



(10) 授权公告号 CN 111133361 B

(45) 授权公告日 2022.06.03

(21) 申请号 201880055941.1

(22) 申请日 2018.09.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111133361 A

(43) 申请公布日 2020.05.08

(30) 优先权数据
62/562,047 2017.09.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.02.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/052018 2018.09.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/060590 EN 2019.03.28

(73) 专利权人 伊雷克托科学工业股份有限公司
地址 美国俄勒冈州

(72) 发明人 詹姆斯·布鲁克伊塞

杰恩·克雷能特

杰瑞德·瑞智特尔 克尔特·伊藤

(74) 专利代理机构 北京寰华知识产权代理有限公司 11408

专利代理师 何尤玉 郭仁建

(51) Int.Cl.
G02B 26/08 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103730826 A, 2014.04.16
US 2001028461 A1, 2001.10.11
CN 101499295 A, 2009.08.05
CN 102334065 A, 2012.01.25
CN 101035647 A, 2007.09.12
US 2001019443 A1, 2001.09.06
CN 103676126 A, 2014.03.26

审查员 班贵军

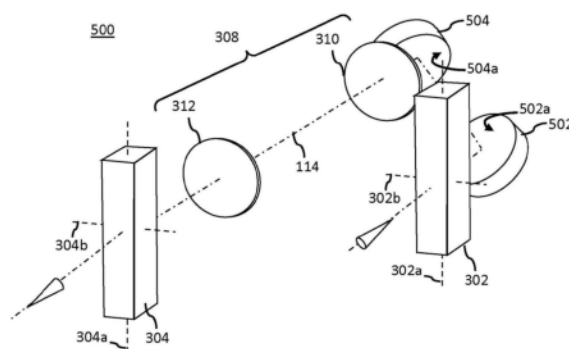
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

具有相位移反射器的声光系统

(57) 摘要

本发明关于一种光束定位器,其大体经特性化为包括第一声光(AO)偏转器(AOD),该第一声光(AO)偏转器(AOD)可操作用以使线性偏振辐射光的入射光束绕射,其中该第一AOD具有第一绕射轴且其中该第一AOD定向使得该第一绕射轴与该线性偏振辐射光的偏振平面具有预定空间关系。该光束定位器可包括配置于光束路径内的至少一个相移反射器,光可沿着该光束路径自该第一AOD传播。该至少一个相移反射器可被配置及定向以旋转由该第一AOD绕射的光的偏振平面。



1. 一种光束定位器,其在操作上用于偏转光束路径于二维扫描场中,线性偏振的镭射光光束沿着所述光束路径传播,所述光束定位器包含:

第一声光偏转器,其在操作上用于使所述镭射光光束绕射并且从而偏转所述光束路径沿着所述二维扫描场的第一轴,其中所述第一声光偏转器具有第一绕射轴并且其中所述第一声光偏转器被定向使得所述第一绕射轴与所述镭射光光束的偏振平面具有预定空间关系;

第二声光偏转器,所述第二声光偏转器被配置且在操作上用于使来自所述第一声光偏转器沿着由所述第一声光偏转器所偏转的所述光束路径传播的所述镭射光光束绕射,并且进一步偏转所述光束路径沿着所述二维扫描场的第二轴;及

至少一个相移反射器,其配置于所述第一声光偏转器与所述第二声光偏转器之间且在所述光束路径内,所述镭射光光束从所述第一声光偏转器沿着所述光束路径传播,其中所述至少一个相移反射器被配置且定向以使得透过所述第一声光偏转器可绕射的光的所述偏振平面旋转。

2. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述第二声光偏转器具有第二绕射轴。

3. 如权利要求2所述的光束定位器,其中所述第一绕射轴平行于所述第二绕射轴。

4. 如权利要求2所述的光束定位器,其中所述第一绕射轴垂直于所述第二绕射轴。

5. 如权利要求2所述的光束定位器,其进一步包含至少一个零相移反射器,所述至少一个零相移反射器配置于所述第一声光偏转器与所述第二声光偏转器之间的所述光束路径内。

6. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述至少一个相移反射器包括半波相移反射器。

7. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述至少一个相移反射器包括两个四分之一波长相移反射器。

8. 如权利要求7所述的光束定位器,其中所述两个四分之一波长相移反射器包括:

第一四分之一波长相移反射器,其具有第一反射器表面;及

第二四分之一波长相移反射器,其具有第二反射器表面,

其中所述第一四分之一波长相移反射器及所述第二四分之一波长相移反射器相对于彼此定向,以使得所述第一反射器表面的表面法线垂直于所述第二反射器表面的表面法线。

9. 如权利要求7所述的光束定位器,其中所述两个四分之一波长相移反射器包括:

第一四分之一波长相移反射器,其具有第一反射器表面;及

第二四分之一波长相移反射器,其具有第二反射器表面,

其中所述第一四分之一波长相移反射器及所述第二四分之一波长相移反射器相对于彼此定向,以使得所述第一反射器表面的表面法线平行于所述第二反射器表面的表面法线。

10. 如权利要求1所述的光束定位器,其进一步包含配置于所述光束路径内的至少一个电流计式反射镜,其中所述至少一个相移反射器配置于所述第一声光偏转器与所述电流计式反射镜之间。

11. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述至少一个相移反射器相对于所述第一声

光偏转器的所述定向是固定的。

12. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述至少一个相移反射器相对于所述第一声光偏转器的所述定向是可变的。

13. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述第一声光偏转器包括由包括锗的材料所形成的声光单元。

14. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述第一声光偏转器包括由包括石英的材料所形成的声光单元。

15. 如权利要求1所述的光束定位器,其中所述至少一个相移反射器由包括至少一种材料的材料所形成,所述至少一种材料从由硅及铜所组成的群组中选择。

16. 如权利要求1所述的光束定位器,其中当所述第一绕射轴平行于可透过所述第一声光偏转器绕射的线性偏振的所述镭射光光束的所述偏振平面时,满足所述第一绕射轴与所述镭射光光束的所述偏振平面之间的所述预定空间关系。

17. 如权利要求1所述的光束定位器,其中当所述第一绕射轴垂直于可透过所述第一声光偏转器绕射的线性偏振的所述镭射光光束的所述偏振平面时,满足所述第一绕射轴与所述镭射光光束的所述偏振平面之间的所述预定空间关系。

18. 一种多轴光束定位器,其包含:

第一声光偏转器,其在操作上用于在沿着第一轴延伸的第一扫描场内偏转光束路径,镭射光光束沿着所述光束路径传播;

第二声光偏转器,其配置于所述光束路径内,所述镭射光光束沿着所述光束路径从第一声光偏转器传播,其中所述第二声光偏转器在操作上用于在沿着第二轴延伸的第二扫描场内偏转所述光束路径;及

相位延迟器,其配置于所述光束路径内的所述第一声光偏转器与所述第二声光偏转器之间,

其中所述第一声光偏转器、所述第二声光偏转器及所述相位延迟器被配置以使得所述第一扫描场可投影至所述第二声光偏转器,使得所述第一扫描场的所述第一轴旋转到不平行于所述第二扫描场的所述第二轴;并且

其中从由所述第一声光偏转器和所述第二声光偏转器所组成的群组中选择的至少一个声光偏转器包括由含有锗的材料所形成的声光单元。

19. 如权利要求18所述的光束定位器,其中所述相位延迟器包括至少一个相移反射器。

20. 如权利要求18所述的光束定位器,其中所述相位延迟器包括透射相移片。

21. 如权利要求20所述的光束定位器,其中所述透射相移片包括结构化钻石半波片。

22. 一种光束定位器,其包含:第一声光偏转器,其在操作上用于在沿着第一轴延伸的第一扫描场内偏转光束路径,镭射光光束沿着所述光束路径传播;

第二声光偏转器,其配置于所述光束路径内,镭射光光束沿着所述光束路径从第一声光偏转器传播,其中所述第二声光偏转器在操作上用于在沿着第二轴延伸的第二扫描场内偏转所述光束路径;

