



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103875138 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201280039406.X

O·纳米亚斯 V·魏斯莱布

(22)申请日 2012.06.13

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 舒雄文 蹇炜

申请公布号 CN 103875138 A

(43)申请公布日 2014.06.18

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H01S 3/08(2006.01)

61/457,822 2011.06.13 US

H01S 3/00(2006.01)

H01S 3/06(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2014.02.12

US 4209689 A, 1980.06.24, 全文.

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 201113567 Y, 2008.09.10, 全文.

PCT/IL2012/000230 2012.06.13

US 2002/0186742 A1, 2002.12.12, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

US 6624916 B1, 2003.09.23, 全文.

W02012/172541 EN 2012.12.20

W0 99/56359 A1, 1999.11.04, 全文.

US 2009/0103925 A1, 2009.04.23, 全文.

(73)专利权人 WI-电荷有限公司

审查员 周宇畅

地址 以色列雷霍沃特

(72)发明人 R·德拉-佩尔戈拉 O·阿尔珀特

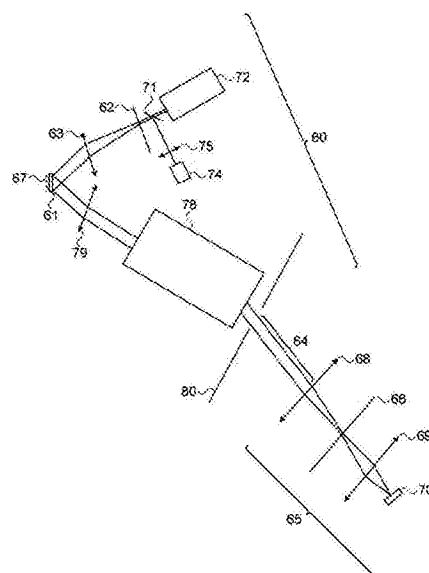
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

空间分布式激光器共振器

(57)摘要

一种使用回复反射元件的分布式共振器激光器系统,其中空间上分开的回复反射元件分别限定功率发射单元和功率接收单元。所述回复反射器不具有反转点,使得入射光束沿着与入射的所述光束的路径实质上重合的路径被反射回去。这使得所述分布式激光器能够以共线模式,而不是现有技术中描述的环形模式,操作光束。此特征容许简单地包含:在所述分布式腔内具有光学功率的元件;使得能够实现诸如聚焦/散焦的功能的元件;增大所述系统的视场的元件;以及使所述光束的瑞利长度发生变化的元件。能够有利地将所述光学系统构造为光瞳成像系统,所述光瞳成像系统具有能够将诸如所述增益介质或光伏转换器的光学组件不受物理限制地安置在该光瞳处的优点。



1. 一种分布式共振器激光器系统,包括:

第一回复反射器和第二回复反射器,所述第一回复反射器和所述第二回复反射器都使得入射于其上的光束沿着与入射的所述光束的路径重合的路径被反射回去;

增益介质,所述增益介质布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间;

输出耦合器,所述输出耦合器布置为使得将所述光束的撞击于其上的部分引导出所述共振器;

光束吸收组件,所述光束吸收组件相对于所述输出耦合器布置,使得所述光束的被引导出所述共振器的该部分撞击到所述光束吸收组件上;以及

具有至少一个非平坦的光学表面的至少一个光学组件,所述至少一个光学组件布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间,

其中,所述增益介质设置于并入了具有至少一个非平坦的光学表面的所述至少一个光学组件的光学系统的光瞳处。

2. 根据权利要求1所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述光束吸收组件是光伏功率转换器或传热组件。

3. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述至少一个光学组件是至少一个透镜,所述至少一个透镜布置为限定入射/出射光瞳,使得以多个不同角度通过所述入射/出射光瞳的光将被引导至所述增益介质。

4. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,至少一个光学组件是镜子,所述镜子布置为限定入射/出射光瞳,使得以多个不同角度通过所述入射/出射光瞳的光将被引导至所述增益介质。

5. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,还包括透镜,所述透镜布置为使得所述光束由其折射,以生成与联接所述透镜的中心和所述增益介质的轴平行的传播区域。

6. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,具有至少一个非平坦的光学表面的所述至少一个光学组件是具有成像平面的光学系统的部分。

7. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述增益介质设置于所述入射/出射光瞳的被成像的光瞳处。

8. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述第一回复反射器和所述第二回复反射器中至少一个回复反射器不具有反转点。

9. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述共振器支持共线光束模式。

10. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述光学系统具有至少一个远心区域。

11. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,进一步地,其中,所述光学系统具有至少一个成像平面。

12. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,还包括设置于所述光瞳处的传感器。

13. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统,其中,所述输出耦合器是所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之一的部分。

14. 根据权利要求1和2中的任一项所述的分布式共振器激光器系统, 其中, 所述输出耦合器独立于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器。

15. 一种分布式共振器激光器系统, 包括:

第一回复反射器, 所述第一回复反射器将入射于其上的光束沿着与入射的所述光束的路径重合的路径反射回去;

第二回复反射器, 所述第二回复反射器将入射于其上的光束沿着与入射于其上的所述光束的路径重合的路径反射回去;

增益介质, 所述增益介质布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间; 以及

透镜系统, 所述透镜系统布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间的、使得所述增益介质布置于所述透镜系统的内部光瞳平面处的位置。

16. 根据权利要求15所述的分布式共振器激光器系统, 其中, 所述透镜系统还具有外部光瞳平面, 所述外部光瞳平面布置于所述透镜系统的与所述增益介质的端部相反的端部处, 使得从任何方向通过所述外部光瞳的光将被朝向所述内部光瞳平面处的所述增益介质的中心引导。

17. 根据权利要求15和16中的任一项所述的分布式共振器激光器系统, 其中, 所述透镜系统具有至少一个远心区域。

18. 根据权利要求15和16中的任一项所述的分布式共振器激光器系统, 其中, 所述透镜系统具有至少一个成像平面。

19. 根据权利要求18所述的分布式共振器激光器系统, 还包括形成所述成像平面的电子图片的光学传感器。

20. 根据权利要求17所述的分布式共振器激光器系统, 还在所述远心区域中包括和设置以下至少之一: 偏振操纵光学组件、双重光学器件、或者一个或多个波片。

21. 根据权利要求15和16中的任一项所述的分布式共振器激光器系统, 还包括设置于所述内部光瞳平面中的传感器。

空间分布式激光器共振器

技术领域

[0001] 当前发明涉及使用回复反射器(retroreflector)的分布式激光器共振器的领域,尤其用在用于通过腔内(intracavity)激光功率将功率无线传输至便携式电子设备的系统中。

背景技术

[0002] 在公布为W02007/036937、“定向光发射器和接收器(Directional Light Transmitter and Receiver)”的PCT申请PCT/IL2006/001131中和在公布为W0/2009/008399、“无线激光功率(Wireless Laser Power)”的PCT申请PCT/IL2009/000010中,示出了基于分布式激光器共振器的无线功率输送系统。当前公开中使用此术语,以描述如下激光器:其腔镜子(mirror)在自由空间中分开,并且腔镜子之间没有任何特定的预限定的空间关系,使得激光能够在随机安置的端部反射器之间操作。在以上提到的申请中,该分布式激光器共振器的一个使用在于将来自中心布置的发射器的光学功率传输至远离所述发射器安置的移动接收器,其中端部镜子安置于发射器和接收器内。该分布式激光器共振器使用诸如角锥棱镜(corner cube)和猫眼以及其阵列的简单的回复(retro)反射器作为腔的端部镜子。回复反射器与平面镜反射器不同,因为回复反射器具有非无限小的视场。在回复反射器的视场内入射到回复反射器上的电磁波前沿着与来自波源的方向平行但是相反的方向被反射回去。即使回复反射器上的该波的入射角具有不同于零的值,反射也发生。这不像平面镜反射器,只有镜子精确地与波前垂直,具有零入射角时,平面镜反射器才沿着入射路径反射回去。

[0003] 诸如图1中所示出的回复反射器的许多该通常可用的回复反射器15生成绕处于回复反射器中或很靠近回复反射器的反转点10(或在回复反射器阵列的情况下绕多个点)的反转点10的光学图像反转,反射光束11穿过与入射光束12的路径空间上不同的路径,如图1所示出的。

[0004] 在实际的系统中,绕点的此反转引起若干问题:

