还可以包括波长相关滤波器孔径1230和孔径1240。

[0085] 图12A示出进入系统的两个波长范围。第一波长范围 λ_1 包括例如荧光信号的弱信号,其可以是比包括明亮光(在这种情况下是可见光和激光激发光的反射部分)的第二波长范围 λ_2 更微弱的数量级的。可见光和激光反射光两者都可以出于与其他系统要求有关的原因被成像。因此,第二波长范围 λ_2 可以包括至少两个非相邻的波长子范围,或者可以具有部分重叠的波长子范围。

[0086] 在系统1200中,弱强度光 λ_1 (荧光)在全孔径通过而没有限制、变迹、遮蔽或渐晕。因此,第一波长相关滤波器孔径1230对于第一波长范围 λ_1 是透明的,而波长相关滤波器孔径1230和孔径1240两者都调整第二波长范围 λ_2 的部分。

[0087] 如在图12B中可以看到,由于第一波长范围 λ_1 已经被分离开并且不存在于通道1220中,第二波长范围 λ_2 的离轴光束中的较低边缘光线被孔径1240阻止,这能够通过传统的非波长相关的方法实现。为了阻止第二波长范围 λ_2 的较高边缘离轴光线,波长相关滤波器孔径1230在光阑位置之前被使用。因为该波长相关滤波器孔径1230还接收第一波长范围 λ_1 ,根据上面所述实施例的波长相关滤波器孔径1230可以被使用。

[0088] 当第二波长范围 λ_2 包括至少两个波长子范围时,例如明亮可见的和非常明亮的激光反射,额外的波长相关渐晕可以被实现,即使这两个波长子范围共享相同的检测器1222。例如,如图5中所示,波长相关滤波器孔径1230可以具有三个区域,和/或孔径1240可以是波长相关滤波器孔径,在其中比激光反射波长子范围更多的可见波长子范围被传输,进而无论是激光反射还是可见光要被成像,入射在检测器1222上的光束将要求相似的或完全一致的照相机电子设定。

[0089] 因此,在系统1200中使用根据实施例的波长相关滤波器孔径可以允许更微弱的光以光学设计能够管理的极限来被收集和通过,可以改进更明亮的光的离轴性能,并且通过允许对在远在检测器1222上游的更明亮光的渐晕来简化杂散光控制。

示例应用#2:双通道激光散斑成像系统

[0090] 图13示出双通道开放场激光散斑成像系统1300的示意形式。系统1300包括至少两个成像通道1310、1320,其具有相同的视场和物场视角。系统可以包括共同的物镜1302和位于系统孔径处的波长相关孔径滤波器1330,并且应该理解的是,其他的图像形成光学器件可以存在于孔径1330之后并且可以存在于分束器1304之前和之后。

[0091] 相似于系统1200,系统1300具有传感器1312、1322,其具有贯穿物场的共同的轴。出于这个原因,通道共享共同的物镜并且例如通过分束器1304在物镜和成像平面之间的某处被分开,所述分束器将第二波长范围 λ_2 分离成可见光的第一波长子范围 λ_{2-1} 和所反射激光的第二波长子范围 λ_{2-2} 。

[0092] 在该示例中,波长范围 λ_2 中的所反射激光 λ_{2-2} 是相干的,并且散斑图案或干涉场在检测器1322处被形成。如图13中所示,波长相关孔径滤波器1330定位在系统孔径或f-光圈平面处。波长相关孔径滤波器1330包括多个带通区域。具体来说,第一或中央区域1332、第二或过渡区域1334、以及第三或外围区域1336。第一区域1332通过全部光,但受定义光阑形式的圆形环形物、或者用于可见光 λ_{2-1} 的系统孔径所约束。可见光点扩散函数在检测器1312处形成传统的艾里斑。所反射激光 λ_{2-2} 也将通过第二区域1334,其包括由沿着方形的锯齿边缘所约束的更大孔径。因为用于所反射激光 λ_{2-2} 的系统孔径比用于可见光 λ_{2-1} 的系统孔径更大,所反射激光 λ_{2-2} 在检测器1322处形成更小的点扩散函数。由于孔径利用设计成使衍射图案的中央核心之外的大多数圆环(ringing)无效的特征被变迹,在检测器1322处的点扩散函数产生更少的散斑特征之间的串扰以及因此更高的对比度。在该示例中,可以使约束1334的锯齿孔径具有可变的几何结构,因为这将使入射在检测器上的散斑尺寸的控制成为可能。

示例应用#3:高分辨率可见的&NIR内窥镜

[0093] 图14A和14B分别示出没有波长相关滤波器孔径的系统1400a,以及在多个系统孔径共轭平面处具有多个波长相关滤波器孔径1430、1440并且在多个渐晕平面处具有多个波长相关滤波器孔径1450、1460的系统1400b的示意图。当例如内窥镜的系统具有产生系统孔

径的多个共轭和成像平面的多个共轭的架构时,那么多个波长相关滤波器孔径可以被采用。这些可以被使用在系统孔径共轭处以便影响跨整个场的不同波长的点扩散函数。这些还可以被使用在渐晕平面处以便影响贯穿离轴场的一部分的不同波长的点扩散函数。

[0094] 在荧光内窥镜系统中,两个竞争利益在相同的光学路径上强加约束:随着系统架构争取更大和更高的清晰度显示,较弱的荧光信号在对通过量没有阻抗或限制的情况下被最佳地管理,然而可见光图像被推到越来越高的分辨率。对可见光成像质量所做出的强化不应该导致荧光信号中丢失的通过量。

[0095] 参照图14A中的示意图,具有波长范围 λ_1 的可见光一部分的点扩散函数比具有波长范围 λ_2 的可见光另一部分的点扩散函数更宽。点扩散的差异可以出现在场的任何位置,或者其可以对于离轴场位置以更大的比例出现。扩散差异的原因是不相关的,但是通过示例的方式,其可以是设计上固有的,或者其可以是意图以并非最初所意图的方式使用现有设计的应用的结果(例如,在机器视觉应用中使用现有的F、d、C-光优化的产品可以引入比内窥镜可以管理的更宽的光谱范围),或者其可以是波长相关孔径提供,相比于能够通过更多透镜元件的使用而实现的,更加成本有效的解决方案。点扩散函数的差异的原因是不相关的。在这里假定在对第三组波长(即荧光波长)没有阻抗的情况下,应用希望降低第一组波长的PSF和第二组波长(即在可见波长内)的PSF之间的差异。

[0096] 在图14B中,可以令一个或多个波长的点扩散函数是更相似的,如果它们通过在系统孔径共轭上的波长相关变迹滤波器被改变,并且可以令跨视场的点扩散函数是更相似的,如果它们通过在渐晕平面处的波长相关滤波器被改变。具体来说,通过在系统孔径的共轭处放置根据实施例的波长相关滤波器孔径1430、1440,第二波长范围 λ_2 的点扩散函数可以等于第一波长范围 λ_1 的点扩散函数,而不影响第三波长范围 λ_3 。应该理解的是,虽然图14A和14B只示出系统1400a、1400b中的光路,完整系统包括照相机以及,象这样的,另一个系统孔径共轭。

[0097] 通过总结和回顾的方式,一个或多个实施例可以提供对于较弱信号的最大或全孔径通过量,应用于较强信号的波长的一部分的变迹波长相关系统孔径可以比系统在没有变迹波长相关系统孔径时进行操作的情况导致分辨更精细的线细节(在更高的空间频率上更高的对比度);并且进一步的增强可以在通过波长相关渐晕的离轴性能中实现。具体来说,滤波器可以包括:中央滤波器区域,中央滤波器区域用来传输第一波长范围;外围滤波器区域,外围滤波器区域用来阻挡第二波长范围;以及在中央和外围滤波器区域之间的过渡滤波器区域,过渡滤波器区域用来传输或阻挡与要在中央和外围滤波器区域中被传输或被阻挡的第二波长范围相不同的第二波长范围。更一般地说,可能存在N个区域和至多达N-1个过渡区域,例如,N-2个过渡区域。