相位延迟器,其配置于所述第一声光偏转器与所述第二声光偏转器之间的所述光束路径内;及

反射镜,其配置于所述第一声光偏转器与所述第二声光偏转器之间的所述光束路径

内，

其中所述第一声光偏转器、第二声光偏转器、相位延迟器及反射镜被配置以使得所述镭射光光束在至少大体上与所述镭射光光束入射于所述第一声光偏转器上的方向相反的方向上从所述第二声光偏转器传播，并且使得所述第一扫描场可投影至所述第二声光偏转器，使得所述第一扫描场的所述第一轴旋转到不平行于所述第二扫描场的所述第二轴。

具有相位移反射器的声光系统

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张于2017年9月22日申请的美国临时专利申请案第62/562,047号的权益,该申请案以全文引用的方式并入本文中。

背景技术

[0003] 有时被称作布拉格单元的声光(acousto-optic;AO)装置使用处于射频的声波使光绕射并移位。这些装置常用于Q切换、电信系统中的信号调变、显微镜系统中的镭射扫描及光束强度控制、频率移位、光谱系统中的波长滤波。许多其他应用适合于使用声光装置。举例而言,AO偏转器(AO deflector;AOD)可用于基于镭射的材料处理系统中。

[0004] 在典型AO装置中,转换器附接至AO介质(亦被称作「AO单元」),典型地为晶体或玻璃,其对待绕射光的波长是适当透明的。RF信号(亦被称作「驱动信号」)施加于转换器(例如从RF驱动器施加),由此驱动转换器在特定频率下振动以产生在AO介质中传播的声波,其表现为在AO介质中的扩增及压缩的周期区域,由此产生在AO介质内的周期性改变的折射率。周期性改变的折射率类似于可使传播通过AO介质的镭射光光束绕射的光栅起作用。

[0005] 参考图1,AOD 100大体上包括AO介质102、附接至AO介质102(亦即,在AO介质102的转换器端处)的转换器104,且亦可包括附接至AO介质102(亦即,在与转换器端相对的AO介质102的吸收器端处)的吸音器(acoustic absorber)106。RF驱动器108通常电耦接至转换器104的输入以驱动AOD 100。供形成AO介质102的材料依据待偏转的镭射光光束中的光的波长而选择。转换器104大体上为压电转换器,且可操作用以响应于借由RF驱动器108输出的输入RF信号(亦即驱动信号)而振动。RF驱动器108可操作用以产生最后输入至转换器104的驱动信号。

[0006] 大体而言,转换器104附接至AO介质102,使得由转换器104产生的振动可形成对应声波(例如,如由线112指示),该声波在AO介质102内沿着AOD 100的绕射轴110自转换器端朝着吸音器106传播。如图1中例示性地说明,当驱动信号(例如,其特性为频率、振幅、相位等)施加至转换器104时,转换器104振动以产生在AO介质102内传播的声波,借此产生在AO介质102内周期性改变的折射率。如此项技术中已知,周期性改变的折射率用以使镭射光光束(例如沿光束路径114传播),其入射于AO介质102的第一表面102a上且以相对于声波量测的布拉格角度 θ_B 经由AO介质102传播。

[0007] 使镭射光的入射光束绕射形成绕射图案,其典型地包括零阶及一阶绕射峰,且亦可包括高阶绕射峰(例如二阶、三阶等)。如此项技术中已知,镭射光的绕射光束在零阶绕射峰中的部分被称为「零阶」光束,镭射光的绕射光束在一阶绕射峰中的部分被称为「一阶」光束,等等。大体而言,零阶光束及其他绕射阶光束(例如一阶光束等)在射出AO介质102(例如,经由AO介质102的与第一表面102a相对的第二表面102b出射)后沿着不同光束路径传播。举例而言,零阶光束沿零阶光束路径传播,一阶光束沿一阶光束路径传播,等等。零阶与其他绕射阶光束路径之间的角度(例如零阶与一阶光束路径之间的角度 θ_D)对应于经施加以使入射于AO介质102上的镭射光光束绕射的驱动信号中的频率(或多种频率)。

[0008] 所施加的驱动信号的振幅可对绕射成各种绕射阶光束的镭射光的入射光束的比例有非线性效应,且AOD可经驱动以使镭射光的入射光束的大部分绕射成一阶光束,从而使镭射光的入射光束的相对较少部分保留在其他绕射阶光束(例如零阶光束等)中。此外,所施加驱动信号的频率可快速变化以扫描一阶光束(例如,以便于对工件的不同区域进行处理)。因此,AOD有利地并入至镭射处理系统中以供在基于镭射的材料处理领域中使用,以便在工件的处理(例如熔融、汽化、烧蚀、标记、开裂等)期间以可变方式使一阶光束偏转至工件上。

[0009] 镭射处理系统典型地包括一或多个光束捕集器以防止沿着零阶光束路径(及任何高阶光束路径)传播的镭射光到达工件。因此,在镭射处理系统中,射出AOD 100的一阶光束路径可典型地被视作已在AOD 100内旋转或偏转(例如达一角度 θ_p ,在本文中亦被称作「一阶段偏转角」)的光束路径114。光束路径114绕其旋转的轴线(在本文中亦被称作「旋转轴」)与AOD 100的绕射轴及当AOD 100经驱动以使镭射光的入射光束绕射时镭射光的入射光束沿其在AOD 100内传播的轴线(在本文中亦被称作「光轴」)正交。因此,AOD 100使入射光束路径114在含有(或另外大体平行于)AOD 100的绕射轴及AOD 100内的光轴的平面(在本文中亦被称作「偏转平面」)内偏转。AOD 100可跨其使光束路径114在偏转平面内偏转的空间范围在本文中被称作AOD 100的「扫描场」。

[0010] 镭射处理系统可并入串联配置的多个AOD以使光束路径114沿着两个轴线偏转。举例而言且参考图2,第一AOD 200及第二AOD 202可经定向以使得其各别绕射轴(亦即,分别为第一绕射轴200a及第二绕射轴202a)经定向为垂直于彼此。在此实例中,第一AOD 200可操作用以使光束路径114围绕第一旋转轴200b(例如其与第一绕射轴200a正交)旋转,由此使入射光束路径114在第一偏转平面(亦即,含有或另外大体平行于第一AOD 200内的第一绕射轴200a及光轴的平面)偏转,其中该第一偏转平面与第一旋转轴200b正交。同样,第二AOD 202可操作用以使光束路径114围绕第二旋转轴202b(例如其与第二绕射轴202a正交)旋转,由此使入射光束路径114在第二偏转平面(亦即,含有或另外大体平行于第二AOD 202内的第二绕射轴202a及光轴的平面)偏转,其中该第二偏转平面与第二旋转轴202b正交。鉴于以上,第一AOD 200及第二AOD 202可共同地经特性化为多轴「光束定位器」,且每一者可经选择性操作,以使光束路径114在二维扫描场204内偏转。如将了解,二维范围扫描场204可被视为以下两个一维扫描场的重合:与第一AOD 200相关联的第一一维扫描场及与第二AOD 202相关联的第二一维扫描场。

[0011] 取决于多轴光束定位器中所包括的AOD的类型,可能需要使光的偏振平面(亦即电场振荡的平面)在由第一AOD 200传输的一阶光束路径中旋转。若使镭射光的入射光束的大部分绕射成一阶光束所需的RF驱动功率的量高度依赖于经偏转镭射光的光束的偏振状态,则旋转偏振平面将为所希望的。此外,若多轴光束定位器中的每一AOD包括由相同材料形成的A0介质102,且若每一AOD使用相同类型的声波使镭射光的入射光束偏转,且若需要使由第一AOD 200传输的一阶光束中的光的偏振状态为线性的且相对于第二绕射轴202a以特定方向定向,则将类似地需要使由第二AOD 202传输的一阶光束的偏振状态相对于由第一AOD 200传输的一阶光束中的光的偏振状态旋转,仅仅因为第二AOD 202的定向是相对于第一AOD 200的定向而旋转。

[0012] 习知地,偏振旋转是由半波片提供,且在半波片之后相对于镭射光的入射光束的

偏振定向是半波片相对于镭射光的入射光束的偏振定向的函数。半波片典型地是由展现出对于待相移的光的特定波长(或波长范围)为适度透明的足够双折射率的材料所制造。设计成使光在自 $9\mu\text{m}$ (或上下) $11\mu\text{m}$ (或上下)的范围中的波长(例如 $9.2\mu\text{m}$ 、 $9.5\mu\text{m}$ 、 $10.6\mu\text{m}$ 等)下相移的习知半波片是不合期望地昂贵,且典型地不适合用于大功率镭射应用,诸如利用 CO_2 镭射的基于镭射的材料处理。