[0005] a. 在许多此简单的回复反射器中,将反转点处于诸如角锥棱镜反射器中的其中不能提供光学通路的光学不透明的位置中。

[0006] b. 如在以下的段落(c)至(f)中将进一步地阐释的,为实际使用设计的分布式激光器系统应该要求在腔内放置光学元件。然而,这可能是有问题的,因为,接着以上的段落(a),光学不透明的位置中的反转点导致不重叠的两个光束。对此的解释是回复反射器绕光束的方向上的反转点10反转。从而,以柱坐标表述光束方向,取向角Theta保持恒定,R变为负R并且方向颠倒(reverse)了。对于待重叠的两个光束,R必须等于负R,其指示R等于0,意味着反射必须发生在不透明的反转点处。由于如图1中所示出的重叠的此缺失,在光束路径中放置要求的具有至少一个非平坦的光学表面的光学元件将通常导致两个光束变得不平行,引起分布式共振器停止激射。此光学组件可以引起每一个光束不同地偏转,如图2中所示出的,其示例了两个平行光束的行为,一个为通过透镜20的光学中心21的标记的光束1,

以及一个为通过从中心移位的点23的标记的光束2。如所观测的,通过透镜20后,光束不再平行。因为为使分布式共振器操作需要两个光束保持平行,如上述的W02007/036937和W0/2009/008399中描述的,所以该光学组件不能用于在其单个回复反射器(多个回复反射器)处具有光学图像反转和具有不透明的反转点的共振器内。尽管设计诸如望远镜透镜装置的某些光学元件以处理两个平行的光束是可能的,但是该设备可能具有有限的视场和有限的功能,可能要求光束之间的间隔固定,并且可能对两个光束引起畸变(aberration)。这一般阻止了该望远镜解决方案的实际使用。在G.J.Linford等的美国专利号4209689的“激光安全通信系统(Laser Secure Communications System)”中,描述了用于远程通信的分布式激光器腔,腔中具有靠近增益介质的望远镜。此系统应对非常轴向地限定的光束,并且以尽可能有限的视场来操作,涉及接近于轴的传播的角度。没有提到沿着(down)腔长度的诸如增益介质的元件的纵向位置。据信使用望远镜以扩展光束,并且因此限制光束发散和视场。在许多其它情况下,可以不存在对望远镜的需要,而是存在对诸如聚焦透镜的具有不同功能的另一光学元件的需要,存在由于双光束而从其出现的相同的问题。

[0007] c. 为两个光束设计的光学系统需要使用的组件的直径的大小通常是等效的单光束系统的组件的直径的至少两倍,以便适应两个光束和其之间的距离。这将增加系统的成本和其总的宽度。

[0008] d. 一般地,两个简单的回复反射器不足以实现激射,因为典型地需要将光束聚焦,以便补偿瑞利扩展。在以上参考的W0/2009/008399中,通过使用热聚焦元件来解决此问题。然而,由于需要对其进行启动,该解决方案遭受增加的复杂性。

[0009] e. 在光束的路径中可能必需诸如具有至少一个非平坦的表面的那些光学元件的具有光学功率的光学元件,以实现诸如聚焦的其它的光学功能,以对畸变进行校正,以监视系统的状态,以改变系统的视场,或者以以不同的光圈工作以容许系统的更好的性能/价格。因为两个光束实质上是分开的,所以随着需要增大的光圈,阻挡重影光束(ghost beam)也可能是困难的。

[0010] f. 因为将成像光学器件放置在共振器内部是困难的,所以形成接收器的位置的图像是困难的。该信息对于监视连接至发射器的单个接收器或多个接收器可以是潜在地必需的。

[0011] 以上两个参考的PCT公布中示出的分布式激光器系统出现了附加的问题,因为系统内的光束的方向和位置是未知的。于是知道在光束的路径中哪里放置诸如偏振器、波片、倍频(frequency doubling)晶体等的方向敏感的组件变得困难。知道如何使用诸如小检测器、增益介质等的位置受限的组件也变得困难,因为不知道哪里横向(laterally)安置该组件。

[0012] 因此存在对分布式激光器腔架构的需要,该分布式激光器腔架构克服了现有技术系统和方法的以上提到的缺点中的至少一些缺点。

[0013] 说明书的此部分和其它部分中提到的公布中每一个公布的公开的全文并入于此作为参考。

发明内容

[0014] 当前公开描述了用于使用回复反射元件实现分布式腔激光器操作的新的示范性

的系统和方法,其中,空间上分开的回复反射元件限定功率发射单元和功率接收单元。将增益介质有利地放置于发射器单元中,使得一个发射器能够与数个接收器一起操作,接收器具有较简单和较轻的构造。描述的系统和方法克服了与该现有技术激光系统中简单的回复反射器的使用相关联的双光束问题。描述的系统和方法也克服了在横向和纵向二者上限定激光器腔内的各个光学组件的位置的问题,提供了所述腔的激光属性的补充优点。因此系统存在容许下面的特性中的一些或全部的优点:

[0015] a)容许沿着入射光束的路径的回复反射,使得传入和返回的光束沿着相同的路径行进。此特征使得分布式激光器能够以共线模式操作光束,而不是现有技术中描述的环形模式。

[0016] b)容许将诸如具有一个或多个非平坦的光学表面的元件的具有光学功率的元件放置于传出/返回的光束中,其中这些组件尤其可以执行:

[0017] 聚焦/散焦

[0018] 增大系统的视场

[0019] 改变光束的瑞利长度

[0020] 使光束适应特定的操作距离。

[0021] c)在系统中具有容许放置组件的区域,使得总是保证光通过组件的中心,使得可以降低组件的大小和价格,并提高效率。

[0022] d)在系统中具有容许放置光学组件的区域,使得总是保证光平行于光轴。

[0023] e)在系统中具有其中形成接收器的位置的图像的区域,使得能够监视接收器。

[0024] f)在系统中具有其中已知激光束不能到达的区域,使得可以在那里放置对激光束敏感的但不是激光作用自身要求的功能性元件。

[0025] 为了实现以上提到的要求中的至少一些要求,并且由此提供分布式腔激光器,该分布式腔激光器能够以该激光器在通常的环境中实际使用所必需的特征操作,并且以必要的安全措施操作,此公开提供了具有如立即解释的若干新颖特性的分布式激光器:

[0026] 首先,使用了基于能够将光束反射回到自身的回复反射器的腔端部镜子,使得从每一个回复反射器传入和返回的光束实质上沿着重合的但是反向的传播路径行进。该回复反射器的一些范例包含:常规的猫眼回复反射器,常规的猫眼回复反射器用于光束通过其入口光圈的中心区域进入猫眼;聚焦/散焦猫眼回复反射器(包含两个半球,使得一个半球将光聚焦在另一个半球的表面上;或其中具有多个元件的更复杂的结构,并且依然聚焦);多元(multi element)(广义的)猫眼回复反射器;全息图回复反射器;相位共轭镜子;以及反射球镜,反射球镜能够将光反射到自身上。在反射球镜的情况下,尽管由于反射,光束将变为散焦的,但是这可以通过在沿着光束的路径的其它地方使用聚焦元件来解决。

[0027] 然而,该回复反射器可以生成畸变和诸如聚焦/散焦、较高阶光束的激发、或其它伪像(artifact)的其它光束传播问题,需要对这些问题进行处理,以便确保以可接受的功率转换效率和在可接受的安全标准内以一致的质量激光。另外,该回复反射器的使用可以限制视场,因此可能需要光学上增大该视场以实际使用该系统。另外,激光器系统的组件可以不具有最佳的或要求的大小或视场,可以使用激光器腔内的附加的光学系统对该尺寸或视场进行校正。为了克服该效应并且提高总的激光器系统的性能,在腔内的光束的路径中添加其它的光学组件可能是必要的或者有利的,其操作以便补偿不期望的单个效应或多个

效应。使用具有双光束几何结构的现有技术分布式激光器共振器,因为此双光束几何结构,将附加的光学组件插入至光束中是无效的。然而,通过使用如当前公开中的示范性的腔结构中描述的单光束共线共振器代替两光束环形共振器,此目标现在变得可能。

[0028] 在能够使用的附加的腔内光学组件或子系统,以及其使用能够实现的目的中,包括以下:

[0029] (a)可以使用望远镜来增大发射器单元或接收器单元的角视场。

[0030] (b)可以使用望远镜来增大/减小系统的瑞利长度,从而增大操作范围(对于瑞利长度增大的情况)或容许从可以在范围内的数个设备中选择单个设备(对于瑞利长度减小的情况)。

[0031] (c)可以使用发射器单元或接收器单元中的聚焦系统来将光束腰从发射器朝向接收器移动或甚至移动直到接收器,从而降低在接收器处的光束的大小,并且因此降低接收器的尺寸。

[0032] (d)可以使用透镜、自聚焦透镜(grin lens)或弯曲镜子系统来补偿热透镜化(thermal lensing),或补偿系统中的其它不期望的透镜化效应,诸如当使用球镜反射器时。