[0098] 根据另一实施例,还提供对至少第一波长范围和第二波长范围进行滤波的方法。方法包括传输第一波长范围的中央部分、阻挡第二波长范围的外围部分,并且传输或阻挡第二波长范围在中央部分和外围部分之间的过渡部分,其与要在中央部分和外围部分中被传输或被阻挡的第二波长范围不同。

[0099] 在实施例中,该方法还可以包括阻挡第二波长范围的中央部分,其中传输过渡部分中的第二波长范围。在又一实施例中,该方法可以包括传输第二波长范围的中央部分,其中过渡部分相比外围部分传输更多的第二波长范围并且相比中央部分传输更少的第二波

长范围。

[0100] 根据又一实施例,提供一种套件,该套件包括如上面所述的与各种实施例有关的滤波器、和用来将第一和第二波长范围分离的分束器。在实施例中,该套件还可以包括多个中继或物镜。

[0101] 在此已经公开了示例实施例,并且虽然采用特定术语,它们只将在一般性和描述性意义上被使用和被解释,而不出于限制的目的。在一些情况下,对于本领域的普通技术人员将显而易见的是,在本申请的提交时,除非另外特别指明,否则有关特定实施例描述的特征、特性和/或元件可以被单独使用或者结合有关其他实施例描述的特征、特性和/或元件一起被使用。相应地,本领域的技术人员将理解,各种形式和细节上的变化可以在不背离如下权利要求中所陈述的本发明的精神和范围的情况下被做出。例如,当具体示例已经针对内窥镜时,实施例可以与具有相似波长范围和单一检测器要求的其他成像系统,例如管道镜,一起被使用。