发明内容

[0013] 一个具体实例可大体上特性化为包括光束定位器,其包括第一声光(AO)偏转器(AOD),该第一声光(AO)偏转器(AOD)可操作用以使线性偏振镭射光的入射光束绕射,其中该第一AOD具有第一绕射轴且其中该第一AOD定向为使得该第一绕射轴与该线性偏振镭射光的偏振平面具有预定空间关系。该光束定位器可包括配置于光束路径内的至少一个相移反射器,光可沿该光束路径自第一AOD传播。该至少一个相移反射器可被配置及定向以旋转由该第一AOD绕射的光的偏振平面。

[0014] 另一具体实例可大体上特性化为光束定位器,其包括第一声光(AO)偏转器(AOD)、第二AOD及插入于第一AOD与第二AOD之间的相位延迟器。从第一AOD及第二AOD组成的群组中选择的至少一个AOD可包括由包括锗的材料形成的AO单元。

[0015] 另一具体实例可大体上特性化为光束定位器,其包括第一声光(AO)偏转器(AOD)、配置于镭射光光束可沿其自第一AOD传播的光束路径内的第二AOD、配置于第一AOD与第二AOD之间的光束路径内的相位延迟器及配置于第一AOD与第二AOD之间的光束路径内的反射镜。第一AOD、第二AOD、相位延迟器及反射镜经配置以使得镭射光光束可在至少大体上与镭射光光束入射于第一AOD上的方向相反的方向上自第二AOD传播。

附图说明

[0016] 图1示意性地示出声光偏转器(AOD)。

[0017] 图2示意性地示出AOD在多轴光束定位器中的配置。

[0018] 图3、图4、图5及图7为示意性地示出根据各种具体实例的多轴光束定位器的透视图。

[0019] 图6及图8为示出四分之一波长的相移反射器在根据各种具体实例的多轴光束定位器中的相移与入射角之间的例示性关系的曲线图。

具体实施方式

[0020] 本文中参考随附图式来描述的实例具体实例。除非以其他方式明确地陈述,否则在图式中,组件、特征、组件等的大小、位置等以及其间的任何距离未必依据比例,而是出于明晰的目的而放大。在图式中,相同数字通篇指代相同组件。因此,可能在参考其他图式时描述相同或类似数字,即使该等数字在对应图式中未提及亦未描述。又,即使未经参考数字指示的组件亦可参考其他图式加以描述。

[0021] 本文中所使用的术语仅出于描述特定实例具体实例的目的,且并不意欲为限制性的。除非另外定义,否则本文中所使用的所有术语(包括技术及科学术语)具有一般熟习此项技术者通常所理解相同意义。如本文中所使用,除非上下文另外明确地指示,否则单数

形式「一」及「该」意欲亦包括复数形式。应认识到,术语「包含 (comprise/comprising)」在用于本说明书中时指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件及/或组件的存在,但并不排除一或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、组件及/或其群组的存在或添加。除非另外指定,否则在叙述值范围时,值范围包括该范围的上限及下限两者以及在其间的任何子范围。除非另外指示,否则诸如「第一」、「第二」等术语仅用于区别一个组件与另一组件。举例而言,一个节点可称为「第一节点」,且类似地,另一节点可称为「第二节点」,或反之亦然。

[0022] 除非另外指示,否则术语「约」、「上下」、「大致」等意谓量、大小、调配、参数及其他量及特性并非且不必为精确的,而视需要可为大致的及/或更大或更小,从而反映容限、转换因素、舍入、量测误差及其类似者,以及熟习此项技术者已知的其他因素。空间相对术语,诸如「在…下方」、「在…底下」、「下」、「在…上方」及「上」以及其类似者可在本文中为易于描述而用以描述一个组件或特征与另一组件或特征的关系,如图式中所说明。应认识到,该等空间相对术语意欲涵盖除图式中所描绘的定向之外的不同定向。举例而言,若将图式中的对象翻转,则描述为在其他组件或特征「下方」或「底下」的组件将定向为在其他组件或特征「上方」。因此,例示性术语「在……下方」可涵盖在上方及在下方的定向两者。对象可以其他方式定向(例如,旋转90度或处于其他定向),且本文中所使用的空间相对描述词可相应地进行解释。

[0023] 本发明的具体实例可大体上特性化为提供多轴光束定位器,其包括安置于由AOD传输的镭射光光束的路径中的至少一个相移反射器(在此项技术中亦被称为「相移反射镜」、「相位延迟反射镜」、「反射相位延迟器」等)。由AOD传输的镭射光光束可大体上特性化为线性偏振的,且至少一个相移反射器被配置及被定向以使由AOD传输的镭射光光束的偏振平面旋转。

[0024] 在图3中所示的一个实例具体实例中,多轴光束定位器300可包括第一AOD 302(例如,以第一绕射轴302a及第一旋转轴302b为特性)、第二AOD 304(例如以第二绕射轴304a及第二旋转轴304b为特性)、相移反射器306及光学中继系统308(例如包含一对中继透镜310及312)。大体而言,可提供第一AOD 302及第二AOD 304中的每一者,如上文关于AOD 100所论述。举例而言,第一AOD 302及第二AOD 304中的每一者可包括A0介质(诸如A0介质102)、附接至A0介质的转换器端的转换器(诸如转换器104)及在A0介质的与转换器端相对的吸收器端处附接至A0介质的视情况选用的吸音器(诸如吸收器106)。

[0025] 虽然未示出,但多轴光束定位器300可包括一或多个RF驱动器(例如RF驱动器108),其电耦接至第一AOD 302及第二AOD 304中的每一者的转换器(亦未图示)的输入。因此,一或多个驱动信号可借由RF驱动器施加于第一AOD 302及第二AOD 304中的每一者。响应于所施加的驱动信号,第一AOD 302可操作用以使镭射光的入射光束在第一偏转平面(亦即,与第一旋转轴302b正交且含有或另外平行于第一AOD 302内的第一绕射轴302a及光轴的平面)内偏转。同样,响应于所施加的驱动信号,第二AOD 304可操作用以使镭射光的入射光束在第二偏转平面(亦即与第二旋转轴304b正交且含有或另外平行于第二AOD 304内的第二绕射轴304a及光轴的平面)内偏转。

[0026] 提供半波相移反射器306以作为半波相移反射器,其被配置以在镭射光的入射光束的S偏振分量与P偏振分量之间实行180度相移(例如具有实质上平面的反射器表面306a)。光学中继系统308被设置及配置以将第一AOD 302的影像转送至第二AOD 304上。如

本文所示,光束路径114以图形方式显示为点虚线,且多轴光束定位器300的前述组件被配置以沿光束路径114传播镭射光绕射(例如就第一AOD 302及第二AOD 304而言)、折射(例如就光学中继系统308)或反射(例如就半波相移反射器306而言)。

[0027] 第一AOD 302及第二AOD 304各自提供作为纵向模式AOD。因此,入射于任何特定AOD的镭射光的偏振平面平行于(或至少实质上平行于)射出该AOD的镭射光的偏振平面。多轴光束定位器300被配置以对线性偏振镭射光起作用,且因此,提供沿光束路径114传播及入射于第一AOD 302上的镭射光以便借由此项技术中已知的任何构件而线性偏振(或至少实质上线性偏振),且第一AOD 302被定向为使得第一绕射轴302a平行于(或至少实质上平行于)入射至该第一AOD 302上的镭射光的光束的偏振平面。同样,沿光束路径114传播及入射于第二AOD 304上的镭射光是被线性偏振的(或至少是实质上线性偏振的),且第二AOD 304被定向以使得第二绕射轴304a平行于(或至少实质上平行于)入射至该第二AOD 304上的镭射光的光束的偏振平面。

[0028] 半波相移反射器306被设置及配置以使入射于反射器表面306a(亦即在出射第一AOD 302之后)的镭射光的偏振平面(亦即相对于第一AOD 302的第一偏转平面)旋转90度。为达成此目标且如将在下文更详细地论述,半波相移反射器306经定向使得镭射光的光束以45度(或上下)的入射角入射于反射器表面306a上。此外,半波相移反射器306经定向使得镭射光的入射光束的偏振平面相对于在反射器表面306a处的入射/反射平面呈45度(或至少实质上45度)的角度。