[0033] (e)可以使用偏振器来限定激射系统内传播的光的偏振。

[0034] (f)可以使用波片来:

[0035] (i)限定系统的偏正

[0036] (ii)阻止无意的激射通过被插入至光束中并且意外地以布儒斯特角或接近布儒斯特角倾斜的透明的表面

[0037] (iii)阻止使用临时准备的或未经授权的接收器

[0038] (iii)增加安全系统的敏感度

[0039] (g)可以使用光学元件来对由系统中各个组件部分引起的畸变进行校正。

[0040] (h)可以使用腔内光学系统,来使得能够使用较小的增益介质来放大向前方向上和向后方向上的光,容许增大的增益和降低的大小。

[0041] 在下文具体实施方式部分中给出了这些组件或子系统中的一些组件或子系统的进一步的细节。

[0042] 共线的反向传播光束的存在使得能够在激光器腔内安置该光学组件或子系统,使得能够实现以上段落中描述的目的。这显著背离现有技术激光器,不管是局部化的还是分布式的,现有技术激光器中,成像或聚焦功能通常不并入激光器腔内。激光器腔内的焦点的生成一般是不期望的,因为其能够导致光学组件的涂层上或组件自身上的热斑,或者导致腔内的等离子体生成。除了用于激射过程自身的那些要素外,激光器腔内一般不存在对任何组件的需要,并且一般试图避免在腔内包含该附加的组件,以最小化光学损耗,以简化系统和消除重影光束。然而,在用于此公开中描述的类型的应用的分布式激光器腔中,存在对增益介质和腔的端部镜子的广角角度操作(wide angle angular operation)的需要,因为可以将发射器单元和接收器单元布置在分布式激光器腔的环境范围内的任何位置处,并且激光器必须继续在每一个端部镜子的输入光束和输出光束的入射角的宽的范围上以其期望的效率运行。这要求腔内光学子系统,用于处理来自不同的入射角的射线,以使得射线不从激射过程减损。

[0043] 为了促进这些目标,当前公开中描述的示范性的分布式激光器腔有利地利用了涉及光瞳成像的使用的新颖设计。能够将该光瞳成像系统限定为以下的成像系统:其中从任何入射角到达并且通过光瞳的光在预限定的图像平面上形成图像,此平面上的图像位置取决于通过光瞳的光的入射角。

[0044] 在来自每一个不同入射角的所有的光通过光瞳区域的条件下,来自每一个不同入射角的所有的光,即使空间上散开但从特定入射角到达,也将被传递至图像平面上的相同空间点。来自不同入射角的光在图像平面上生成不同空间点。从而能够基于光瞳成像系统的这些属性来限定光瞳自身。在下文具体实施方式部分中的图3中给出此概念的图形描述。

[0045] 可以构造具有光瞳成像特性的当前公开中描述的示范性的分布式腔激光器系统,由此向系统提供下面的优点。因为激光器腔内的光学组件或子系统的安置也是用于确保紧凑的和容易设计的激光系统的重要的准则,所以也将光学成像子系统设计为容许将各个组件放置在它们的最佳的位置。存在涉及到的,取决于期望的目的,数个不同的准则。首先,应该将系统设计为具有如下区域:对于该区域中放置的组件,保证来自任何入射角的光通过那些组件的中心。这使得能够降低那些组件的大小,从而减小成本和提高效率。这能够实现现在装备有光瞳的成像系统的单个光瞳或多个多个光瞳处,并且该单个位置或多个位置因此适合于诸如激光系统的增益介质、光伏功率转换检测器、监视二极管等的组件的安置。

[0046] 实际上,通过使用聚焦元件来限定光瞳成像系统,该聚焦元件是诸如透镜,并且布置在距光瞳的期望的位置其焦距处。能够根据光束通过透镜而生成的角度信息和空间信息之间的傅里叶变换容易地描述基于光瞳的成像系统的操作的以上限定。使用傅里叶变换方法学,通过在光行进了焦距时角度至位置的数学傅里叶变换来描述透镜。在简单的单透镜系统中,从透镜的焦点以与轴成角度发射的光在通过透镜之后,将被平行于透镜的光轴引导,并距该轴一取决于角度的距离,从而,释放(loose)所有的角度信息并且将其完全交换为空间信息。颠倒光的方向,空间信息将被重译为角度信息,使得在系统的光瞳处,光束将不具有空间信息(因为光瞳点是预限定的)并且只有角度信息。

[0047] 当激光系统处于操作中时,将在发射器的前光瞳的中心和接收器的前光瞳的中心之间形成激光束。当进入(或离开)发射器时,该光束将仅仅具有角度信息,因为该光束正通过已知的点。发射器中的光学系统现在将该前光瞳成像至其中可以最佳地设置增益介质的内部光瞳平面上。光束通过增益介质的中心,因为该位置提供系统的前光瞳的准确的图像。进一步沿着光束的路径,安置在距内部光瞳其焦距处的透镜将角度信息变换为空间信息。一旦不存在角度信息,就形成其中可以安置对角度信息敏感的组件的远心区域。

[0048] 通常,遍及此申请,将光瞳的功能效应理解为通过真实光瞳或真实光瞳的图像实现的,该真实光瞳如由在光束进入透镜时光束通过的空间中实际物理位置来实现,真实光瞳的图像如是通过成像到系统中的另一位置而投影的。对光瞳和记载光瞳的权利要求的参考旨在覆盖这两种情况。

[0049] 将来自以上的光瞳成像系统的限定应用至当前公开的分布式激光器结构,一个立即的优点是当使用设置于光瞳成像系统的成像平面处的薄盘形式的增益介质时,从任何方向通过光瞳的光将在通过望远镜系统之后,总是聚集于相对于望远镜的输出的次级光瞳(secondary pupil)处的增益介质的盘上。因此,厚度基本小于横向尺寸的薄盘形式的增益介质将有效地激光,而与通过入射光瞳被引导至发射器中的光束的入射方向无关。如果光

瞳成像分布式激光器系统中使用的回复反射器不具有反转点以使得入射光束从回复反射器被共线地反射回去,则能够最佳地实施光瞳成像分布式激光器系统的该使用。不论成像系统是含有增益介质的发射器的输入透镜还是其前面设置增益介质的回复反射器的成像系统,增益介质相对于光瞳成像系统的元件的此位置都适用。在这些情况之一中,相对于成像元件设置增益介质,使得将来自视场内任何入射方向的光聚焦至增益介质上。此公开的具体实施方式部分中给出了关于实际上如何实现这个的范例。

[0050] 另外,可以将系统设计为具有除了在光瞳位置处的区域外的其它区域,在该其它区域处,将来自不同角度的光束引导为彼此平行地穿过那些区域(即远心区域),使得能够放置独立于输入透镜上的光束的入射角操作的光学组件。

[0051] 此外,应该将系统设计为具有其中可以形成系统的视场的图像的区域(成像平面)。在放置例如生成接收器的位置的图像的该光学子系统中,这些区域尤其有用。

[0052] 此外,应该将系统设计为具有其中激光束不通过的区域,使得可以将受激光束影响的组件放置于那里。该组件可以是诸如用于监视诸如增益介质荧光水平的参数的水平的检测器、热透镜传感器、用于直接或通过它们在增益介质中生成其它波长的效应来监视泵浦二极管光束的水平的泵浦光束传感器、以及安全传感器。

[0053] 此公开中描述的系统的一个示范性的实施方式涉及分布式共振器激光器系统,包括:

[0054] (i)第一回复反射器和第二回复反射器,两个回复反射器都使得入射于其上的光束沿着与入射的所述光束的路径实质上重合的路径被反射回去,

[0055] (ii)增益介质,所述增益介质布置在所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间,

[0056] (iii)输出耦合器,所述输出耦合器布置为使得将所述光束的撞击于其上的部分引导出所述共振器,

[0057] (iv)光束吸收组件,所述光束吸收组件相对于所述输出耦合器布置,使得所述光束的被引导出所述共振器的该部分撞击到所述光束吸收组件上,以及

[0058] (v)具有至少一个非平坦的光学表面的至少一个光学组件,所述至少一个光学组件布置于所述回复反射器之间,

[0059] 其中,所述增益介质实质上设置于并入了具有至少一个非平坦的光学表面的所述至少一个光学组件的光学系统的光瞳处。

[0060] 在以上描述的分布式共振器激光器系统中,所述光束吸收组件可以是光伏功率转换器或传热组件。另外,所述至少一个光学组件可以是至少一个透镜,所述至少一个透镜布置为限定入射/出射光瞳,使得以多个不同角度通过所述光瞳的光将被引导至所述增益介质。替代地,所述至少一个光学组件可以是镜子,所述镜子布置为限定入射/出射光瞳,使得以多个不同角度通过所述光瞳的光被引导至所述增益介质。