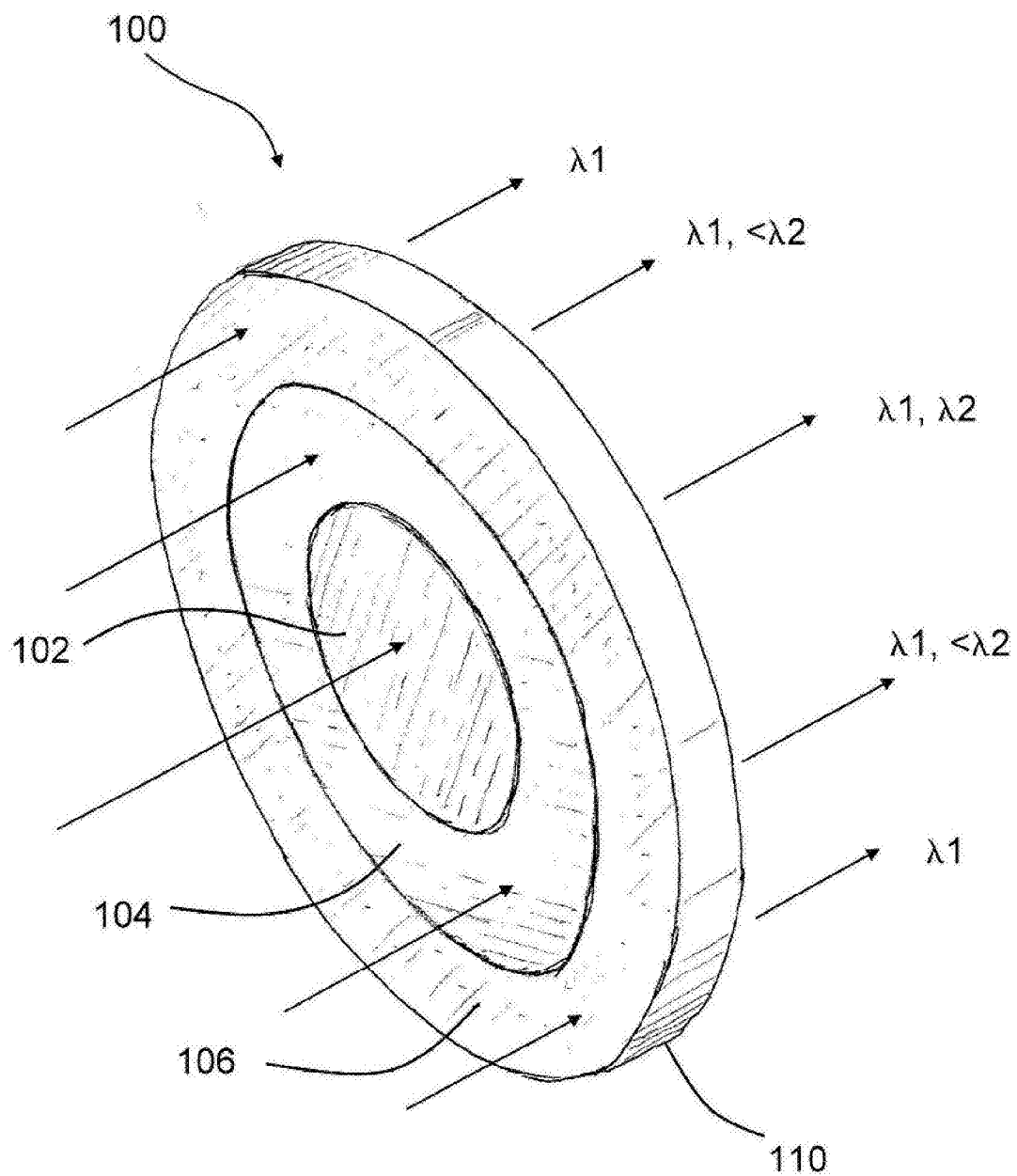


图1

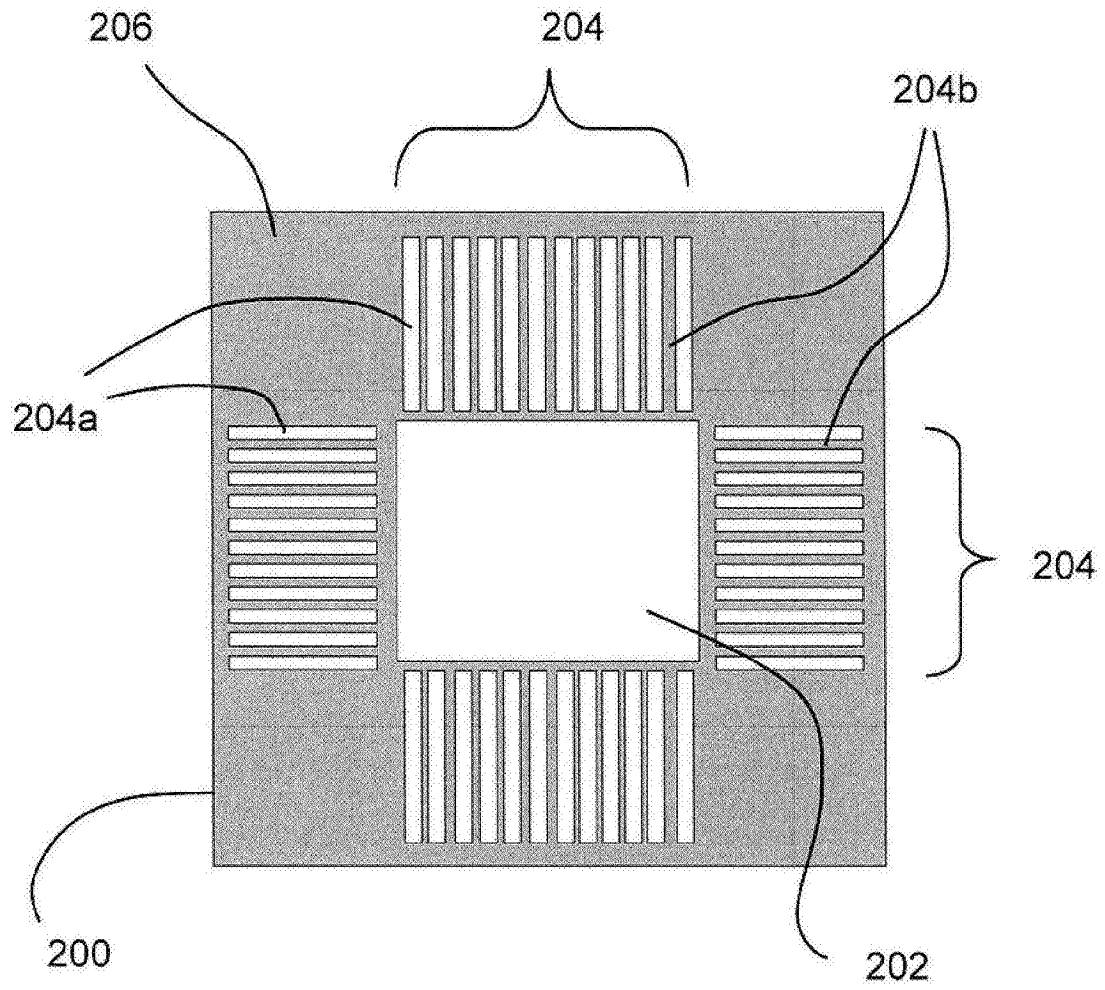
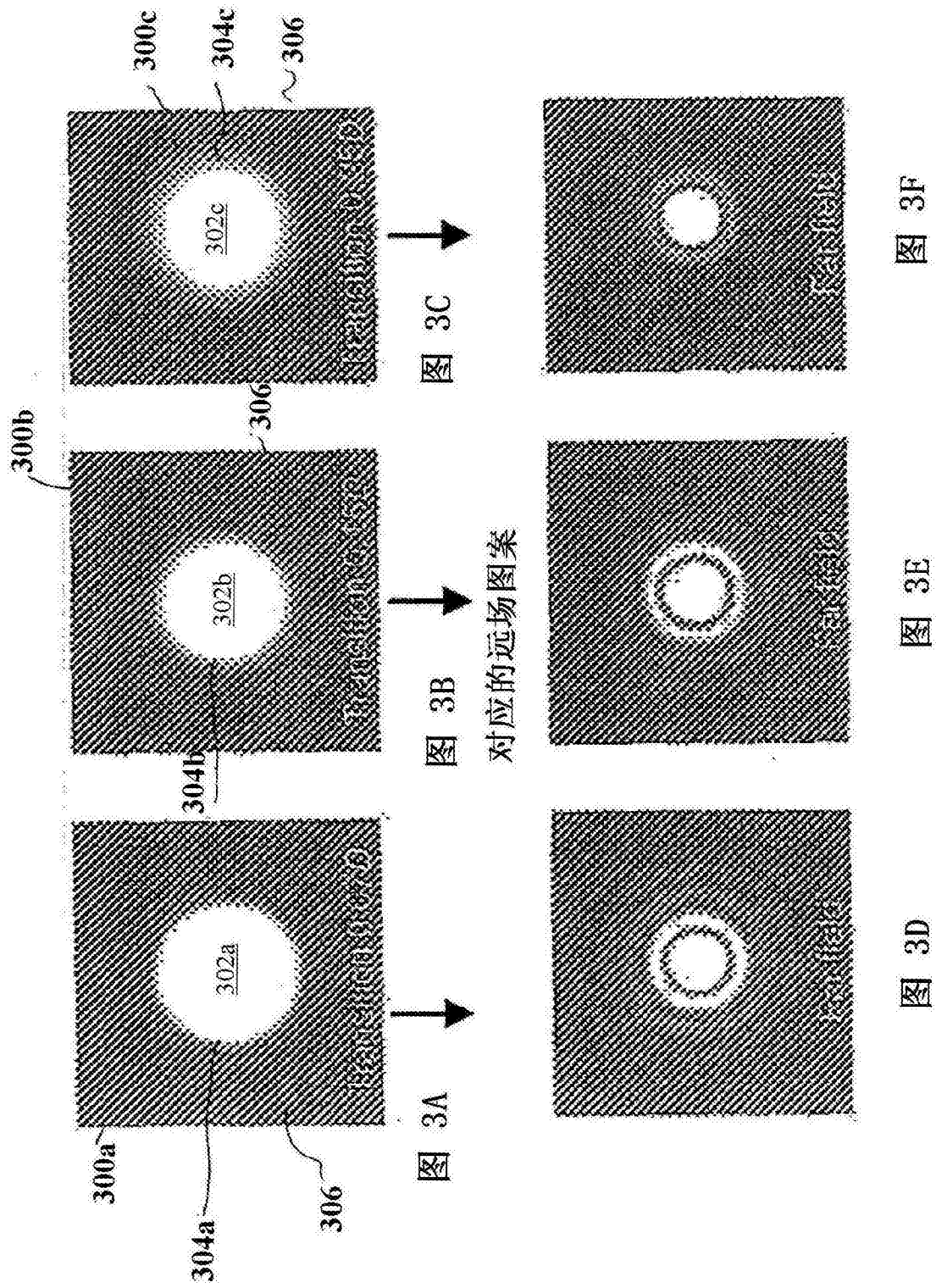