[0029] 在操作期间,待施加于第一AOD 302的任何驱动信号中所包含的频率可在当施加于第一AOD 302时产生以一阶偏转角0D出射第一AOD 302传播的一阶绕射光束的频率的预期范围,该一阶偏转角0D在一阶偏转角的范围内(在本文中亦被称作「一阶偏转角范围」)。预期频率范围可在概念上被视为跨越由低频高频定界的频率范围的频带。

[0030] 在一个具体实例中,半波相移反射器306相对于第一AOD 302的定向是固定的。因此,在第一AOD 302的操作期间,射出第一AOD 302的一阶光束路径114可以许多可能的入射角中的一个入射角入射于反射器表面306a(亦即,取决于在第一AOD 302的操作期间施加至第一AOD 302的驱动信号中所包含的频率)。在一个具体实例,半波相移反射器306被定向使得在施加至第一AOD 302的驱动信号的频率等于在预期频率范围的频带内的参考频率时,射出第一AOD 302的一阶光束路径114以45度的入射角(或上下或另外以至少实质上45度的入射角)入射于反射器表面306a上。频带可等于2MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHz、25MHz、30MHz等或在这些值中的任一者之间,且频带的低频可等于25MHz、30MHz、35MHz、40MHz、45MHz、50MHz、55MHz、60MHz等或在这些值中的任一者之间。因此,参考频率可为在26KHz(或上下)至89MHz(或上下)范围内的任何频率。在一个具体实例中,参考频率可为30MHz、40MHz、50MHz、60MHz、70MHz、80MHz等,或在这些值中的任一者之间。大体而言,参考频率位于预期频率范围的频带中间处或附近。在一个具体实例中,当参考频率在频带中的中间频率的15%、10%、5%、2%、1%、0.5%、0.25%、0.1%等内或在这些值中的任一者之间时,参考频率在预期频率范围的频带中间附近。

[0031] 在另一个具体实例中,半波相移反射器306相对于第一AOD 302的定向可以是可变的。举例而言,半波相移反射器306可旋转以确保在施加至第一AOD 302的驱动信号的频率在预期频率的子范围内时,射出第一AOD 302的一阶光束路径114以45度的入射角(或上下

或另外以至少实质上45度的入射角)入射于反射器表面306a上。预期频率子范围可被视为跨越由低频高频定界的频率子范围(其可等于或低于预期频率范围)的频带。为便于快速调整半波相移反射器306相对于第一302的定向,半波相移反射器306可安装至借由音圈致动器、压电定位器、微机电系统(micro-electro-mechanical system;MEMS)定位器或类似物或其任何组合)致动的平台,或半波相移反射器306可被提供为可变形反射镜或类似物或其任何组合。

[0032] 如所示出,相移反射器306安置于第一AOD 302与光学中继系统308之间的光束路径114中。然而,在另一具体实例中,相移反射器306可安置于光学中继系统308的一对中继透镜310及312之间的光束路径114中。在又一具体实例中,相移反射器306可安置于光学中继系统308与第二AOD 304之间的光束路径114中。

[0033] 当如上文所描述定向及组态时,半波相移反射器306使镭射光的入射光束的偏振平面相对于第一AOD 302的第一偏振平面旋转90度(亦即绕镭射光的光束沿其传播的光轴)。此外,如图3中例示性地示出,半波相移反射器306使光束路径114的定向偏斜,以此方式可能难以将多轴光束定位器300的组件装配成相对紧凑的封装。为了便于更紧凑装配多轴光束定位器300,可提供被配置以赋予零(或至少实质上为零)相移(在本文中亦被称作「零相移反射器」)的反射镜以经由任何合适或所要方式来折迭光束路径114,从而提供更紧凑的多轴光束定位器。

[0034] 举例而言且参考图4,零相移反射器402(例如具有实质上平面的反射器表面402a)可插入至多轴光束定位器300的半波相移反射器306与透镜310之间的光束路径114中(由此产生多轴光束定位器400)。如图4中所例示性展示,零相移反射器402可被定向,使得由零相移反射器402反射的镭射光光束沿着大体上与镭射光光束在入射时传播至半波相移反射器306的方向相反的方向传播,且使得在从零相移反射器402反射时的第一AOD 302的第一偏振平面相对于在入射于反射器表面306a上时的第一偏转平面的定向旋转90度。因为零相移反射器402并不赋予任何(或任何实质性)相移,则在反射器表面402a处反射的镭射光光束的偏振平面相对于第一AOD 302的第一偏振平面不会改变(或改变可忽略的量)。其结果是,最后传递至第二AOD 304的线性偏振镭射光的偏振方向将平行于(或至少实质上平行于)从第一AOD 302输出的线性偏振镭射光的偏振方向。因此,如图4中所示出,第二AOD 304的第二绕射轴304a可平行于(或至少实质上平行于)第一AOD 302的第一绕射轴302a。此外,在(例如自零相移反射器402经由光学中继系统308)投影至第二AOD 304时,第一AOD 302的第一偏振平面将垂直于(或至少实质上垂直于)第二AOD 304的第二偏振平面。因此,在投影至第二AOD 304上时,与第一AOD 302相关联的扫描场(一维扫描场)将垂直于(或至少实质上垂直于)与第二AOD 304相关联的扫描场(亦为一维扫描场),且多轴光束定位器400可被视为具有借由与第一AOD 302及第二AOD 304相关联的两个一维扫描场的重叠特性化的二维扫描场。

[0035] 典型地,半波相移反射器306可赋予给沿光束路径114传播的镭射光的入射光束的相移的量(亦被称作「相位延迟」)将随着光束路径114在反射器表面306a处的入射角变化而变化(例如作为改变第一AOD 302的驱动频率的结果)。此相移变化将导致入射于第二AOD 304上的光束的偏振状态的偏差,使得其在所要轴中不再经线性偏振,而是经椭圆偏振。为消除或另外减少光束路径114在反射器表面306a处的可变入射角的效应,半相移反射器306

可被一对四分之一波长相移反射器取代。举例而言且如图5中所展示,可提供如类似地相对于图3中所展示的多轴光束定位器300所描述的多轴光束定位器500,但半波相移反射器306由配置于光束路径114内的一对四分之一波长相移反射器(亦即,具有实质上平面的反射器表面502a的第一相移反射器502及具有实质上平面的反射器表面504a的第二相移反射器504)所取代。

[0036] 如图5中例示性展示,第一四分之一波长相移反射器502经定向,以使得当施加至第一AOD 302的驱动信号的频率等于预期频率范围的前述参考频率时,沿光束路径114传播的辐射光光束将以45度入射角(亦被称作「第一入射角」)(或45度上下,或另外以至少实质上45度的第一入射角)入射于反射器表面502a上。第一四分之一波长相移反射器502进一步经定向,以确保在施加至第一AOD 302的驱动信号的频率等于预期频率范围的前述参考频率时,自反射器表面502a反射的光含有相等(或至少实质上相等)量的S及P偏振分量(亦即,以使得由反射器表面502a反射的光经圆形偏振或至少大致经圆形偏振)。在如上文所描述定向时,第一四分之一波长相移反射器502由此配置以在辐射光的入射光束的S偏振分量与P偏振分量之间实行90度(或90度上下)相移。

[0037] 第二四分之一波长相移反射器504经定向以使得反射器表面504a垂直于(或至少实质上垂直于)第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a。因此,第二四分之一波长相移反射器504的反射器表面504a的表面法线垂直于(或至少实质上垂直于)第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a的表面法线。当如上文所描述定向时,第二四分之一波长相移反射器504被配置以在辐射光的入射光束的S偏振分量与P偏振分量之间实行90度(或90度上下)相移。因此,入射于反射器表面504a上的圆形偏振(或至少大致经圆形偏振)光将反射为线性偏振(或至少实质上线性偏振)光。