[0061] 根据进一步的示范性的实施方式,该系统还可以包括第二透镜,所述第二透镜布置为使得所述光束由其折射,以生成与联接所述透镜的中心和所述增益介质的轴平行的传播区域。

[0062] 另外,具有至少一个非平坦的光学表面的所述至少一个光学组件可以是具有成像平面的光学系统的部分。于是可以将所述增益介质则设置于所述入射/出射光瞳的被成像

的光瞳处。

[0063] 在任何以上描述的示范性分布式共振器激光器系统中,所述第一回复反射器和所述第二回复反射器中至少一个回复反射器不应具有反转点。此外,所述共振器于是应该支持共线光束模式。此外,所述光学系统应该具有至少一个成像平面,并且可以具有至少一个远心区域。

[0064] 另外,所述分布式共振器激光器系统还可以包括设置于所述光瞳处的传感器。所述输出耦合器可以是所述回复反射器之一的部分,或其可以独立于所述回复反射器。

[0065] 另外,此公开中描述的分布式共振器激光器系统的替代的实施方式可以包括:

[0066] (i)第一回复反射器,所述第一回复反射器将入射于其上的光束沿着与入射的所述光束的路径实质上重合的路径反射回去,

[0067] (ii)第二回复反射器,所述第二回复反射器将入射于其上的光束沿着与入射于其上的所述光束的路径实质上重合的路径反射回去,

[0068] (iii)增益介质,所述增益介质布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间,以及

[0069] (iv)透镜系统,所述透镜系统布置于所述第一回复反射器和所述第二回复反射器之间的使得所述增益介质处于所述透镜系统的成像平面处的位置。

[0070] 在该系统中,所述透镜系统还可以具有外部光瞳平面,所述外部光瞳平面布置于所述透镜系统的与所述增益介质的端部相反的端部处,使得从任何方向通过所述外部光瞳的光将被朝向所述内部光瞳平面处的所述增益介质的中心引导。在任何这些系统中,所述系统可以包含至少一个远心区域。另外,其可以具有至少一个成像平面。在该情况下,其于是还可以包括形成所述成像平面的电子图片的光学传感器。可以被并入至所述系统中的附加的组件包含设置于所述远心区域中的偏振操纵光学组件、双重(doubling)光学器件、以及一个或多个波片。所述系统还可以包括设置于所述光瞳中的传感器。

附图说明

[0071] 结合图样,从下面详细的描述中将更加充分地明白和理解当前要求保护的发明,其中:

[0072] 图1示出了生成绕处于回复反射器中的点的光学图像反转的现有技术角锥棱镜回复反射器的表示,其中反射光束穿过与入射光束的路径在空间上不同的路径;

[0073] 图2示意性地示出了在诸如图1中示出的回复反射器的回复反射器的光束路径中放置透镜的结果,该回复反射器具有光学反转点,导致空间上分开的传播光束;

[0074] 图3示例了如当前公开中使用的能够用以对光瞳、或光瞳平面以及光瞳成像进行可视化的方式;

[0075] 图4A示意性地示例了能够回复反射穿过其反转点的光束的猫眼回复反射器;

[0076] 图4B示意性地示例了使用了平坦的反射器镜的远心回复反射器;

[0077] 图5示意性地示例了对被朝向球的中心引导的光束进行回复反射的镜球;

[0078] 图6示意性地示例了根据此公开中描述的新颖结构特性的一个示范性的实施方式

的分布式激光器系统,示出了系统的光瞳的位置;

[0079] 图7示意性地示例了图6的分布式激光器系统,包含了其中的组件的进一步的细

节,并且示出了激射系统的附加的组件;

[0080] 图8示例了用于确定对传播光束形状的任何扰动的存在的光束轮廓描画(profiling)单元的显示;

[0081] 图9示例了可以如何使用辅助透镜来生成系统的远心区域;

[0082] 图10示意性地示例了图6和图7中示出的光瞳成像系统用以并入若干光瞳的方式;

[0083] 图11示意性地示例了用于各个监视功能的光束无法到达的区域的使用;以及

[0084] 图12示意性地示例了代替先前描述的透镜聚焦的发射器中镜子聚焦的使用。

具体实施方式

[0085] 首先参考图3,提供图3是为示例能够用以对光瞳、或光瞳平面以及光瞳成像进行可视化的一种方式,以图形化地阐明此公开的发明内容部分中给出的其解释。在图3中,将透镜24安置于空间中。通过光瞳25的所有准直光束在图像平面26上形成图像斑。例如,准直光束27将被聚焦在成像平面上的点27a上,而准直光束28将在成像平面26上形成聚焦图像斑28a。

[0086] 如果将系统设计或建立为处理具有某一曲率半径的未准直光束,则成像平面将在空间中移动,但是将依然存在。成像平面不必然是平坦的。在此申请中,具有实质类似于或稍微大于光束宽度的宽度的光瞳附近的区域称之为“光瞳”,以及在光束聚焦处的平面称之为“成像平面”。

[0087] 望远镜通常具有入射光瞳和出射光瞳,使得通过入射光瞳的光束也将通过出射光瞳。将两个光瞳安置于空间中,使得一个光瞳是另一个光瞳的光学图像。

[0088] 现在参考图4A,图4A示意性地示例了常规的猫眼回复反射器配置30,在光束通过图4A中处于透镜32的中心的反转点31的条件下,该常规的猫眼回复反射器配置30能够沿着光束的入射路径将光束回复反射回去。在该回复反射器中,将凹镜33布置于入射透镜(entrance lens)32的焦平面处,或更准确地,距入射透镜焦距处,使得以任何入射角入射的光束由入射透镜聚焦至凹镜表面上,将每一个入射角聚焦于镜子上的不同空间位置处。为了示例反转点的重要性,图4A中示出了两个入射光束。来自图样的左上区域的光束35通过透镜的中心处的反转点31,以垂直入射角撞击反射器镜33,并且沿着其自己的入射路径被反射回去。另一方面,来自图样的左下侧的光束36在离开反转点的位置处通过透镜,以非零的入射角撞击镜子33,并且在与入射路径平行但不重合的路径37上被反射回来。因为通过透镜的中心处的反转点的来自任何入射角的光线沿着其自己的路径被回复反射回去,所以此位置表示猫眼的光学系统的光瞳,并且此点将是用于设置激光器腔的增益介质的理想位置。然而,此简单的猫眼回复反射器的使用是受限制的,因为光瞳处于透镜的中心处,并且从而在那里设置增益介质是困难的,除非增益介质也用作透镜,诸如通过将其塑造为透镜或通过使用在激射期间由增益介质生成的热透镜化属性。

[0089] 因此参考图4B,图4B示意性地示例了克服了图4A的回复反射器中的光瞳的无法到达的问题的远心回复反射器40。此情况下的反射镜是平坦的镜子43,并且如同在图4A中,其设置于距透镜42焦距处。现在能够将如图4中标记的光瞳区域44的光瞳限定在透镜的输入侧上的等于焦距的距离处,使得通过光瞳的中心的任何入射射线将通常被聚焦于反射器镜上的根据该入射射线的入射角的位置处,并且将沿着通过光瞳的中心的其入射路径被反射

回去。图4B中示出了来自不同入射角的两个该射线45、46。然而,不像图4A中示出的设备,光瞳平面47现在物理上处于聚焦透镜外部,使得能够无任何物理限制地将诸如增益介质或光伏转换器(假定其仅仅部分地吸收)、阻挡重影光束的可变光阑(iris)或输出耦合器的光学组件安置于该光瞳处。

[0090] 以上类型的猫眼回复反射器的替代品是不具有反转点但依然能够将光束回复反射至自身上的回复反射器。一个该范例是如图5中示意性地示出的镜球50。镜球将对如由竖直进入球镜的光束52示出的被朝向球51的中心引导的光束进行回复反射和散焦,而如由水平进入球的光束53示出的未被朝向球镜的中心引导的光束不被回复反射,而是在一些其它方向上被反射离开球并且在过程中被进行了散焦。