图2



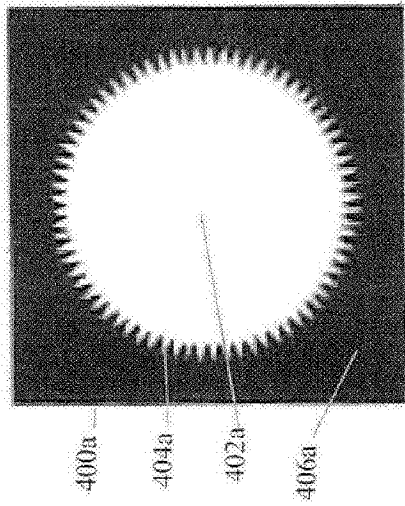


图4A

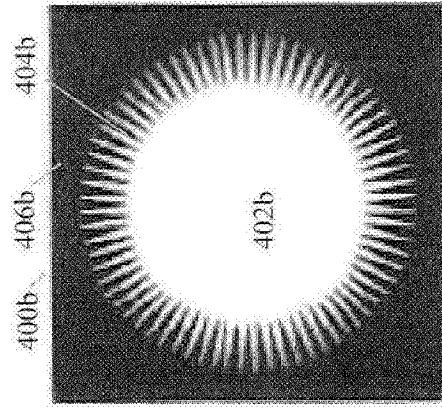


图4B

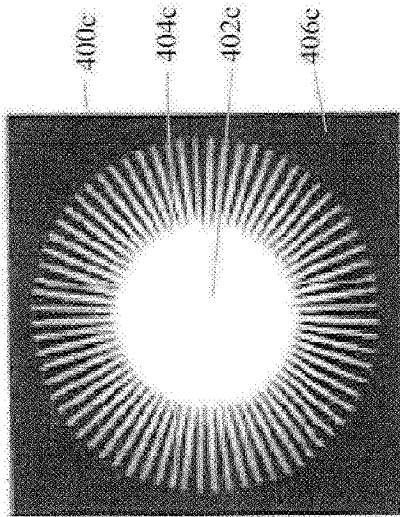


图4C

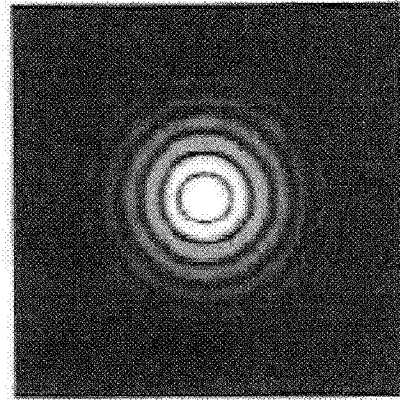


图4D

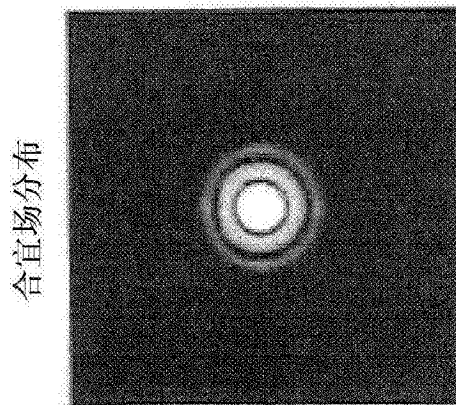


图4E

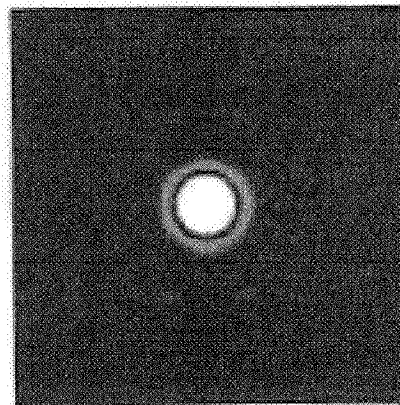


图4F

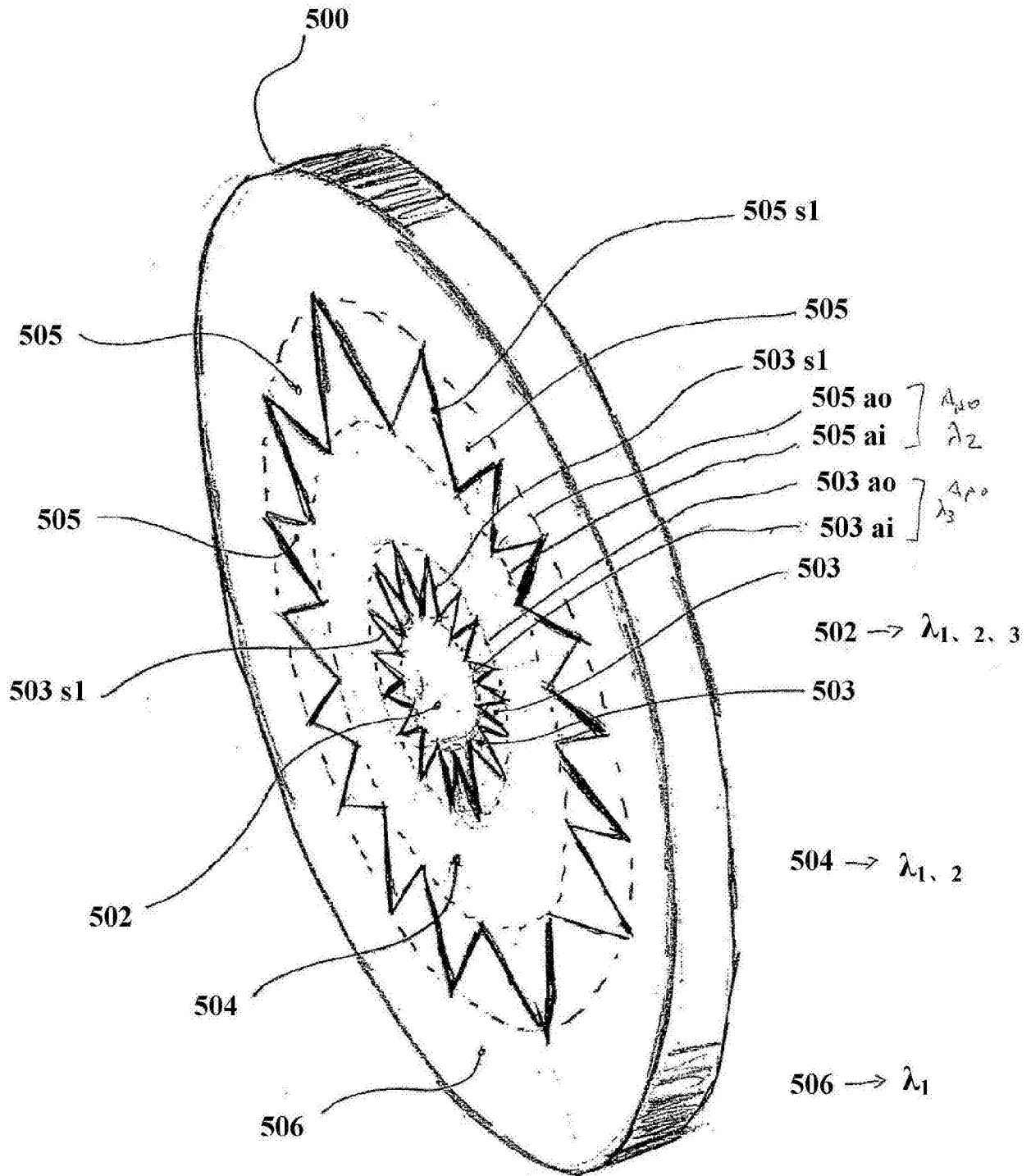


图5

变迹孔径