[0038] 为促进从多轴光束定位器500中的一对四分之一波长相移反射器502及504的180度(或180度上下)的组合相移,第一四分之一波长相移反射器502经设置为在相同入射角范围内具有与第二四分之一波长相移反射器504相同(或实质上相同)的相移特性(其可为至少实质上线性的)。图6为示出第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504中的每一者可在相同入射角范围内所具有的例示性相移特性的图表。借由第一四分之一波长相移反射器502或第二四分之一波长相移反射器504以任何特定入射角赋予的相移的量有可能依据一或多个因素变化(例如,如由误差杠所指示),该一或多个因素诸如为制成四分之一波长相移反射器的反射器表面的材料、反射器表面的温度、任何机械应变在反射器表面处的存在、幅度及定向或类似者或其任何组合。

[0039] 当出射第一AOD 302的一阶光束路径114以45度的第一入射角入射于反射器表面502a上,第一四分之一波长相移反射器502将向入射于其上的线性偏振辐射光赋予90度相移,且反射至少实质上被圆形偏振(例如具有至少实质上等量的S及P偏振分量)的辐射光的光束。然而,且如图6中例示性展示,当第一入射角偏离45度,借由第一四分之一波长相移反射器502赋予的相移相对应地偏离90度,从而产生具有变得愈来愈椭圆的偏振的辐射光的反射光束。

[0040] 举例而言,当第一入射角增大至45度以上时,第一四分之一波长相移反射器502将产生大于90度的相移(亦即「上移」)。当入射角较小至45度以下时,第一四分之一波长相移反射器502将产生低于90度的相移(亦即「下移」)。然而,当第二四分之一波长相移反射器

504如上文所描述定向时,第二入射角(亦即,入射于反射器表面504a上的辐射光的光束的入射角)是对第一入射角的补充。亦即,第一入射角与第二入射角的总和为90度。因此,由第一四分之一波长相移反射器502产生的上移借由由第二四分之一波长相移反射器504产生的相等(或近似地或至少实质上相等)但相反的下移补偿。同样,由第一四分之一波长相移反射器502产生的下移借由由第二四分之一波长相移反射器504产生的相等(或近似地或至少实质上相等)但相反的上移补偿。净结果在于:第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504可一起在入射角范围内在入射于第一四分之一波长相移反射器502上的辐射光光束的S分量与P分量之间实行180度(或180度上下)的组合相移。

[0041] 在如上文所描述定向及组态时,多轴光束定位器500的第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504一起用以使自第一AOD 302输出的辐射光的光束的偏振平面相对于第一AOD 302的第一偏转平面旋转(例如旋转90度或90度上下),且用以亦使第一AOD 302的第一偏转平面相对于入射于反射器表面502a上的第一偏转平面的定向旋转(例如,旋转90度或90度上下),多轴光束定位器500可被视为具有借由与第一AOD 302及第二AOD 304相关联的两个一维扫描场的重叠特性化的二维扫描场。

[0042] 如图5中所示出,第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504安置于第一AOD 302与光学中继系统308之间。然而,在另一具体实例中,第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504可安置于光学中继系统的一对中继透镜310及312之间。在又一具体实例中,第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504可安置于光学中继系统308与第二AOD 302之间。在又一具体实例中,第一四分之一波长相移反射器502可安置于多轴光束定位器500中的任何一对组件之间,且第二四分之一波长相移反射器504可以光学方式安置在第一四分之一波长相移反射器502下游,在多轴光束定位器500中的另一对组件之间。

[0043] 在另一具体实例中,多轴光束定位器500可经修改以使得第二四分之一波长相移反射器504的反射器表面504a平行于(或至少实质上平行于)第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a(由此获得图7中所展示的多轴光束定位器700)。除了反射器表面502a及504a平行于(或至少实质上平行于)彼此之外,第二四分之一波长相移反射器504的反射平面与第一四分之一波长相移反射器502的反射平面相同(或至少实质上共面)。因此,第二四分之一波长相移反射器504的反射器表面504a的表面法线将平行于(或至少实质上平行于)第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a的表面法线。

[0044] 为促进从多轴光束定位器700中的一对四分之一波长相移反射器502及504的180度(或约180度)的组合相移,第一四分之一波长相移反射器502经设置为在相同入射角范围内具有与第二四分之一波长相移反射器504对应不同的相移特性(其可为至少实质上线性的)。具体而言,第一四分之一波长相移反射器502或第二四分之一波长相移反射器504中的一者被配置以在给定入射角下产生S偏振分量与P偏振分量之间的相位下移(借由此项技术中已知的任何合适或有益的构件),而第一四分之一波长相移反射器502或第二四分之一波长相移反射器504中的另一者被配置以在相同给定入射角下产生S偏振与P偏振之间的相位上移。图8为示出第一四分之一波长相移反射器502或第二四分之一波长相移反射器504中的一者可在相同入射角范围内所具有的例示性相移特性的图表。举例而言,第一四分之一波长相移反射器502可具有图6中所示的相移特性,而第二四分之一波长相移反射器504可

具有图8中所示的相移特性,或反之亦然。

[0045] 如图6及图8中所示,在共同入射角下的下移及上移的组合幅度将为180度(或180度上下)。举例而言,在45度入射角下,两种四分之一波长相移反射器均产生90度相移。在43度入射角下,四分之一波长相移反射器中的一者产生83度相移(参见图6),而四分之一波长相移反射器中的另一者产生97度相移(参见图8)。在46度入射角下,四分之一波长相移反射器中的一者产生94度相移(参见图6),而四分之一波长相移反射器中的另一者产生86度相移(参见图8)。

[0046] 当如上文所描述定向及组态时,多轴光束定位器700的第一四分之一波长相移反射器502及第二四分之一波长相移反射器504一起用以使自第一AOD 302输出的辐射光的光束的偏振平面相对于第一AOD 302的第一偏转平面旋转(例如旋转90度或90度上下)。然而,不同于上文关于多轴光束定位器500所论述的具体实例,在多轴光束定位器700中,所述对四分之一波长相移反射器不会使第一AOD 302的第一偏振平面相对于入射于第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a上的辐射光的偏振平面旋转。该对四分之一波长相移反射器亦可被视为再导向光束路径114,使得自反射器表面504a反射的光在大体上与辐射光光束入射于第一四分之一波长相移反射器502的反射器表面502a上的方向相同的方向上传播。其结果是,最后传递至多轴光束定位器700中的第二AOD 304的线性偏振辐射光的偏振方向将垂直于(或至少实质上垂直于)自第一AOD 302输出的线性偏振辐射光的偏振方向。因此,如图7中所示出,第二AOD 304的第二绕射轴304a可垂直于(或至少实质上垂直于)第一AOD 302的第一绕射轴302a。此外,在(例如自第二四分之一波长相移反射器504经由光学中继系统308)投影至第二AOD 304时,第一AOD 302的第一偏振平面将垂直于(或至少实质上垂直于)第二AOD 304的第二偏振平面。因此,在投影至第二AOD 304上时,与第一AOD 302相关联的扫描场(一维扫描场)将垂直于(或至少实质上垂直于)与第二AOD 304相关联的扫描场(亦为一维扫描场),且多轴光束定位器700可被视为具有借由与第一AOD 302及第二AOD 304相关联的两个一维扫描场的重叠特性化的二维扫描场。

[0047] 根据以上论述,假定在多轴光束定位器700中,第一四分之一波长相移反射器502相对于第一AOD 302的定向是固定的,且第二四分之一波长相移反射器504相对于第一四分之一波长相移反射器502的定向是固定的。在此具体实例中且不同于关于图5所论述的具体实例,若两个相移反射器在不同于在S偏振分量与P偏振分量之间赋予90度相移的入射角的入射角下在S偏振分量与P偏振分量之间赋予相同相移,则第二四分之一波长相移反射器504不会补偿上移或下移。然而,在其他具体实例中,第一四分之一波长相移反射器502相对于第一AOD 302的定向可为可变的,第二四分之一波长相移反射器504相对于第一AOD 302的定向可为可变的,第一四分之一波长相移反射器502相对于第二四分之一波长相移反射器504的定向可为可变的,第二四分之一波长相移反射器504相对于第一四分之一波长相移反射器502的定向可为可变的,或类似者或其组合。举例而言,第一四分之一波长相移反射器502可(例如,独立于第二四分之一波长相移反射器504或与其联合)旋转,以确保在施加至第一AOD 302的驱动信号的频率在前述预期频率子范围内时,射出第一AOD 302的一阶光束路径114以45度(或至少实质上45度)的入射角入射于反射器表面502a上。在另一实例中,第二四分之一波长相移反射器504可相对于第一四分之一波长相移反射器502旋转,以补偿在施加至第一AOD 302的驱动信号的频率在前述预期频率子范围内时由第一四分之一波长