[0091] 现在参考图6,图6示意性地示例了根据此公开中描述的新颖结构特征的一个示范性的实施方式的分分布式激光器系统,诸如能够用于将光学功率从发射功率源分布至远程接收器,其能够使用激射功率来操作便携式电子设备或对便携式电子设备的电池进行充电。该分布式激光器系统的光学设计的一个特性特征是在系统内在使得能够有利地安置应该具有小的横向尺寸的激射系统的组件或元件的位置处光瞳的安置。从而例如,将增益介质放置于光瞳54处,光瞳54为用于内部回复反射器55和用于望远镜78的内部端的共用的光瞳,对于该望远镜78,该光瞳起内部光瞳的作用。望远镜也具有在其外侧的外部光瞳,其是发射器的出射/入射光瞳57,并且与其中设置增益介质的内部光瞳54的光学图像的平面重合。从出射/入射发射器光瞳57起,激射光实质上准直地朝向接收器入射/出射光瞳58的中心传播,并且被从接收器59反射回去,通过此光瞳。因为两个入射/出射光瞳(57和58)之间的光实质上是准直的,所以两个光瞳57和58彼此实质上是光学等效的。接收器和发射器可以具有其中可以放置光学组件的其它的内部光瞳(借助于对以上光瞳的成像)。在该方面,系统光瞳中的每一个光瞳实质上设置于其它系统光瞳的图像平面处。图6的实施例中示出的望远镜典型地在其光学系统中使用了透镜,但是应当理解的是,也能够使用任何其它的光学系统,该任何其它的光学系统在共振器中的期望的位置处具有光瞳,使得能够在那里安置诸如增益介质的组件。在下文图12中示出了使用镜子的示范性的系统。

[0092] 现在参考图7,图7示意性地示例了图6中示意性地示出的分布式激光器系统的绘制(rendering),但是示出了激光器的特定元件的更多的细节。处于图样的顶部的发射器60含有激光器的增益介质61和透镜63以及后部镜子62,一起形成诸如在上文描述的任何类型的能够将激射光束回复反射回至自身上的远心猫眼回复反射器。增益介质可以有利地为在1064nm处激射的Nd:YAG。接收器65处于图样的底部中,并且含有也应该是将激光束反射回至自身上的回复反射器的部分的输出耦合器66。这三个组件,即后(back)回复反射器(由透镜63和后镜子62构成)、增益介质61、以及输出耦合器回复反射器(由输出耦合器66和透镜68构成)从而组成了基本的激射系统。它们的相对于系统中使用的附加的组件的相对位置是当前描述的系统的的核心性的重要元素。“腔内(intra cavity)”光束在两个腔镜子62、66之间在自由空间64中传播,自由空间64是将光学能量从发射器60供给至接收器65的激射光束的传输路径。如关于图6描述的,望远镜78具有两个光瞳,望远镜的内部(相对于发射器)光瞳设置于增益介质61处或非常接近增益介质61,而外部(出射)光瞳设置于望远镜的朝向自由空间传播区域64的另一侧上。除了在望远镜自身外部的这些光瞳,也可以存在对放置其它组件可以有用的望远镜的远心区域或内部光瞳。

[0093] 在图7中示出的示范性的实施方式中,发射器的后部镜子62包括设置于透镜63的焦距处的与图4B中示出的配置相同的平坦的反射器。增益介质61安置在此反射器和望远镜78的内部光瞳两者的共用的光瞳处,使得将进入通过望远镜的光朝向增益介质引导,并且然后朝向回复反射器引导,并且返回。在增益介质61的后部的镜子67将光束朝向后回复反射器62反射,使得光束在每一次通过激光器时两次通过增益介质。然而,应当理解的是,不意在将系统限制于此配置,并且增益介质也可以具有纯粹的透射配置,不具有镜子67,并且回复反射器直线地设置于增益介质61后面。

[0094] 此实施方式的接收器65的回复反射器包括诸如部分反射镜的输出耦合器66,透镜68设置于距输出耦合器其焦距处。此组合包括猫眼回复反射器,该猫眼回复反射器确保光束的通过光瞳的中心处且物理上设置于透镜68的中心处的反转点的该部分沿着其入射路径被反射回去。激光器腔的性质是使得:当可能时,通过光瞳的光束的中心部分将经历有效的激射,而其它的引导的光束将不经历有效的激射,使得光束的中心部分以光束的其它的引导的部分为代价而得到发展。透镜68的中心是接收器的光瞳,使得接收器象发射器一样独立于输入光束(只要其通过光瞳)的入射角操作。通过输出耦合器的光束的该部分再一次由另一个透镜69聚焦至将激光束的光学功率转换为电的光伏电池70上。此光伏电池处于距透镜69焦距的另一个光瞳处,使得其能够是小的光电二极管。没有通过当前实施方式使得能够实现的聚焦设施的现有技术分布式腔激光器将需要大得多的横向尺寸的光伏电池。

[0095] 以上的描述组成了示范此公开中描述的类型系统的构件块(buildingblock)的一个可能的组合。发射器也可以具有除此结构外的若干其它特征,并且图7中也示出了这些其它特征。发射器60还可以包括布置于其入射/出射光瞳57处的阻挡从光学表面反射的大部分重影光束的光束阻挡光圈80。该重影反射的消除增大了系统的安全性。接收器65同样可以具有具有用于相同目的的光束阻挡器(未示出)的入射光瞳58。为了将内部光瞳的位置中继至外部光束阻挡器平面,要求有处于接收器的入口处的透镜。实现内部光瞳的该图像也可以通过许多光学设计来实现。

[0096] 发射器中的后镜子(back mirror)62可以是部分地反射的,容许后泄漏的光束通过用于监视目的。分束器71容许光束的部分通过,用于监视结合发射器激射的接收器的位置。此感测设备72可以是以简单的CCD相机的形式,或者象限检测器或任何类似的位置感测设备。简单算法的位置检测路线的使用使得能够对接收器的数目进行计数,并且使得能够确定其大致的角度位置。

[0097] 后泄漏光束的另一部分可以可选地用于检查光束轮廓,以确定对光束形状的任何扰动的存在。利用猫眼配置,泄漏的光束是光瞳处的光束的形状的傅里叶变换。为了检查光束自身的轮廓,使用透镜75以将单个光瞳(多个光瞳)成像至其中能够安置光束轮廓器(profiler)74的平面上是必需的。使用此作为用于确定诸如使用者的身体的部分的阻碍物何时进入了光束路径的安全特征。现在参考示例了此设施的图8。只要光束未受阻碍,光束轮廓就具有如由光束轮廓器74确定的大体圆形的形状76。在即使小的阻碍物从任何位置进入光束时,其也将在激光模式中引起显著的退化,使得输出光束的轮廓将以比阻碍物的物理扰动的大小大许多倍的因子受到扰动。在图8中示出的范例中,小的阻碍物已经进入光束在水平(如由图样取向限定的)于光束的点处,并且这导致能够由光束轮廓器74容易地检测的明显地椭圆的光束轮廓77的生成。然后图像处理算法能够用于生成对激光器系统的警告

或关闭信号,以避免对通过进入光束引起扰动的使用者的潜在损伤。

[0098] 图7的望远镜78可以用于增大发射器的视场。另外,可以将偏振器放置于远心区域中,以限定由激光器生成的光的偏振。激光光束的偏振方向的限定能够用于阻止激光通过无意地和意外地插入光束中的与光束以布儒斯特角配向的透明的表面。如果激光束是非偏振的,则尽管以布儒斯特角插入透明的表面的可能性低,但是其依然是存在的危险。然而,如果除了布儒斯特角之外,必须将透明的表面配向为使得光束的偏振方向容许布儒斯特角用作具有预定的偏振的反射器,则此发生的可能性是无限小的,由此增大了系统的安全性。替代地,可以在发射器中和或在接收器中在远心区域处添加四分之一波片,引起圆偏振或未偏振的光束,因此完全消除布儒斯特角反射风险。作为替代的实施方式,偏振方向能够用于对特定的接收器进行编码,每一个偏振方向将发射器与特定的接收器相连接。

[0099] 发射器60中可以包含附加的聚焦透镜79,以对系统的瑞利长度进行小的补偿变化。

[0100] 现在参考示例了可以如何生成系统的远心区域的图9。以与图4B中示例的平面镜猫眼回复反射器类似的方式,如果将透镜80设置于距系统的光瞳81其焦距处,则其将使光束在其朝向成像平面82的通路中在与轴平行的方向上发生折射。成像平面82能够是分布式激光器腔的平面的后部镜子或者任何其它的平面。其中光束平行于轴传播的区域是远心区域,在该远心区域中设置任何光学组件是可能的,该任何光学组件的性能取决于穿过它的光的方向。以不同角度通过光瞳位置到来的光束将在从图9中示出的路径横向移位但是与图9中示出的路径平行的路径中发生折射,使得方向敏感的组件将以相同方式光学地处理所有那些光束。尽管图9的配置将远心区域示为平行于系统的光轴,但是如果光瞳与该光轴相偏移,那么远心区域中的光束将与光轴成一角度,但是将依然彼此平行,使得将由任何方向敏感的光学组件以同一方式光学地处理光束。该组件能够包含使用光学有源晶体的倍频器、偏振器、任何类型的波片、干涉滤波器、或者甚至与独立的激光器系统相关联的附加的激光组件。