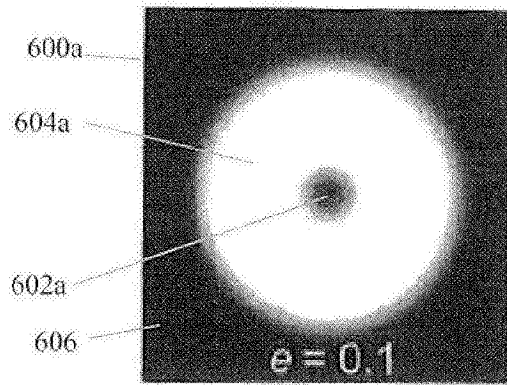


图6A

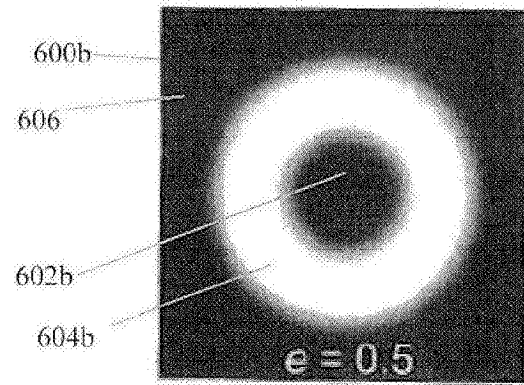


图6B

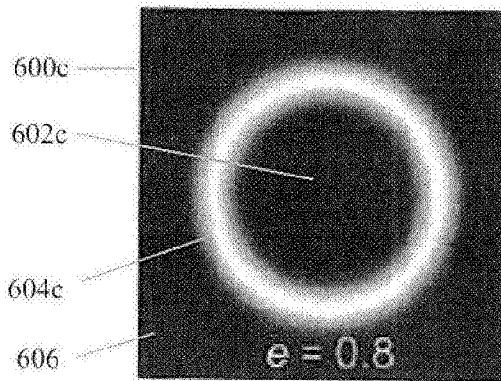


图6C

远场图案

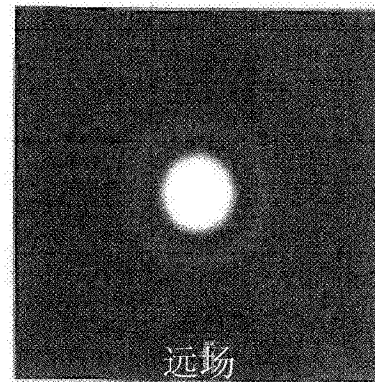


图6D

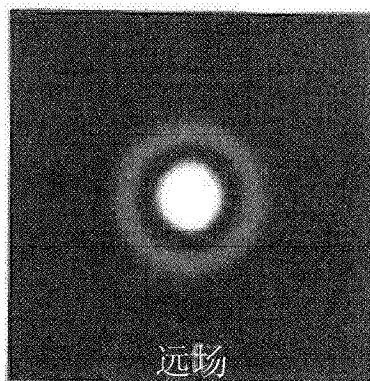


图6E

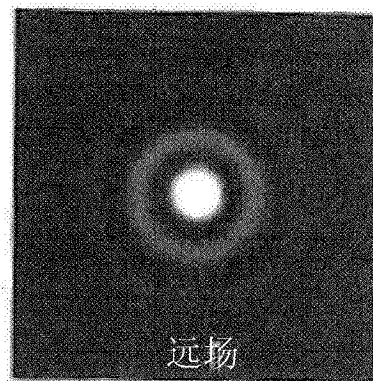


图6F

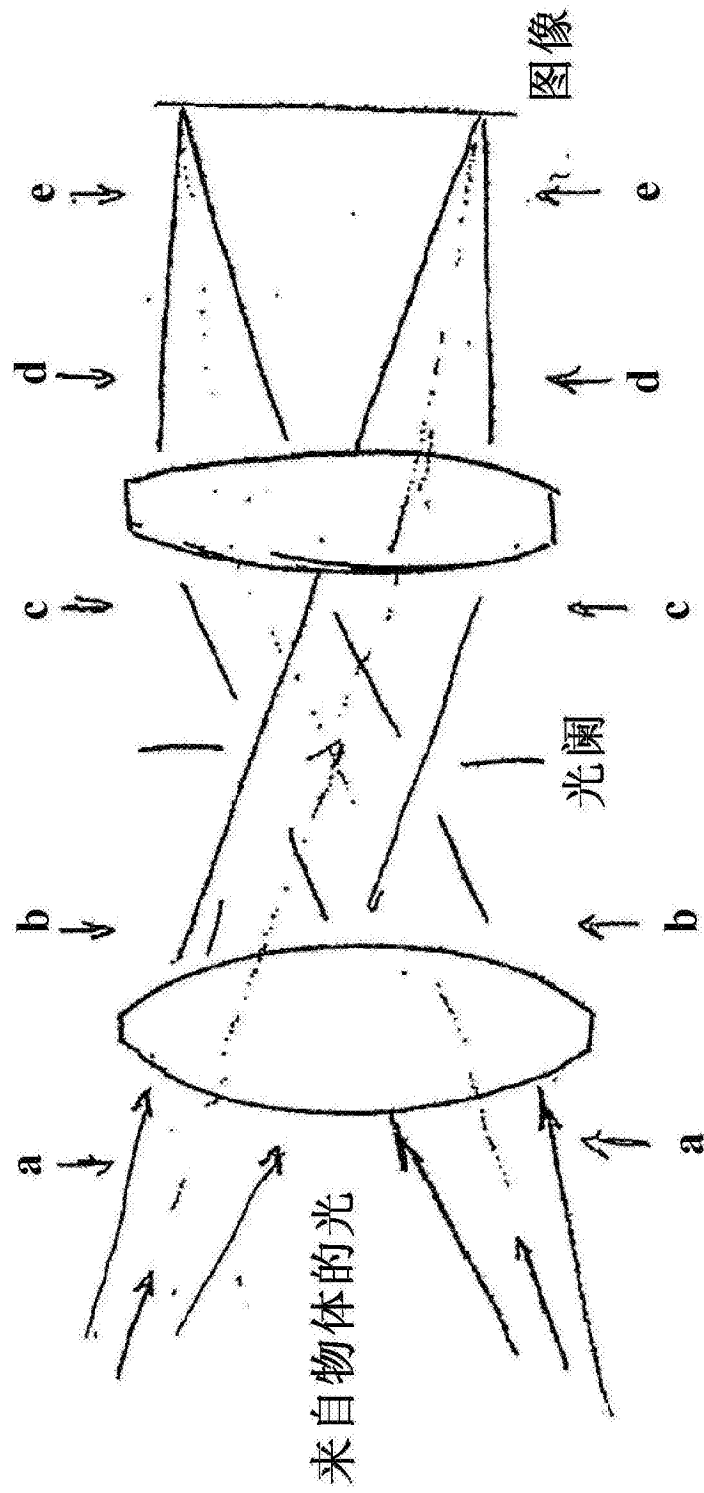


图7

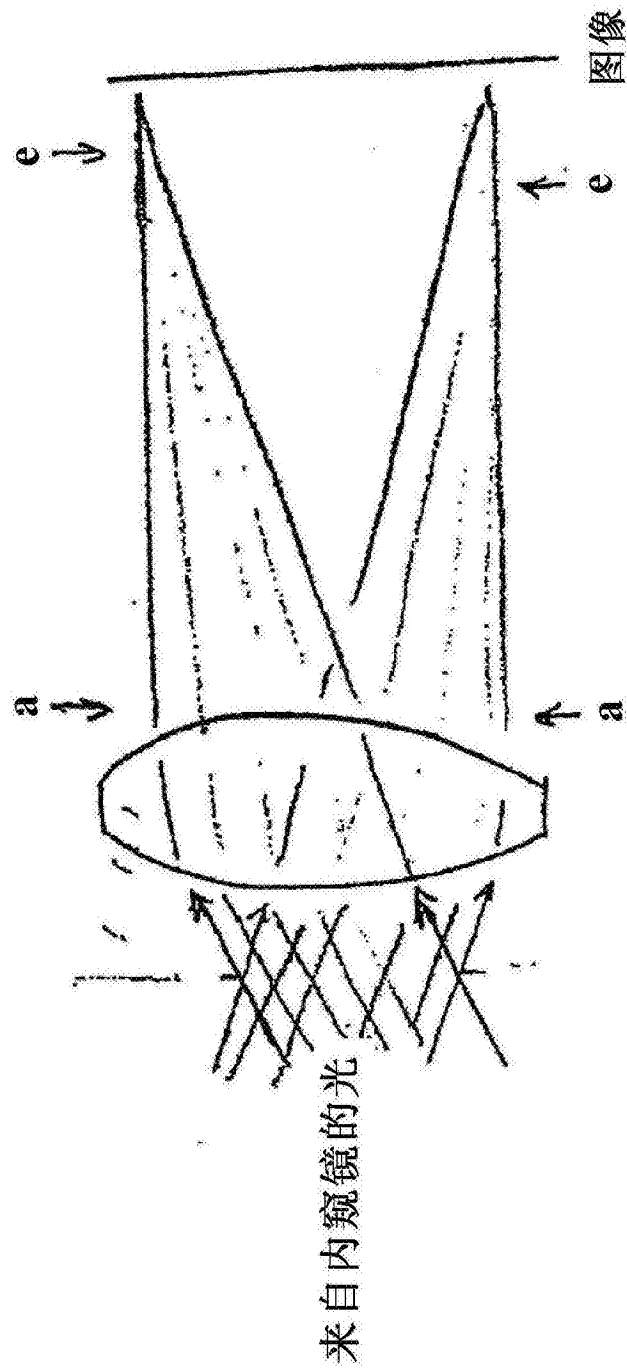