相移反射器502所产生的任何上移或下移。为便于快速调整半波相移反射器中任一者的定向,半波相移反射器中的一者或两者可安装至借由音圈致动器、压电定位器、微机电系统(MEMS)定位器或类似者或其任何组合)致动的平台,或半波相移反射器中的一个或两个可经提供为可变形反射镜或类似物或其任何组合。

[0048] 在一个具体实例中,形成第一AOD 302及第二AOD 304的A0介质102的材料可为典型地经选择为使具有在 $2\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 范围内的波长的光偏转的材料,诸如锗(Ge)。因此,沿光束路径114传播的辐射光光束可具有在 $2\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 范围内的波长,且在一个具体实例中,波长在 $9\mu\text{m}$ 至 $11\mu\text{m}$ 范围内。例示性波长可包括 $9.4\mu\text{m}$ 、 $9.6\mu\text{m}$ 、 $10.6\mu\text{m}$ 等或上下或在这些值中的任一者之间。此类辐射光光束可由任何合适的辐射源(例如高功率 CO_2 辐射,能够在范围自20W(或20W上下)至20kW(或20kW上下)的平均功率下输出辐射光光束,如此项技术中已知)产生。可形成前述相移反射器中任一者的材料可包括诸如硅、铜、钼、金或类似者或其任何组合的材料,且如此项技术中已知,该材料是典型地取决于待偏转的辐射光光束中的光的波长来选择。举例而言,第一AOD 302及第二AOD 304的A0单元可由锗(Ge)形成,且多轴光束定位器300、400、500或700中的任一者的任何相移反射器可由诸如硅或铜的材料形成且可视情况包括一个或多个涂层,如此项技术中所熟知。

[0049] 在上文所论述的具体实例中,多轴光束定位器300、400、500、700经提供作为具有两个AOD(亦即第一AOD 200及第二AOD 202)的多轴光束定位器。在其他具体实例中,光束定位器可包括单一AOD,或多于两个AOD。在光束定位器包括单一AOD的具体实例中,光束定位器可包括配置于AOD的光学输出处的至少一个相移反射器(例如至少一个半波相移反射器、至少一个四分之一波长相移反射器或类似者或其任何组合)。在光束定位器包括多于两个AOD的具体实例中,光束定位器可或可不包括配置于任何AOD中光束路径自其馈送至另一AOD的光学输出处的至少一个相移反射器(例如,如上文关于图3、图4、图5或图7中的任一者所描述)。

[0050] 在上文所论述的具体实例中,光束定位器描述为包括一或多个AOD作为光束偏转装置。应认识到,光束定位器可另外包括一或多个其他光束偏转装置(例如,被配置以使由上述AOD中的任一者传输的任何光束偏转)。在此情况下,此类其他光束偏转装置中的任一者可包括电光偏转器(electro-optic deflector;EOD)、借由压电致动器、电致伸缩致动器、音圈致动器等致动的快速操控反射镜(fast-steering mirror;FSM)组件、电流计式反射镜、旋转多边形镜扫描仪等,或类似者或其任何组合。

[0051] 前文说明本发明的具体实例及实例,且不应解释为对其的限制。虽然已参考图式描述几个特定具体实例及实例,熟习此项技术者将易于了解,对所揭示具体实例及实例以及其他具体实例的诸多修改在不显著背离本发明的新颖教示及优点的情况下为可能的。

[0052] 举例而言,尽管上文所呈现的具体实例已论述半波相移反射器或一对四分之一波长相移反射器行使自第一AOD 302输出的光的偏振平面旋转的用途,但应了解,可使用任何其他类型的相移反射器或相移反射器的组合(利用或不利用一或多个零相移反射器的协作),其限制条件为,此类反射器被配置及被定向为在沿光束路径114传播的辐射光光束中的偏振光的S分量与P分量之间赋予180度(或180度上下)相移,以便使自第一AOD 302输出的光的偏振平面相对于第一AOD 302的第一偏转平面旋转90度(或90度上下)。

[0053] 此外,尽管以上关于形成第一AOD 200及第二AOD 202的A0介质102的材料的论述

已受限于此,但应了解,第一AOD 200及第二AOD 202中的任一者的AO介质102的材料可为任何其他合适的材料,诸如砷化镓(GaAs)、钼铅矿(PbMoO_4)、二氧化碲(TeO_2)、晶状石英、玻璃状 SiO_2 、三硫化砷(As_2S_3)、 LiNbO_3 或类似者,且如此项技术中已知,是典型地取决于待偏转的镭射光光束中的光的波长来选择。因此,如此项技术中已知,可形成前述相移反射器的材料亦将取决于待反射的镭射光光束中的光的波长。可形成任何相移反射器的例示性材料可包括诸如玻璃、熔融硅石、晶体石英、硅、铜、钼、金、碳化硅、铝或类似者或其任何组合的材料。

[0054] 此外,尽管上文所呈现的具体实例已论述具有平行于(或至少实质上平行于)入射至AOD的镭射光光束的偏振平面的绕射轴的AOD的用途及配置,但本文所论述的原理可应用于涉及具有垂直于(或至少实质上垂直于)入射至AOD的镭射光光束的偏振平面的绕射轴的AOD的用途的其他具体实例。举例而言,第一AOD 302及第二AOD 304中的每一者(亦即,在多轴光束定位器300、400、500或700中的任一者中)可具备由诸如晶状石英的材料形成的AO单元且经定向以使得在镭射光光束沿光束路径114传播时,这些AOD中的每一者的绕射轴垂直于(或至少实质上垂直于)入射至每一AOD的镭射光光束的偏振平面。在此具体实例中,镭射光光束具有在电磁光谱的紫外、可见或其他红外范围中的波长且为线性偏振的。

[0055] 此外,尽管上文所呈现的具体实例已将多轴光束定位器300、400、500或700描述为包括光学中继系统308,但应了解,可省略光学中继系统308。

[0056] 此外,尽管上文已论述其中相移反射器以各种方式用于向从第一AOD 302输出的镭射光光束赋予相移的实施例,但应了解,亦可使用一或多个透射相移片(例如,除上文关于图3、图4、图5或图7中任一者所论述的相移反射器中的任一者之外或作为其替代)。大体而言,透射相移片对于将沿着光束路径114传播的镭射光光束的波长至少实质上透明。举例而言,透射相移片(诸如结构化钻石半波片)可插入至光束路径114中,以在沿光束路径114传播的镭射光光束具有在 $9\mu\text{m}$ 至 $11\mu\text{m}$ 范围内(例如, $9.4\mu\text{m}$ 、 $9.6\mu\text{m}$ 、 $10.6\mu\text{m}$ 等或上下或这些值中的任一者之间)的波长时向从第一AOD 302输出的镭射光光束赋予180相移。

[0057] 因此,所有这些修改意欲包括于如权利要求中所界定的本发明的范围内。举例而言,熟习此项技术者将了解,任何句子、段落、实例或具体实例的目标物可与其他句子、段落、实例或具体实例的一些或全部的目标物组合,除非这些组合彼此互斥。本发明的范围因此应由以下权利要求判定,且该等技术方案的等效物包括于本发明的范围中。