[0101] 现在参考图10,图10示意性地示例了图6和图7中示出的光瞳成像系统用以并入若干光瞳的方式和光瞳中的每一个光瞳的功能。接收器Rx1和Rx2各自在其前光圈处具有入射光瞳101、102,这些光瞳的功能是确保将从任何方向传入的光束引导至接收器回复反射器中。将发射器Tx的外光圈处的可变光阑103设置于入射/出射光瞳处,确保将从任何外部角度通过可变光阑103的光束引导至望远镜106中,使得在穿过望远镜的透镜后,它们被聚焦至其中布置了增益介质104的望远镜的后光瞳上。相同的布置当然适用于从增益介质发射并且通过望远镜到达发射器之外的光。增益介质的光瞳位置于是也用于作用于发射器Tx的内部回复反射器105的光瞳平面。此图样从而示例了激光光束如何通过若干顺序地设置的光瞳,限定了如下平面:在该平面中,在系统的操作视场内来自任何角度的外部传播的光束聚焦至小的横向尺寸的区域中,该平面适合于诸如增益介质104、光伏检测器70、以及接收器或发射器各自的输入/出射光圈101、102、103的组件的放置。

[0102] 现在参考示意性地示例了用于各个监视功能的光束无法到达的区域的使用的图11。图7和图8中已经示出了一个该区域,其中来自腔的后部镜子62的后泄漏光束的部分用于监视光束形状76、77。另外,发射器内存在可能用于安置诸如光电二极管的用于激光光束的监视功能的光束检测器的区域,即使检测器自身不在光束路径中或不是发射器的任何选

择的部分。检测器能够例如观察增益介质并且通过其中观测的变化来监视激射性能。图11中示意性地示出了一些该位置,其中各个组件如图7中标注的。从而,在位置111、112以及113中,敏感的检测器能够监视增益介质中的情况而不用担心光束将撞击到检测器上并且损伤检测器。从而例如,观察增益介质以不同于激射光束的波长进行荧光发射的功率水平的检测器将立即检测到起因于诸如人的身体部分的对象对外部光束路径的部分的阻碍的光束功率中的任何变化,并且监视信号能够用于暂时关闭激光器以避免损伤侵入的(intruding)身体部分。作为另一个示范性的使用,检测器能够并入滤波器用于观察来自增益介质的处于不同波长的次级激光发射,该次级激光发射诸如可以在由于泵浦二极管发热而泵浦功率变化时出现,并且监视信号用于校正泵浦二极管温度或电流,以恢复正确的激射条件。热透镜化传感器也可以用于该位置。

[0103] 已经使用用于对激光束进行聚焦的透镜示出了当前系统的所有以上描述的实施方式。现在参考示意性地示例了分布式激光器系统的图12,其中,使用镜子代替透镜以限定入射和出射光瞳,使得将以多个不同的角度通过光瞳的光引导至增益介质。在图12中,借助于包括将激射光束引导至增益介质125上的一对镜子123、123的望远镜系统对从接收器120回复反射至发射器121的光束进行聚焦。增益介质125最佳地设置于双镜子望远镜的内部端部的光瞳处。

[0104] 本领域技术人员意识到当前发明不限于已经在上文特定地示出和描述的那些。相反,当前发明的范围包含本领域技术人员一旦阅读了以上的描述就想起的并且不在现有技术中的在上文描述的各个特征的组合和子组合,以及其变动和修改。