图8

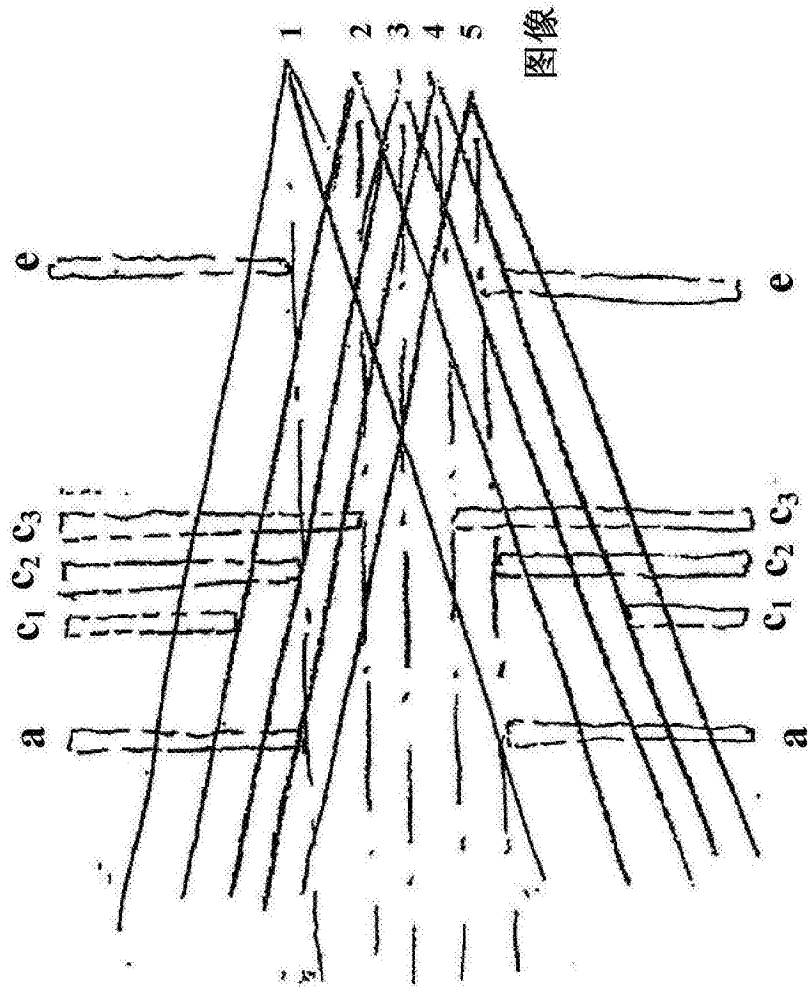


图9

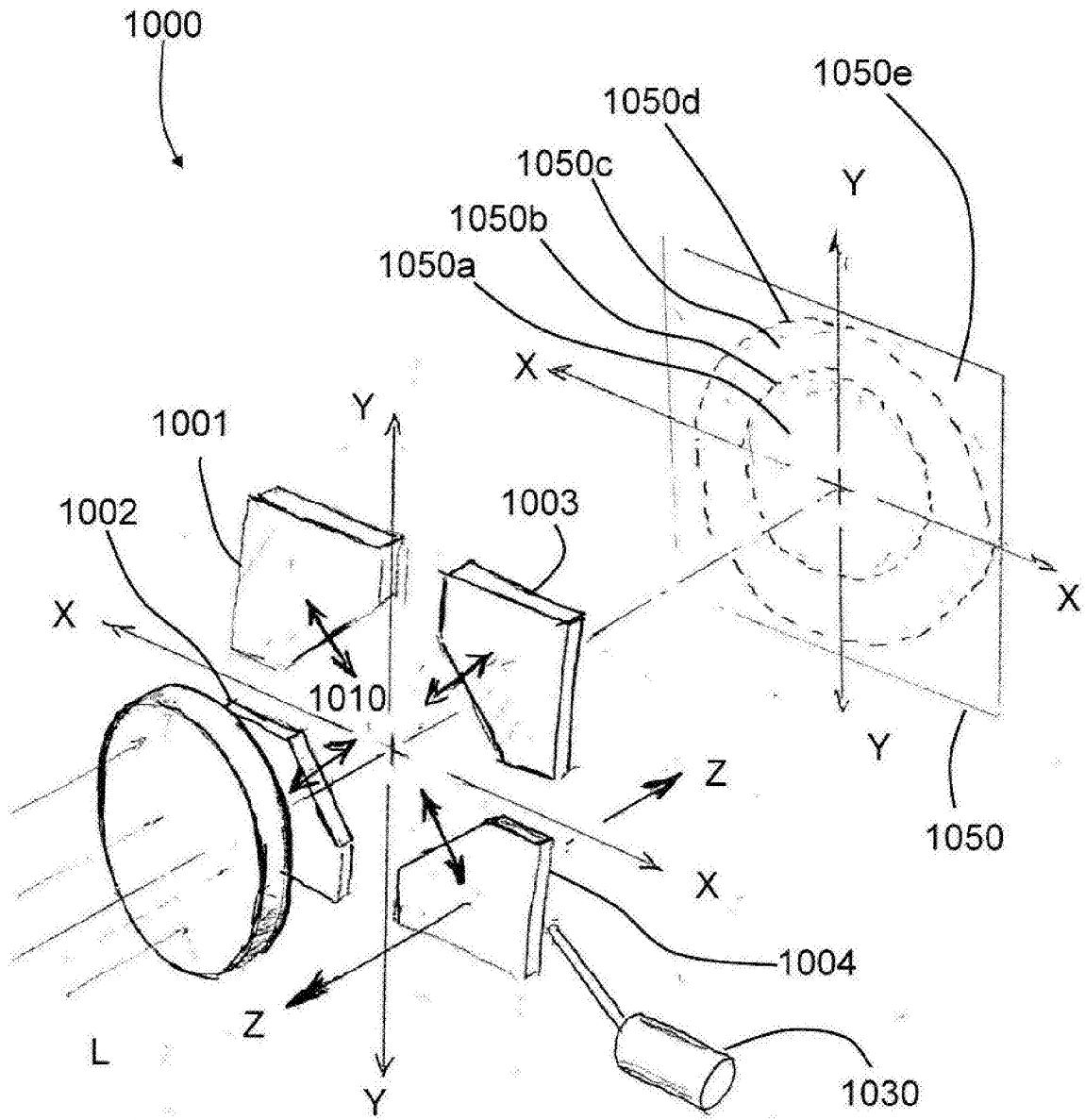


图10

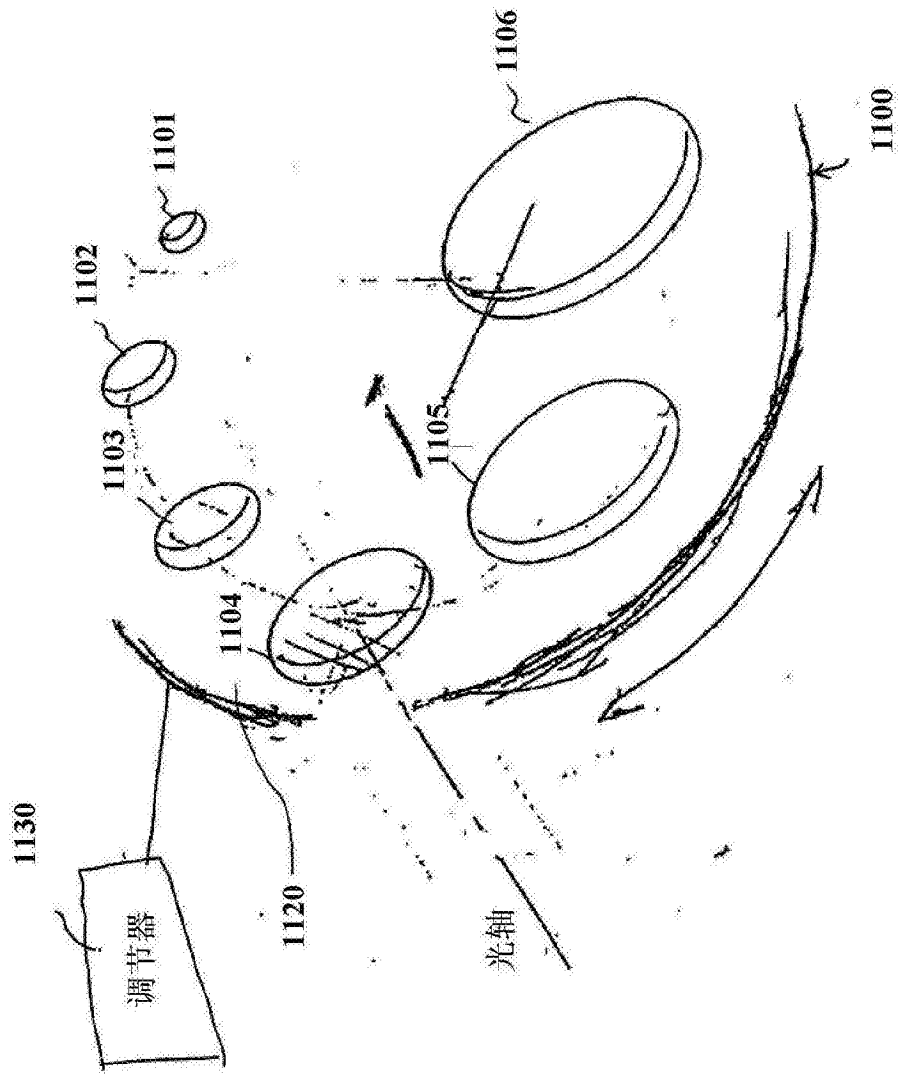


图11

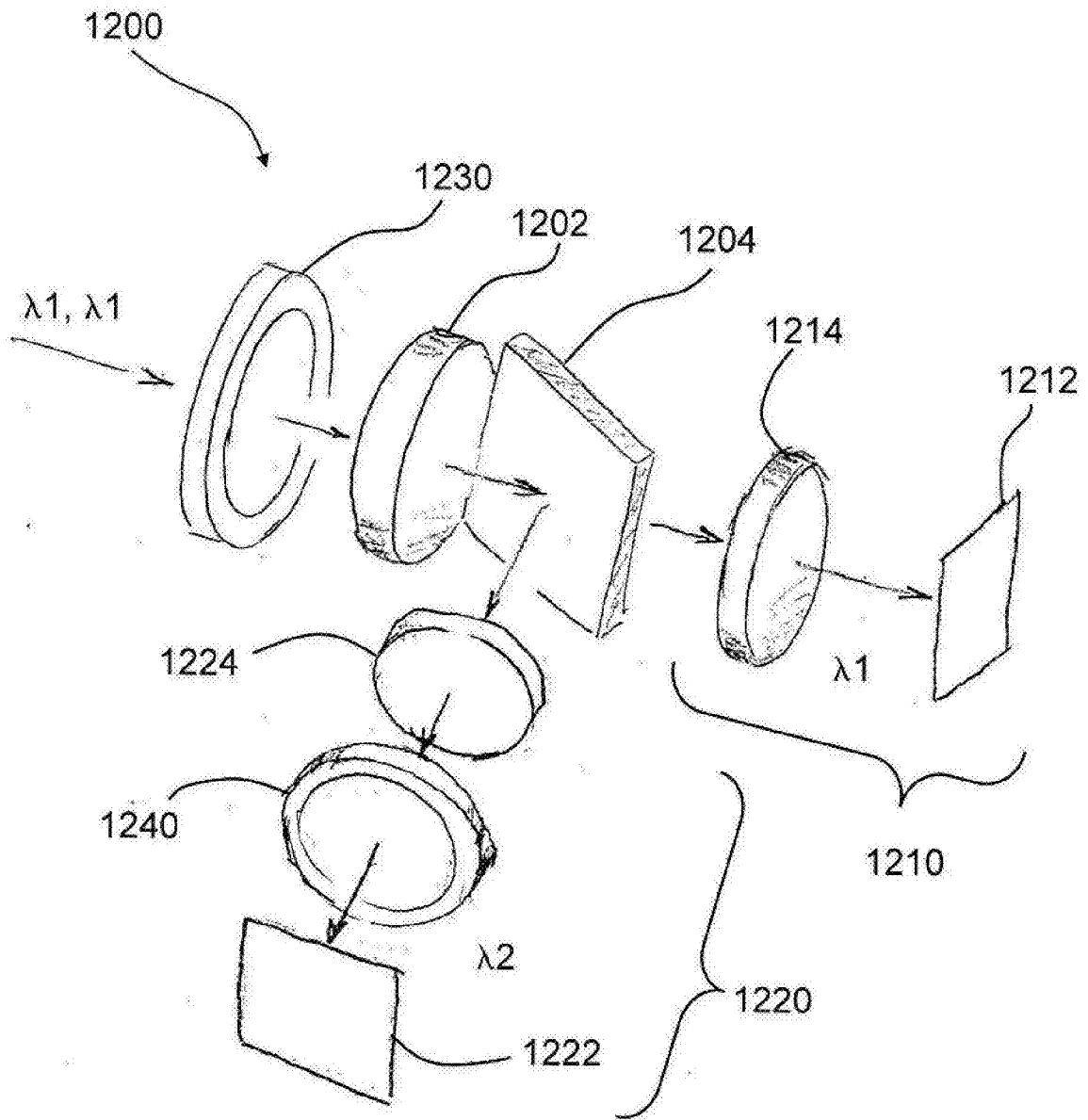


图12A

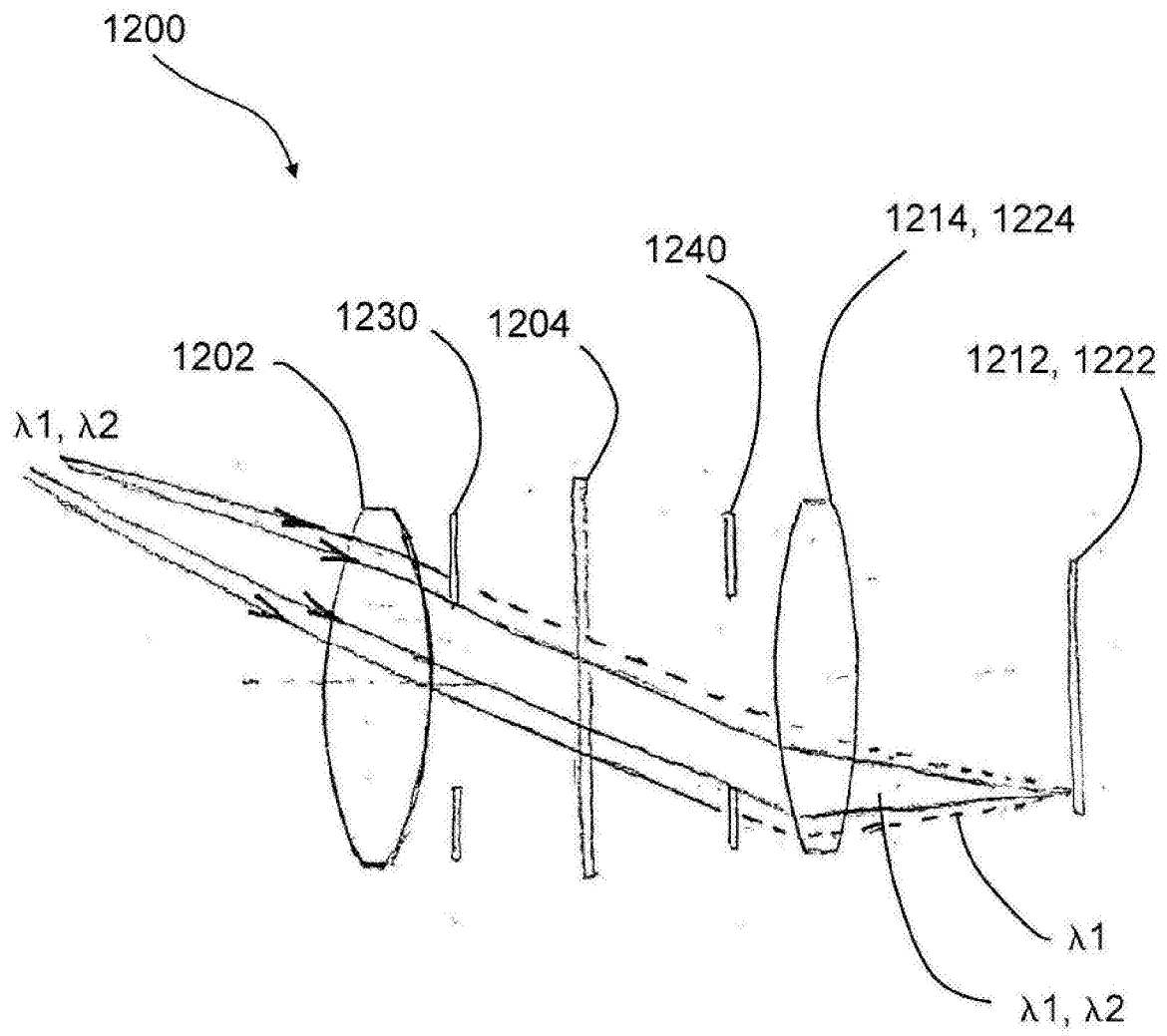


图12B

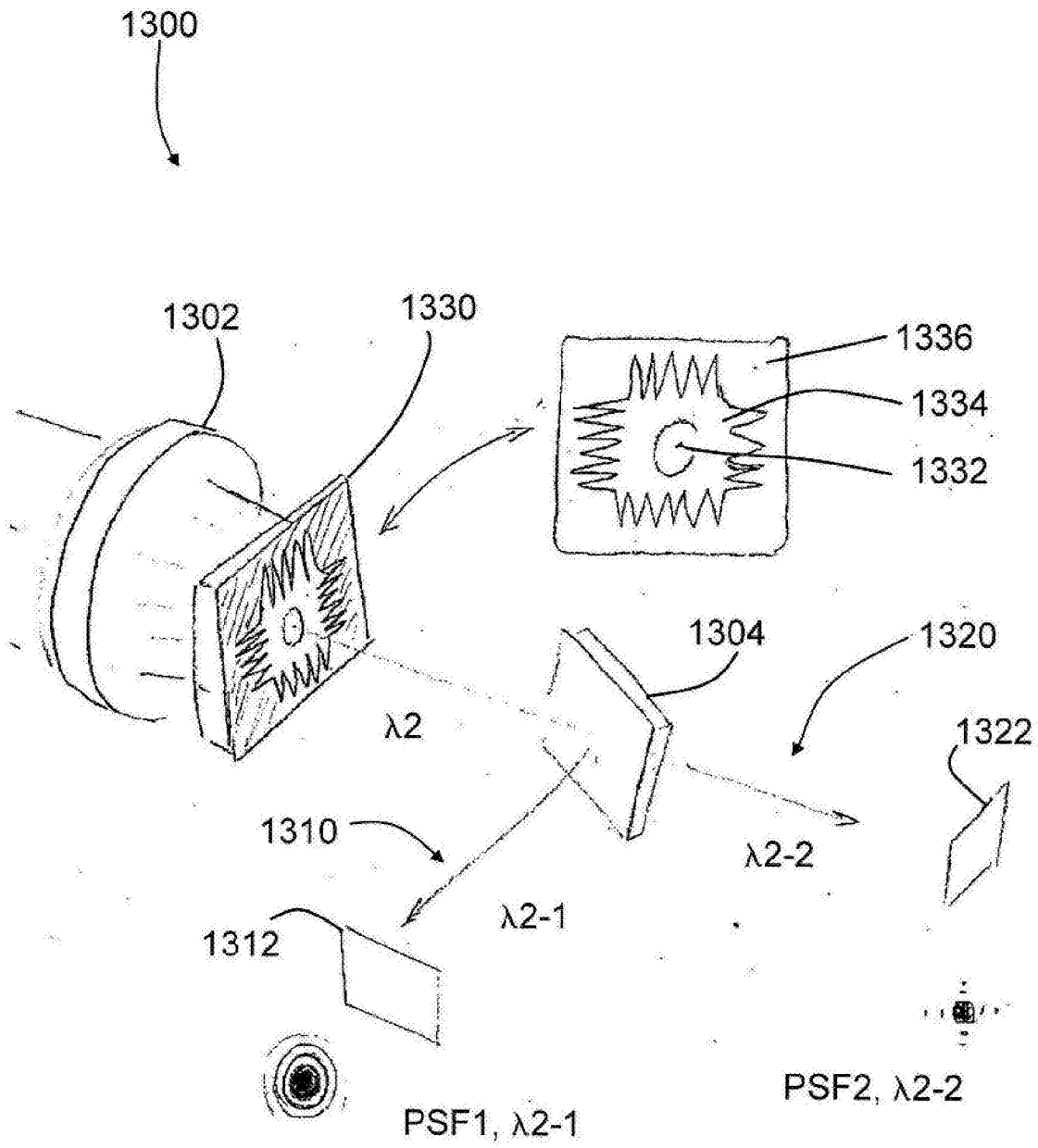


图13

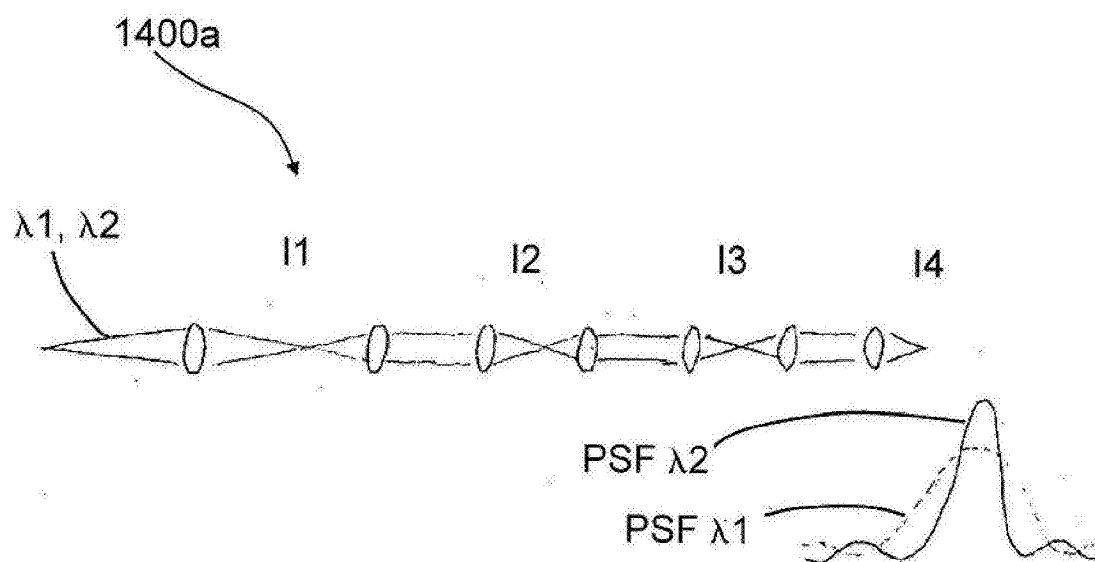