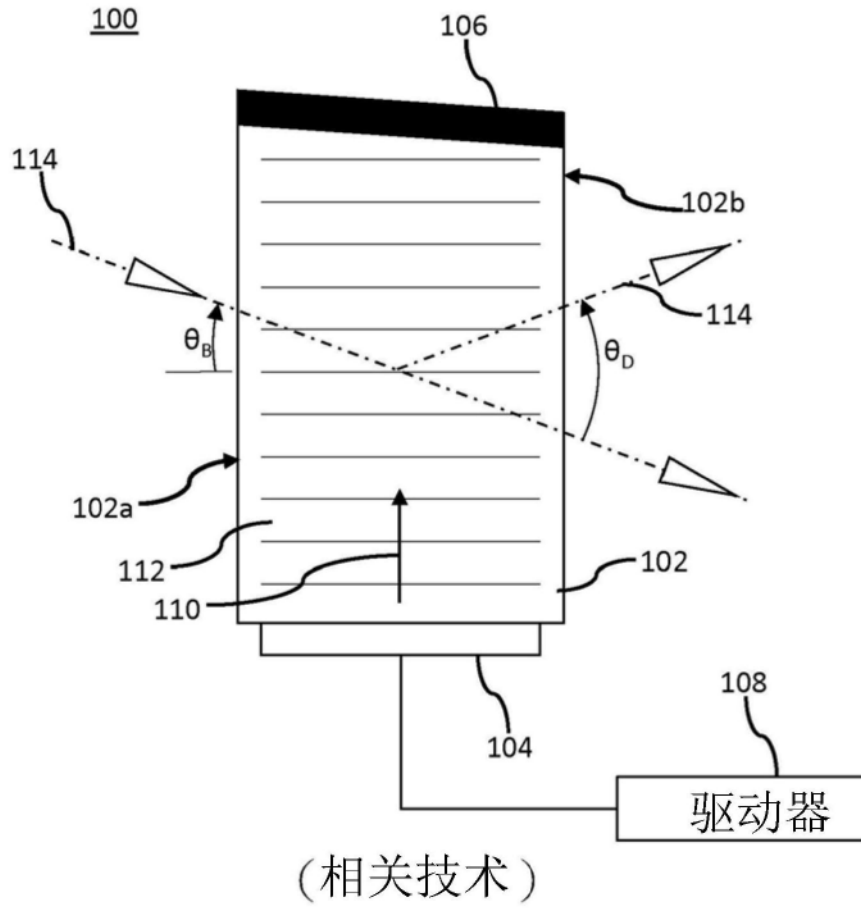


图1

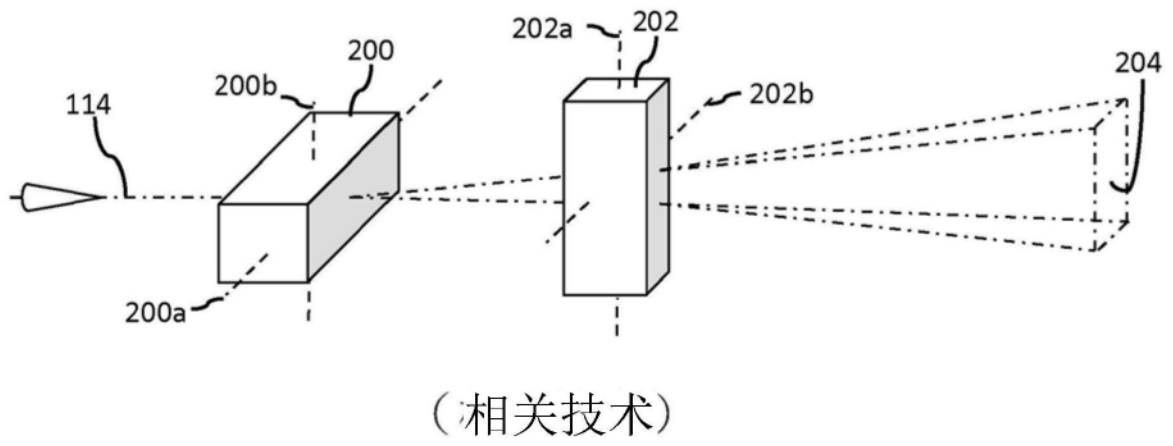


图2

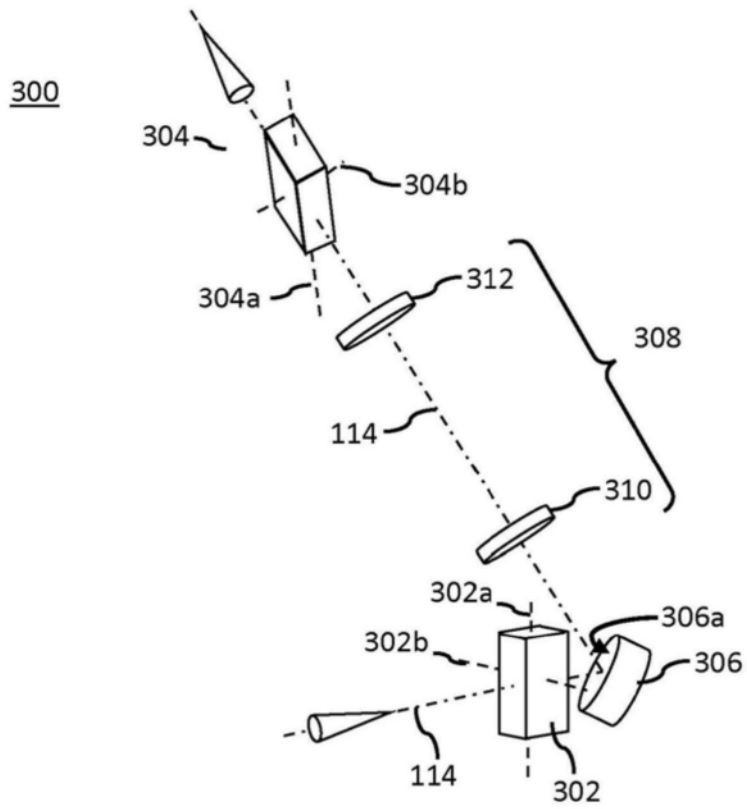


图3

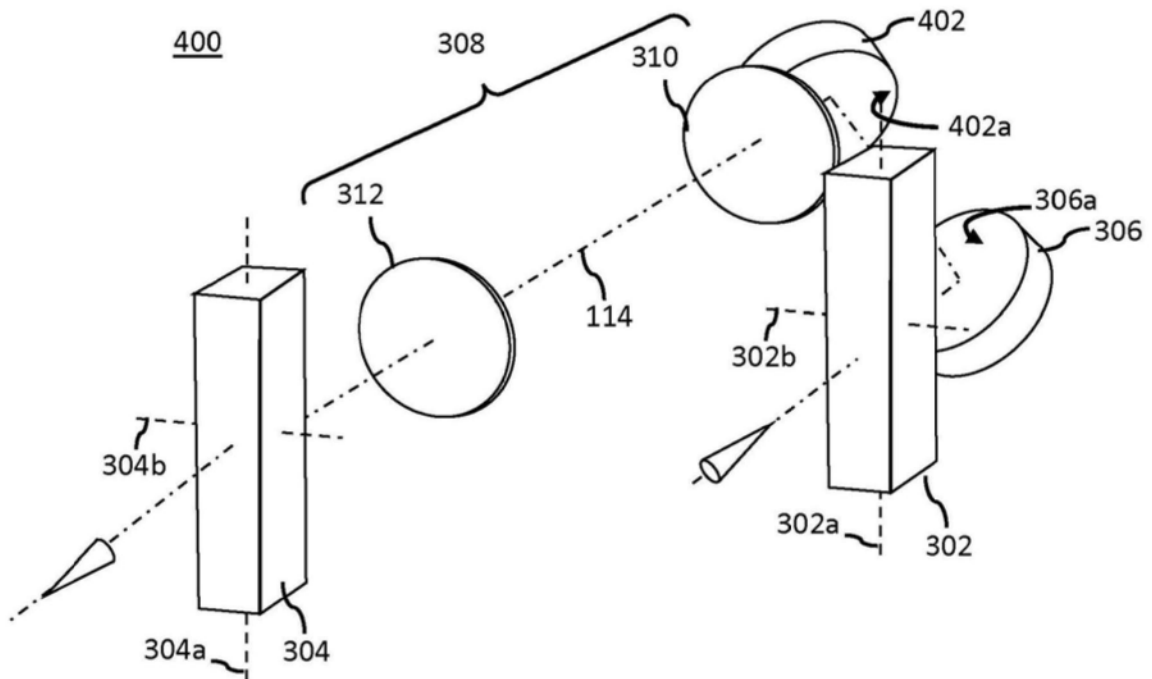


图4