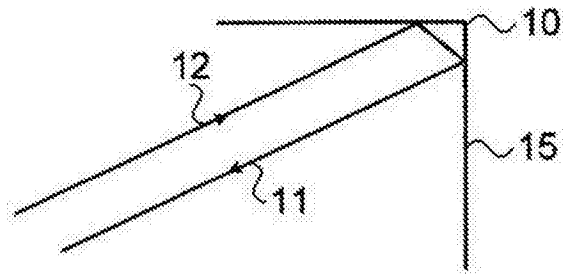


图1
现有技术

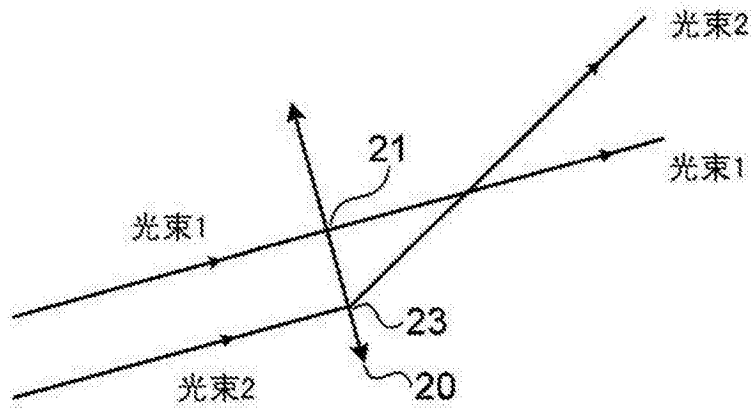


图2
现有技术

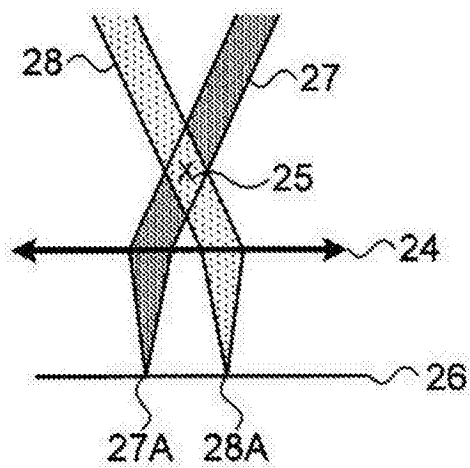


图3

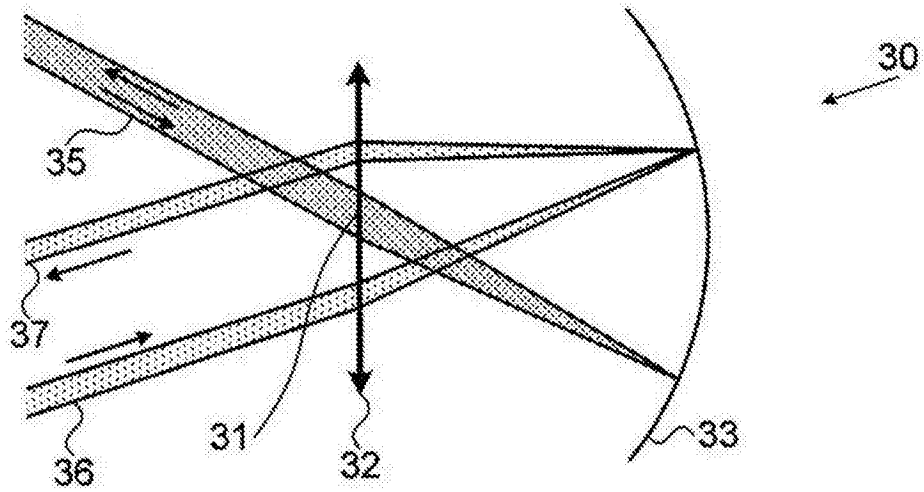


图4A

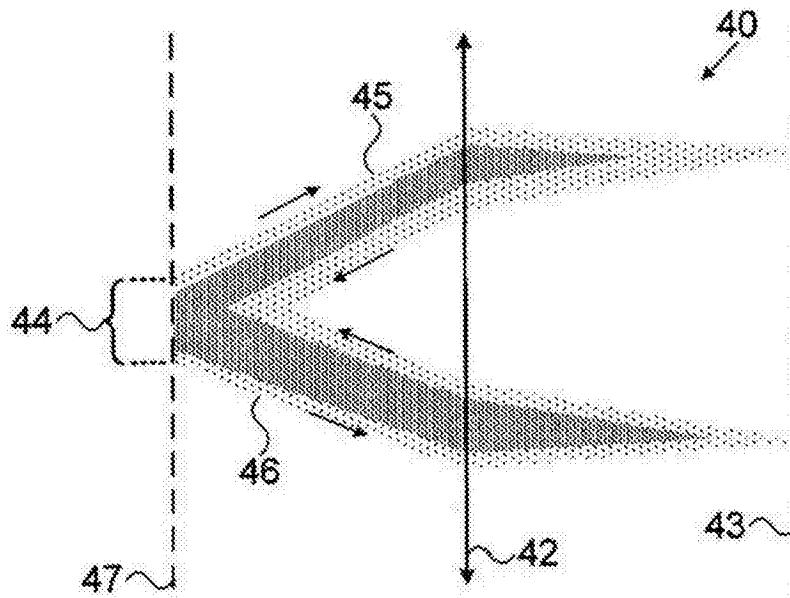


图4B

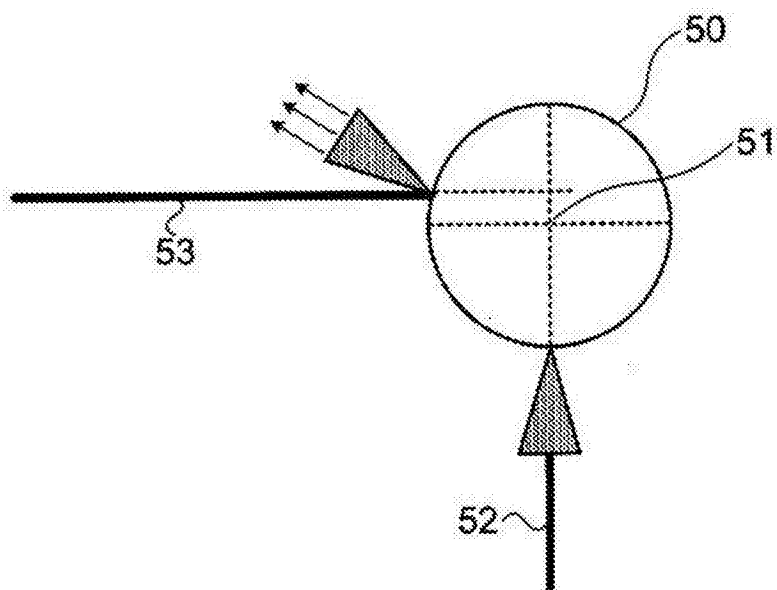


图5