图14A

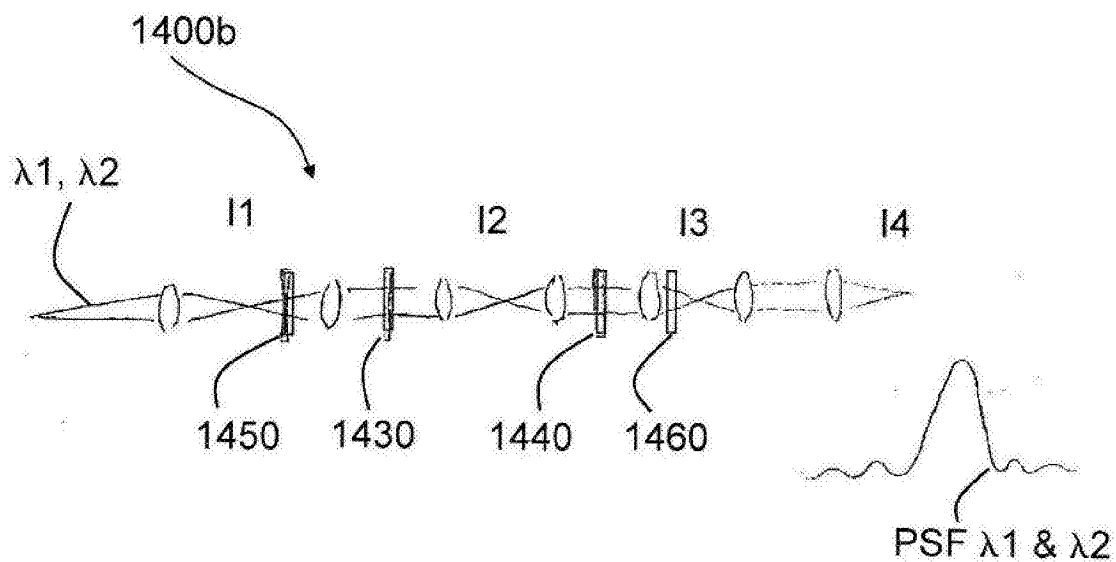


图14B

专利名称(译)	空间和光谱滤波孔径以及包括其的光学成像系统		
公开(公告)号	CN106461828A	公开(公告)日	2017-02-22
申请号	CN201580021609.X	申请日	2015-03-03
[标]申请(专利权)人(译)	诺瓦达克技术公司		
申请(专利权)人(译)	诺瓦达克技术公司		
当前申请(专利权)人(译)	诺瓦达克技术公司		
发明人	F.A.摩尔		
IPC分类号	G02B5/20 A61B1/06 G02B23/00 G03B11/00 G02B27/10		
CPC分类号	A61B1/00186 A61B1/0638 G02B5/005 G02B5/22 G02B23/2446 G02B27/0025 G02B27/1013 G03B11/00 G02B5/201 G02B27/0068		
代理人(译)	王星 陈岚		
优先权	61/947774 2014-03-04 US 62/077730 2014-11-10 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提供一种滤波器，滤波器包括：中央滤波器区域，中央滤波器区域用来传输第一波长范围；外围滤波器区域，外围滤波器区域用来阻挡第二波长范围；以及在中央和外围滤波器区域之间的过渡滤波器区域，过渡滤波器区域用来传输或阻挡与要在中央或外围滤波器区域中被传输或被阻挡的第二波长范围不同的第二波长范围。更一般地，可以存在“N”个区域和至多达N-1个过渡区域。