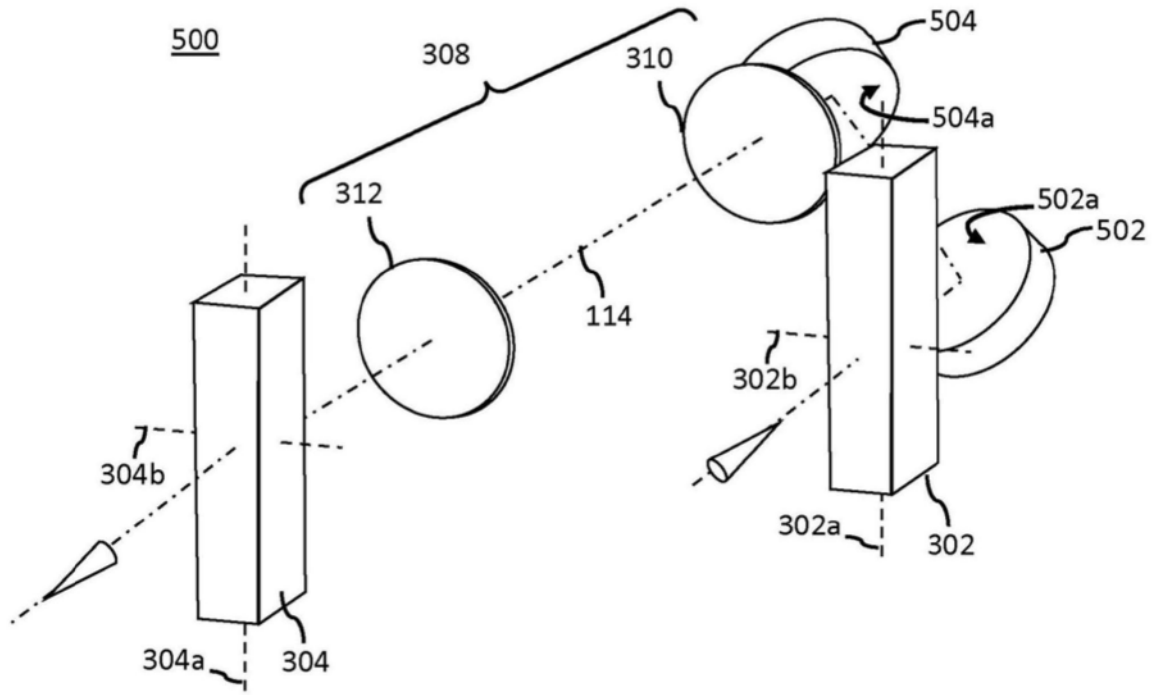


图5

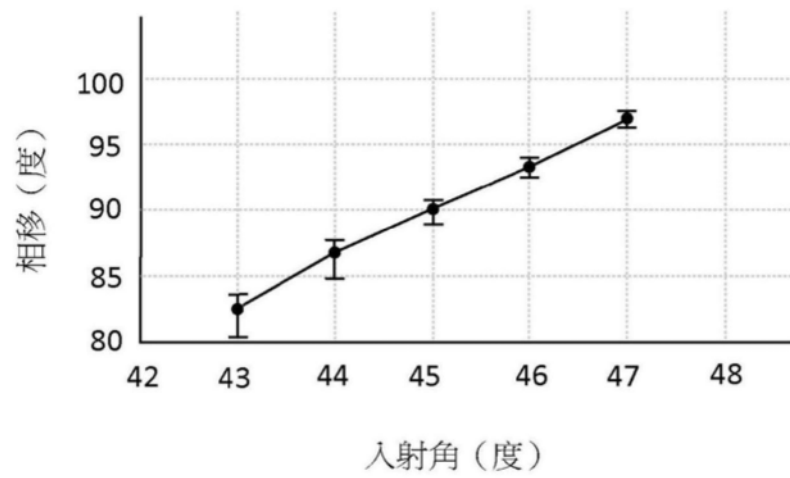


图6

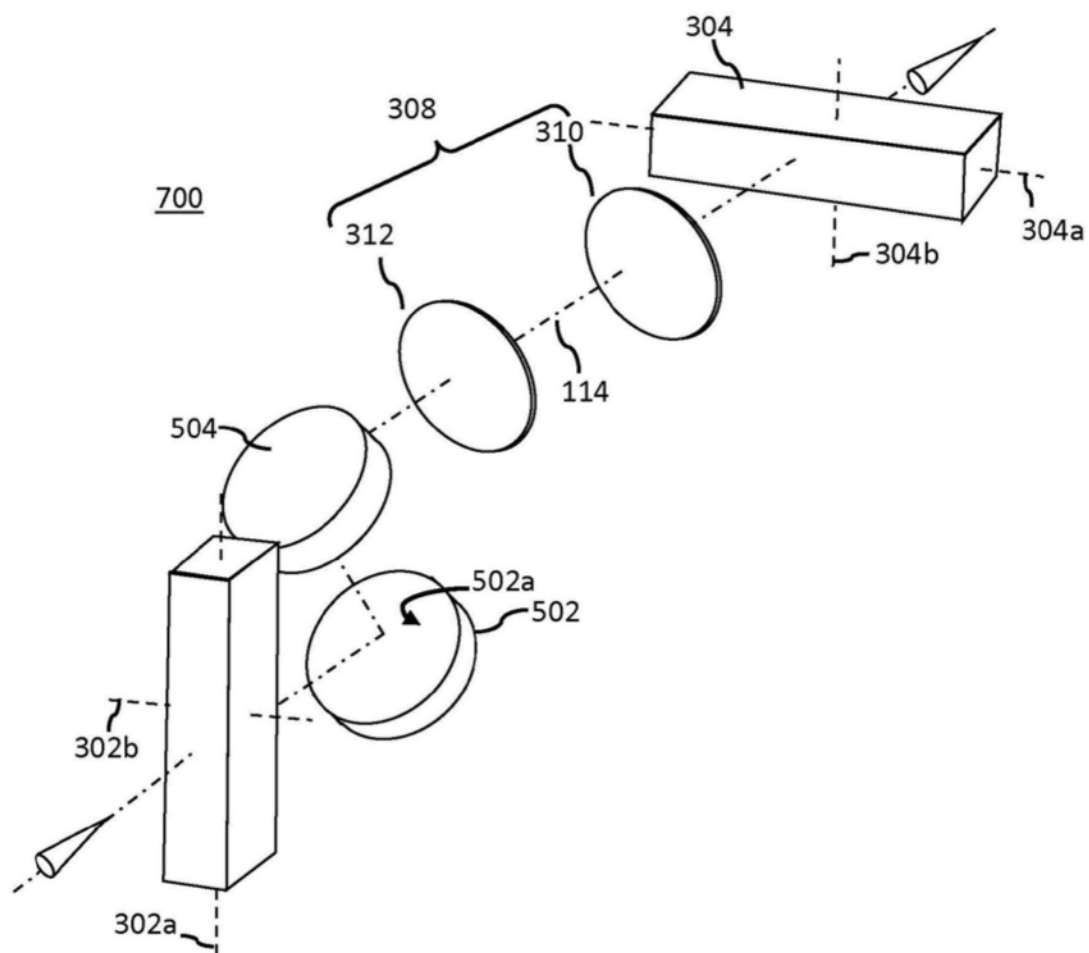


图7

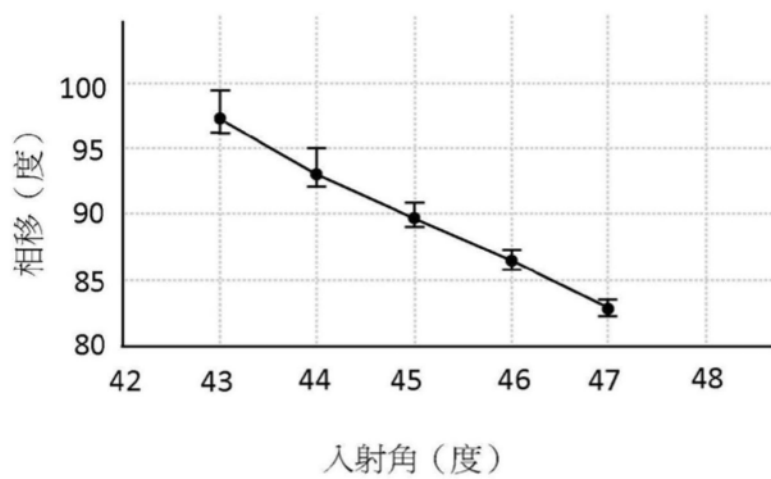


图8