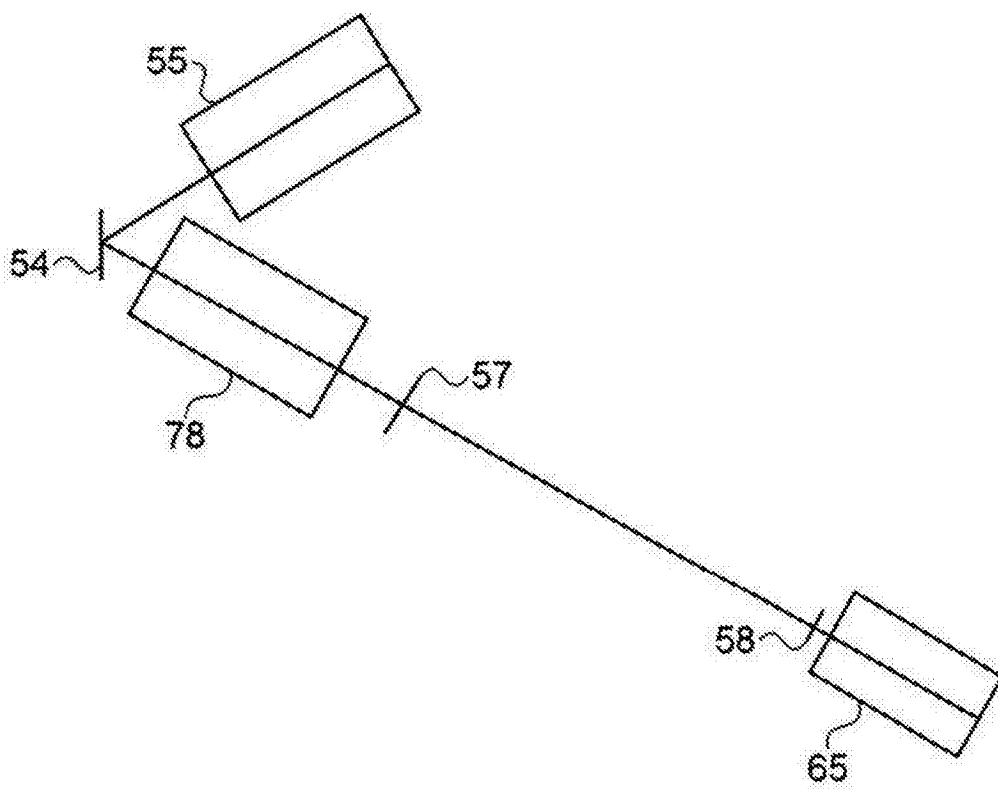


图6

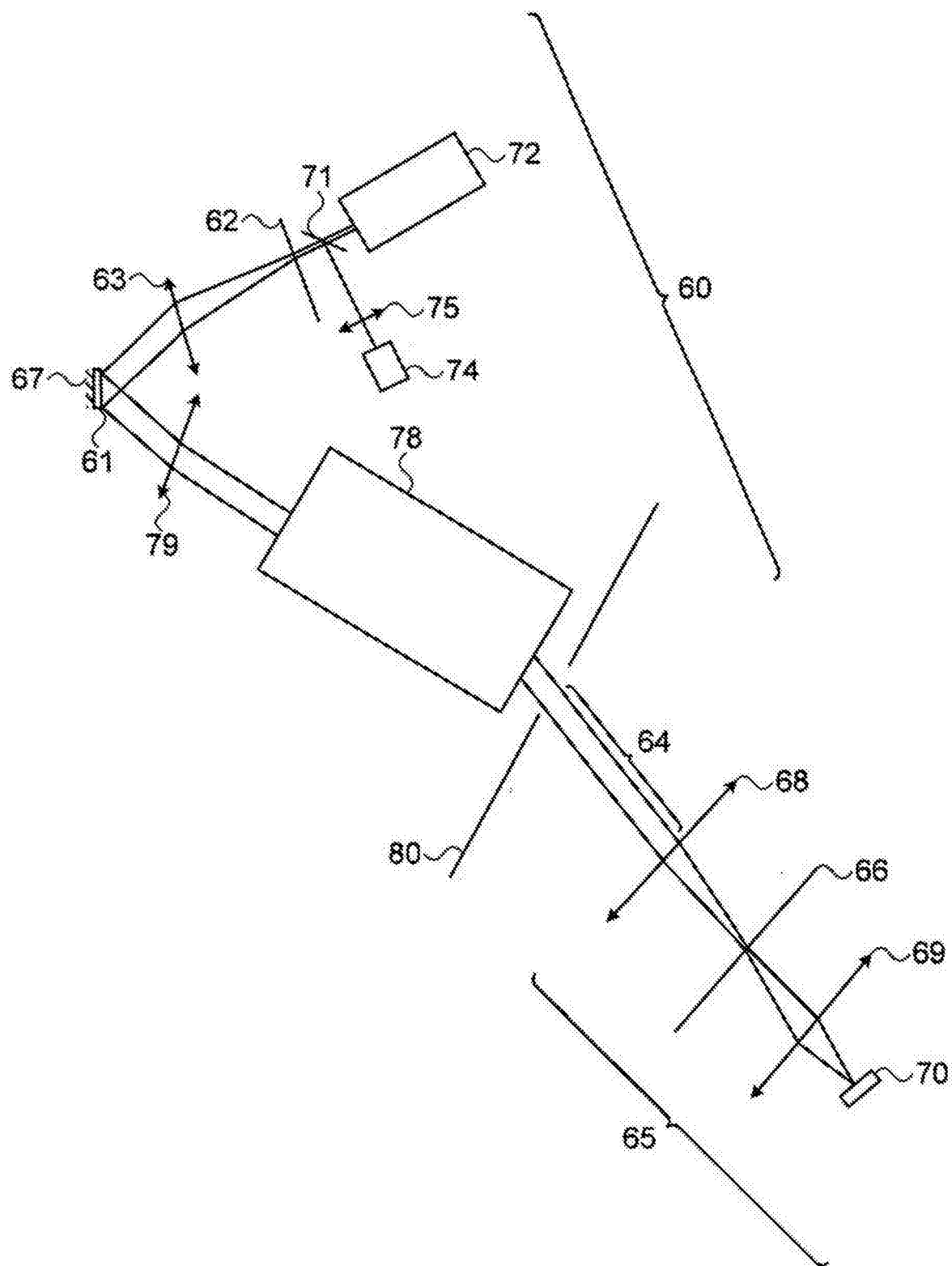


图7

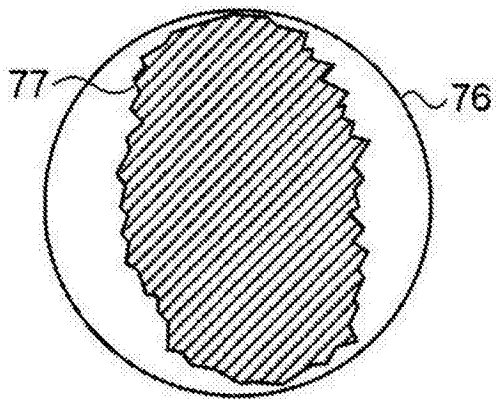


图8

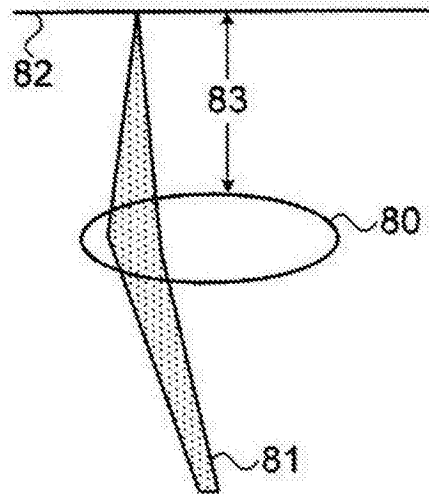


图9

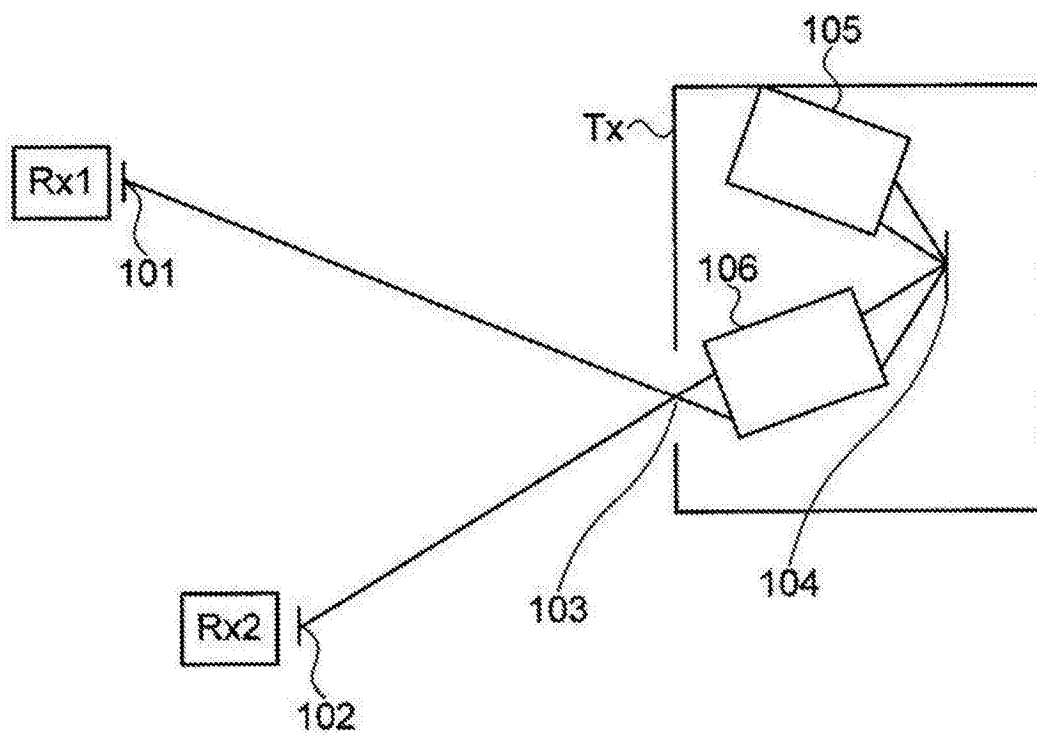


图10

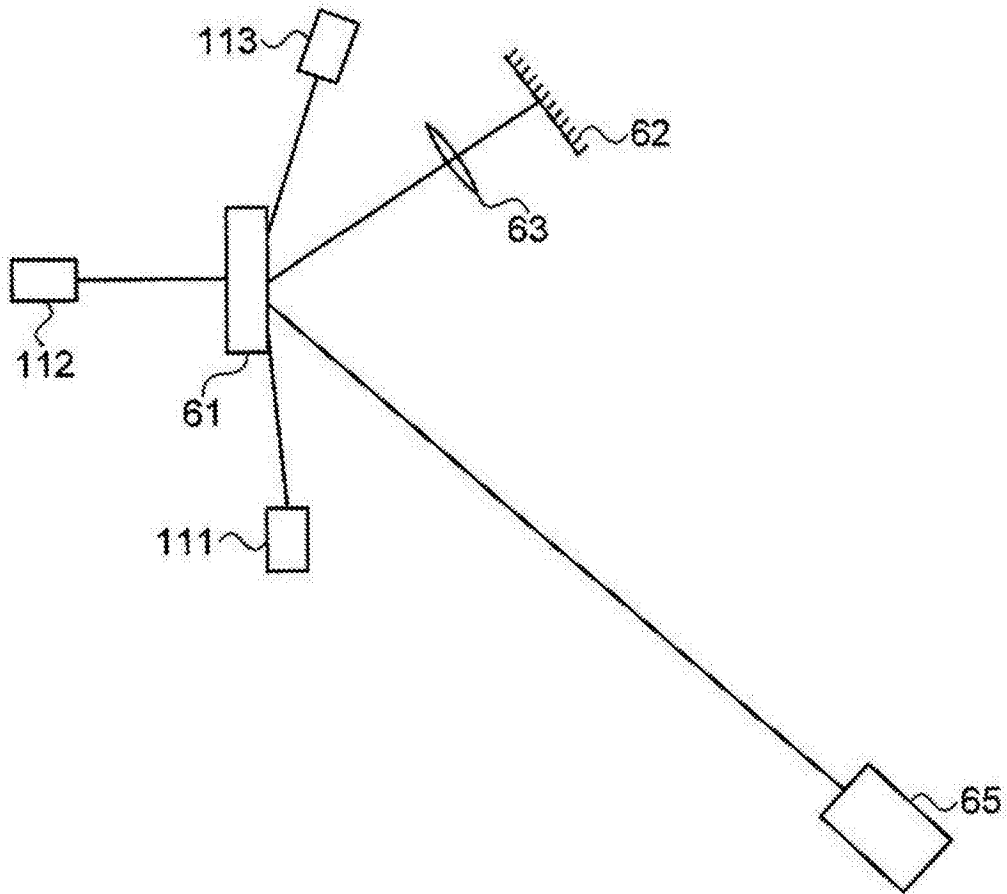


图11

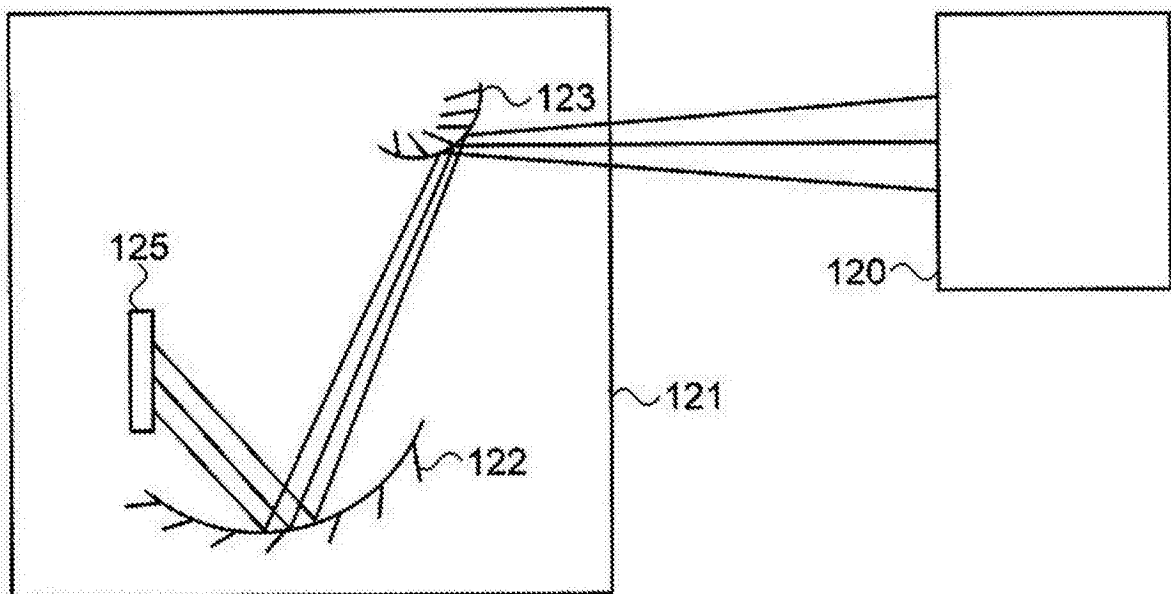


图12